

**А.В. Йовченко**, канд. техн. наук

*Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна,*

*e-mail: a.yovchenko@chdtu.edu.ua*

## Розробка пристрою для контролю безпеки руху вантажного транспорту з причепами

Системи пасивної безпеки зменшують ризик виникнення небезпечних ситуацій на дорозі. Вони допомагають водієві ефективно гальмувати, прискорюватися з оптимальною інтенсивністю та здійснювати маневри з мінімальними зусиллями. Розроблений пристрій може використовуватись для зовнішнього контролю обертання коліс причепа з кабіни водія, для допомоги водієві краще відчувати габарити причепа, за рахунок чого рух заднім ходом стає легшим, при гальмуванні можна визначити які колеса заблоковано.

**пасивна безпека, пневматичні гальма, системи регулювання та контролю тиску в шинах, системи самонакачування шин, аварійні ситуації, транспортний засіб.**

**Постановка проблеми.** Забезпечення безпеки в дорозі залишається однією з основних проблем транспортного сектора України. Рівень безпеки дорожнього руху залежить від багатьох чинників, зокрема, недостатньої культури та дисципліни учасників руху, низького рівня підготовки водіїв, технічного стану транспортних засобів (ТЗ) та їх експлуатації, якості дорожнього покриття та розмітки, перевантаженості дорожньої інфраструктури та ін. Особливі занепокоєння викликають частота та тяжкість аварій, у яких задіяні великовантажні ТЗ [1–3].

Для підвищення безпеки руху вантажні автомобілі з причепами додатково оснащуються світловими сигналами, які виконують важливі функції та сприяють безпечному пересуванню [4].

Для підвищення безпеки руху вантажівки з причепом часто оснащуються додатковими світловими сигналами, що дозволяють вирішувати низку важливих завдань:

- чітке позначення габаритів причепа, що особливо важливо в умовах недостатньої видимості;
- допомога у визначенні траєкторії руху задньої осі причепа на вузьких дорогах, оскільки з кабіни водія не завжди видно колеса причепа;
- забезпечення контролю за станом коліс, адже через велику довжину причепа або обмеження огляду в дзеркалах заднього виду водій може не помітити пошкодження чи навіть втрати коліс під час руху.

Ці заходи допомагають мінімізувати ризики і сприяють підвищенню загальної безпеки дорожнього руху. Однак, не допомагають точно визначити, чи колеса заблоковані.

Існують випадки, коли під час руху вантажівки на причепі відкручуються колеса, і водій може не помітити їх відсутність. Також можливе блокування коліс після тривалого простою або стоянки, коли транспорт зафіксований ручним гальмом.

На багатьох сучасних паркінгах вантажівки розміщують під кутом 45 градусів відносно в'їзду-виїзду. Це змушує водія при виїзді заломлювати тягач відносно причепа під достатнім кутом для візуального контролю за колесами. Враховуючи ці фактори, для кращого відчуття габаритів і контролю за колесами необхідна проста, але ефективна система пасивної безпеки.

В деяких вантажівках при гальмуванні ручним гальмом причіп фіксується за допомогою пневматичної системи з двома контурами. Якщо один із контурів виходить з ладу, гальмування продовжує виконувати справний контур, проте в цьому випадку задіяні лише два задні колеса.

Пневматичні гальма вважаються відносно ненадійними, оскільки часто виходять з ладу. Тому в причепах передбачені резервні гальма, які автоматично блокують колеса у разі втрати тиску. Однак потужний двигун вантажівки здатний продовжувати рух навіть із заблокованими колесами причепа, що може спричинити пошкодження шин та інших компонентів ходової частини [5].

На деяких причепах встановлено автоматичну пневматичну систему підйому однієї з осей при низькому завантаженні, що дозволяє зменшити навантаження на ведучу вісь, знизити тиск на дорожнє покриття та підвищити вантажопідйомність транспорту. Вона являє собою повноцінну вісь, оснащену гальмівною системою та пневматичними ресорами. При збільшенні завантаження підйомна вісь автоматично опускається. У сучасних вантажівках ця система самостійно визначає оптимальний момент для активації. Проте у випадках, коли система не спрацьовує або працює некоректно, це може призвести до надмірного навантаження на шини та їх передчасного зносу [6].

