

ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО НАПРЯМУ РОЗРОБЛЕННЯ ПРИСТРОЇВ КЕРУВАННЯ ТИСКОМ У ШИНАХ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Михалевич М. Г., Просяк О. Л.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Проблема. Аналіз теорії автомобіля та його основних елементів дає можливість констатувати виняткове значення пневматичної шини, яка забезпечує рух під час його роботи. Найважливішим параметром, що визначає стан пневматичної шини, є тиск, який може коливатися під час руху та є контрольованим параметром через можливість надування шини з використанням спеціальних пристроїв під час руху. **Методологія.** Метою статті є обґрунтована перспектива створення нових моделей регулювання тиску в шинах вантажних автомобілів. Для досягнення мети використовувались методи гіпотези, математичне моделювання для її підтвердження, а також методи аналізу й узагальнення. **Результати.** Стаття доводить, що під впливом навантаження на колесо температура повітря в шинах буде різною, отже, будуть спостерігатися відмінності в параметрах тиску в пневматичних шинах вантажних автомобілів. У зв'язку з цим вирішення питання керування тиском у шинах вантажних автомобілів необхідно розглядати з позицій диференційованого регулювання тиску з огляду на різницю в параметрах тиску, що дозволяє прокачувати кожну окрему шину без примусової зупинки. **Оригінальність.** Наукова новизна статті полягає в тому, що вона обґрунтовує перспективний напрям розроблення пристроїв контролю тиску в вантажних шинах на підставі аналізу теоретичної моделі нагрівання пневматичних шин. **Практичне значення.** Практичне значення дослідження полягає в тому, що в статті визначено необхідність зміни підходів до управління тиском на підставі переходу від централізованих насосних систем до насосних, що засновані на диференційованому підході до окремих систем регулювання тиску повітря в шинах вантажних автомобілів.

Ключові слова: пневматична шина, температура, теплообмін, тиск, керування, пристрої, параметри, децентралізація, навантаження, реакція

Вступ

Сучасний автомобіль є складною системою як за своєю конструкцією, так і за технічними параметрами. Аналіз теорії автомобіля та його основних елементів дає змогу засвідчити важливість пневматичної шини, яка забезпечує рух, має вирішальне значення в забезпеченні функціонування інших систем під час експлуатації автотранспортного засобу.

Основним параметром, який визначає стан пневматичної шини, є тиск, що може коливатися під час руху та одночасно є керованим параметром завдяки можливості підкачування шини до моменту виїзду автомобіля на трасу або за наявності спеціальних пристроїв, що належать до комплектації автомобіля, у процесі руху. Здійснений нами аналіз дозволяє констатувати, що переважна більшість раніше розроблених і реалізованих систем керування тиском повітря в шинах є централізованими системами, які працюють від компресора автомобіля та забезпечують повітрям усі пневматичні шини автомобіля в однакових пропорціях. Оскільки тиск в пне-

вматичній шині є параметром, який перебуває під час руху автомобіля в стані коливання, виникає необхідність розглянути й інші принципові можливості керування тиском у шинах вантажних автомобілів.

Аналіз публікацій

Винятковість значення процесу керування тиском повітря в шинах і його впливу на експлуатаційні параметри руху вантажного автомобіля визнається багатьма авторами, зокрема такими, як І. П. Гамеляк, В. Ф. Райковський, О. В. Приймак, О. В. Биковець, В. В. Костюк, П. О. Русіло, О. Д. Бойко та іншими.

Вищезазначені автори встановили залежність між параметрами навантаження на вісь і тиском у шинах транспортних засобів [2], обґрунтували процеси нерівномірного фізичного зношення протектора шин [8], вивчили можливості підвищення стійкості автомобілів вдосконаленою системою регулювання тиску повітря в шинах [4].

Незважаючи на те, що в науковій літературі питання регулювання тиску в шинах автомобілів розглянуті всебічно й досить повно, все ж окремі аспекти цієї проблеми потребують подальшого вивчення та уточнення.

Мета і постановка завдання

Таким чином, метою статті є обґрунтування перспективних напрямів створення нових пристроїв керування тиском у шинах вантажних автомобілів.

Для досягнення поставленої мети необхідно дослідити теоретичні та практичні аспекти зазначеної проблеми.

Обґрунтування напрямку розроблення керування тиском у шинах автомобілів

Визначаючи перспективи створення нових моделей керування тиском у шинах вантажних автомобілів, необхідно проаналізувати теоретичні моделі нагрівання пневматичної шини. Зокрема для опису процесу нагрівання автомобільної шини звернемося до другого закону термодинаміки, записавши його в диференціальній формі:

$$C_T \frac{dT}{dt} = \sum_{j=1}^r W_j - C_0(T - T_{OC}), \quad (1)$$

де C