За несприятливих погодних умов, зокрема сильного морозу, гальмівні колодки можуть заклинити, що призводить до блокування коліс. Хоча потужності двигуна може вистачити, щоб зрушити вантажівку з місця, заблоковане колесо буде тертися об дорожнє покриття, що спричиняє швидке зношення шин. Уламки пошкодженої покритишки становлять небезпеку як для водія, так і для інших учасників дорожнього руху. Втрата шини може призвести до аварійної ситуації або значних затримок через необхідність заміни колеса в дорозі.

Крім того, можливе заклинювання підшипників або примерзання гальмівних колодок у причепі, що призводить до зупинки обертання колеса. У такому випадку воно просто "волочиться" по дорозі, що може залишитися непомітним для водія. Однак це спричиняє серйозні пошкодження — шина стирається, розшаровується або навіть може зірватися через перегрів від тертя об асфальт. У таких ситуаціях існує ризик втрати контролю над вантажівкою, що підвищує ймовірність дорожньо-транспортної пригоди [7].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасні вантажні автомобілі оснащені численними електронними системами, які допомагають водієві в складних умовах гальмувати та прискорюватися з потрібною інтенсивністю, краще маневрувати без значних зусиль, підвищують рівень безпеки, оптимізують споживання пального, продуктивність, знижують рівень викидів, покращують процес керування та ін. До таких систем належать контроль шасі, тяги, електронне керування трансмісією, гальмівні системи, антиблокувальна та антизаносна система гальм (ABS), система стабілізації (ESC/P), круїз-контроль, система рульового керування (система утримання смуги руху, LKS), інформаційні системи, системи допомоги при обгоні на дорозі з однією смугою, системи допомоги на перехрестях з контролем швидкості під час маневрів наближення, система запобігання зіткненням з можливістю маневрів ухилення, системи освітлення, виявлення несправностей, тощо [3, 4, 8-10]. Слід зауважити, що дані системи суттєво збільшують вартість ТЗ.

Активним системам безпеки автомобіля приділяється багато уваги, проте, суттєвим є також врахування таких параметрів як рівень зчеплення шин з дорогою, швидкість автомобіля, дотримання дистанцій і наявність відповідних технологій автомобіля. Вони мають великий вплив на безпеку ТЗ. Зі збільшенням використання

автоматизованих транспортних систем зростатиме вплив рівня зчеплення шин на ймовірність зіткнення. Для споживачів та виробників автомобілів важливо, як ніколи, враховувати показники продуктивності шин. Відтак, шинна індустрія повинна й надалі фокусуватися на зчепленні з дорогою, особливо з мокрою як основній характеристиці безпеки та прагнути постійно вдосконалювати якість шин [11].

Контроль контакту шини з дорожньою поверхнею залишається складним викликом для ТЗ як дорожнього, так і позашляхового типу. Згідно зі статистикою, проблеми з шинами є однією з основних технічних причин дорожньо-транспортних пригод. Наприклад, надто низький тиск збільшує тертя кочення, що може викликати підвищений шум, перегрів гуми та скорочення строку служби шин. Це пов'язано з невизначеністю умов експлуатації та різноманітністю рельєфу місцевості. На взаємодію шини з поверхнею, яка визначає сили та моменти для забезпечення зчеплення й мобільності, впливають такі фактори, як статичні та динамічні характеристики шини, прикладене навантаження, швидкість руху та тиск у шині [12].

Одним зі способів підтримання оптимальних умов контакту є регулювання тиску в шинах. Для цього автоматизовані системи контролю тиску в шинах (ATPS) стають стандартним обладнанням більшості серійних наземних ТЗ. Вони забезпечують перевірку й автоматичне регулювання тиску до оптимального рівня. У критично важливих ситуаціях центральні системи регулювання тиску в шинах (CTIS) дозволяють адаптувати параметри тиску до специфіки місцевості, підвищуючи ефективність і безпеку експлуатації.

Попри численні переваги, системи ATPS мають і недоліки, серед яких: недостатній рівень енергії, що подається від акумуляторних батарей, можливі збої в роботі трансмісії, а також обмежений час безперервної експлуатації системи [13].

Однак, сучасний технічний прогрес не може врахувати всі проблеми, з якими стикаються водії. З часом будь-яка техніка може вийти з ладу, що здатне призвести до простоїв, затримки доставки вантажів, а в деяких випадках — до аварійних ситуацій. Під час руху водій постійно оцінює дорожню обстановку, а точність, надійність і швидкість керування ТЗ значною мірою залежать від його особистих навичок і професійних якостей.

**Мета дослідження** – розробка сигнального пристрою для контролю обертання коліс причепа з кабіни водія та для кращого сприйняття його габаритів за критерієм простоти та економічності.

**Виклад основного матеріалу.** З метою усунення зазначених недоліків систем безпеки та сигнальних пристроїв було розроблено пристрій пасивної безпеки, що дозволило вперше здійснювати візуальний контроль безпеки руху вантажного ТЗ з кабіни водія. При цьому пристрій відповідає вимогам економічності, простоти та не поєднаний з електричною системою ТЗ, збільшує безпеку дорожнього руху, дозволяючи виявити та усунути потенційні проблеми ще до їх виникнення.

На причепах встановлюються барабанні чи дискові гальмівні колодки, від чого залежить конфігурація дисків. Колісний диск – один з найбільш відповідальних елементів ходової частини вантажного автомобіля, який разом з шиною складає колесо. За допомогою диска, шина з'єднується зі ступицею ТЗ. Диск складається з двох частин: обод, фланець. Обод – частина диска, на яку встановлюється шина (форма та розмір якої дозволяє надійно на ньому закріпити). Фланець – частина диска в центральній частині обода, за допомогою якої колесо кріпиться на ступиці вісі вантажного автомобіля.

При однакових розмірах та формах обода, а також однакових розмірах шин, колісні диски можуть мати фланці різної конфігурації. Це пов'язано з особливостями

конструкції ступиць вісей ТЗ і вимогами правил дорожнього руху щодо дотримання габаритних розмірів ТЗ. Тому колісний диск крім габаритних розмірів обода має ознаку особливостей конструкції фланця.

Фланець кріпиться на ступиці осі елементами кріплення (шпильки, гайки, шайби), які мають свою форму та розміри. Відстань від місця кріплення диска до маточини, до центральної лінії колеса називається вильотом: що більший виліт, то глибше шина фіксуватиметься під колісною аркою.

Виліт може бути: негативним (коли він виступає за бічні габарити авто); нульовим (коли точка контакту з маточиною розташована посередині диска); позитивним (коли диск не виступає за бічні габарити машини). В залежності від типу диска використовуються різні довжини стержня пристрою. При проектуванні пристрою необхідно враховувати, щоб він не виходив за габарити вантажного ТЗ, що становить близько 20 см при використанні дисків з негативним вильотом, близько 13 см при використанні дисків з нульовим вильотом диска та близько 10 см при використанні диска з позитивним вильотом (рис. 1).



Рисунок 1 – Визначення крайньої габаритної точки

*Джерело: розроблено автором*

Ці параметри важливо враховувати, щоб забезпечити відповідність конструкції вимогам безпеки та експлуатації.

При русі автомобіля даний пристрій обертається по осі диска колеса, що дозволяє визначити, чи колесо обертається, чи заклинило. Водій особисто вирішує на які колеса причепа встановлювати даний пристрій (рис. 2). В більшості випадків водіям краще встановлювати декілька таких пристроїв.

Діаметр шпильки причепа, на яку встановлюють диск, в більшості випадків становить  $\varnothing 22,5$  мм. Для стійки 2 пристрою при проектуванні беремо  $\varnothing 24$  мм, для

шайби 3  $\varnothing 22,5$ , оскільки її діаметр повинен співпадати з діаметром шпильки напівпричепа (рис. 2).



Рисунок 2 – Пристрій для контролю обертання коліс причепа:

1 – диск, 2 – стійка, 3 – гайка, 4 – стержень

Джерело: розроблено автором

Головними складовими цього пристрою є стійка та стержень, тоді як інші елементи вже наявні. Стержень виготовляється з пластику, а стійка – зі сталі. Невелика вага стержня мінімізує його деформацію.

**Висновки.** Запропонований пристрій може використовуватись: як діагностичний пристрій (для зовнішнього контролю обертання коліс причепа з кабіни водія, що видно у дзеркала заднього виду, при гальмуванні можна визначити які колеса заблоковано та чи в задовільному вони стані); для допомоги водієві краще відчувати габарити причепа, за рахунок чого рух заднім ходом стає легшим. Він має просту конструкцію, є економічно вигідним, покращує експлуатаційні властивості ТЗ та рівень безпеки, зручний у використанні. Зазвичай використовується в зимовий період, не залежить від електричних систем ТЗ та може бути демонтований за відсутності потреби.

## Список літератури

1. Аварійність на автошляхах України URL: [www.sai.gov.ua/ua/people/5.htm](http://www.sai.gov.ua/ua/people/5.htm) (дата звернення: 12.02.2025).
2. Статистика аварійності в Україні URL: <http://www.sai.gov.ua/ua/ua/static/23.htm> (дата звернення: 12.02.2025).
3. Про дорожній рух та його безпеку: проект Закону України від 26.09.2016, реєстр.№5184. URL: [w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc34?id=&pf3511=60111&pf3540=400876](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc34?id=&pf3511=60111&pf3540=400876). (дата звернення: 12.02.2025).
4. Осипов В. О. Щодо вдосконалення методики оцінки ефективності заходів з підвищення безпеки руху/ Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. 2012. № 3. С. 41-48.
5. Гальмівна система вантажного автомобіля. URL: <https://www.renamax.city>. (дата звернення: 12.02.2025).
6. Підйомні осі у напівпричепі веб-сайт. URL: <https://yak.bono.odessa.ua/articles/pidjomna-vis-napivprichepa-jak-investicija-v.php> (дата звернення: 12.02.2025).
7. Йовченко А.В. Підвищення контролю безпеки переміщення вантажного транспорту з причепами. *Молодь: наука та інновації 2024*: матеріали XII МНТК студентів, аспірантів та молодих вчених, Дніпро, 13–15 листоп. 2024 р. Дніпро: НТУ «ДП», 2024. Том 1. С. 155-156.
8. V. Soualmi, C. Sentouh, J.C. Popieul and S. Debernard. A shared control driving assistance system: interest of using a driver model in both lane keeping and obstacle avoidance situations. *12th IFAC Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems*. Las Vegas, NV, USA. August 11-15, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3182/20130811-5-US-2037.00015>
9. Felipe Jiménez, José Eugenio Naranjo, José Javier Anaya, Fernando García, Aurelio Ponz, José María Armingol. Advanced Driver Assistance System for road environments to improve safety and efficiency. 6th Transport Research Arena. *Transportation Research Procedia 14*. April 18-21, 2016. 2245-2254.
10. Hong Chen, Xun Gong, Yun-Feng Hu, Qi-Fang Liu, Bing-Zhao Gao, Hong-Yan Guo. Automotive Control: the State of the Art and Perspective. *Acta Automatica Sinica*. Vol 39. №4. 2013. 322-346.
11. Daniel Christ. Simulating the relative influence of tire, vehicle and driver factors on forward collision accident rates. *Journal of Safety Research*. Vol. 73, June 2020, 253-262.
12. Raul G. Longoria, Robert Brushaber, Andrew Simms. An in-wheel sensor for monitoring tire-terrain interaction: Development and laboratory testing. *Journal of Terramechanics* 82. 2019. 43-52.
13. Germano Sandoni, Martin Ringdorfer. Electronic regulation of an automated car tyres pressure control system. *IFAC Proceedings Volumes*. Vol. 39(16). 2006. 514-519.
14. Debajeet Mohapatra, Shikha Parashar. Review on self-inflation tire system. *Materials Today: Proceedings*.

Vol. 81, Part 2. 2023. 346-349. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.262>.

## References

1. Accidents on Ukrainian roads. (n.d.). Retrieved February 12, 2025, from [www.sai.gov.ua/ua/people/5.htm](http://www.sai.gov.ua/ua/people/5.htm) [in Ukrainian].
2. Accident statistics in Ukraine. (n.d.). Retrieved February 12, 2025, from <http://www.sai.gov.ua/ua/ua/static/23.htm> [in Ukrainian].
3. On road traffic and its safety: Draft Law of Ukraine No. 5184. (2016, September 26). Retrieved February 12, 2025, from [w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc34?id=&pf3511=60111&pf3540=400876](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc34?id=&pf3511=60111&pf3540=400876) [in Ukrainian].
4. Osypov, V. O. (2012). On improving the methodology for assessing the effectiveness of measures to improve traffic safety. *Bulletin of the Donetsk Academy of Road Transport*, (3), 41–48 [in Ukrainian].
5. Truck brake system. (n.d.). Retrieved February 12, 2025, from <https://www.renamax.city> [in Ukrainian].
6. Lifting axles in semi-trailers. (n.d.). Retrieved February 12, 2025, from <https://yak.bono.odessa.ua/articles/pidjomna-vis-napivprichepa-jak-investicija-v.php> [in Ukrainian].
7. Yovchenko, A. V. (2024). Improving the safety control of the movement of freight transport with trailers. In *National Technical University “Dnipro Polytechnic” (Ed.), Youth: Science and Innovation: Proceedings of the Conference, Dnipro, November 13–15, 2024 (Vol. 1, pp. 155–156). NTU “DP”* [in Ukrainian].
8. Soualmi, B., Sentouh, C., Popieul, J. C., & Debernard, S. (2013). A shared control driving assistance system: Interest of using a driver model in both lane keeping and obstacle avoidance situations. *Proceedings of the 12th IFAC Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems, Las Vegas, NV, USA, 46(15)*, 480–485. <https://doi.org/10.3182/20130811-5-US-2037.00015>.
9. Jiménez, F., Naranjo, J. E., Anaya, J. J., García, F., Ponz, A., & Armingol, J. M. (2016). Advanced driver assistance system for road environments to improve safety and efficiency. *Transportation Research Procedia*, 14, 2245–2254. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.240>.
10. Chen, H., Gong, X., Hu, Y.-F., Liu, Q.-F., Gao, B.-Z., & Guo, H.-Y. (2013). Automotive control: The state of the art and perspective. *Acta Automatica Sinica*, 39(4), 322–346. [https://doi.org/10.1016/S1874-1029\(13\)60033-6](https://doi.org/10.1016/S1874-1029(13)60033-6).
11. Christ, D. (2020). Simulating the relative influence of tire, vehicle and driver factors on forward collision accident rates. *Journal of Safety Research*, 73, 253–262. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2020.03.009>
12. Longoria, R. G., Brushaber, R., & Simms, A. (2019). An in-wheel sensor for monitoring tire-terrain interaction: Development and laboratory testing. *Journal of Terramechanics*, 82, 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2018.12.004>.
13. Sandoni, G., & Ringdorfer, M. (2006). Electronic regulation of an automated car tyres pressure control system. *IFAC Proceedings Volumes*, 39(16), 514–519. <https://doi.org/10.3182/20060912-3-DE-2911.00090>
14. Mohapatra, D., & Parashar, S. (2023). Review on self-inflation tire system. *Materials Today: Proceedings*, 81(Part 2), 346–349. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.262>.

Alla Yovchenko, PhD tech. sci.

*Cherkassy State Technological University, Cherkassy, Ukraine*

### **Development and Modeling of a Device to Improve Safety Control of Freight Transport With Trailers**

Ensuring vehicle safety is a major issue for the Ukrainian transport industry, the level of which is influenced by numerous factors, including: road network congestion; road network expansion; road quality and markings; increasing vehicle fleet and population growth; low discipline and culture of road users; insufficient driver qualifications; technical condition of vehicles and their improper operation, etc. Of particular concern are frequent and serious accidents involving large-sized freight transport. Active safety systems reduce the risk of dangerous situations on the road and contribute to more confident vehicle control. They help the driver effectively brake, accelerate with optimal intensity, and perform maneuvers with minimal effort.

Over time, any equipment can fail, which can lead to downtime, delays in cargo delivery, and in some cases, to emergencies. The trailer braking system is constantly being improved, which allows for better control during operation. While driving, the driver constantly assesses the road situation, and the accuracy, reliability and speed of vehicle control largely depend on his personal skills and professional qualities.

The developed device can be used: for external control of the rotation of the trailer wheels from the driver's cabin, which is visible in the rear-view mirror; to help the driver better feel the dimensions of the trailer (due to which reversing becomes easier); as a diagnostic device (when braking, it is possible to determine which wheels are locked, whether they are in satisfactory condition). Simple, cost-effective. In most cases, it is used in the winter, not connected to other electrical systems of the car.

**active safety, air brakes, tire pressure regulation and control systems, tire self-inflation systems, emergency situations, vehicle.**

*Одержано (Received) 14.02.2025*

*Прорецензовано (Reviewed) 28.02.2025*

*Прийнято до друку (Approved) 14.03.2025*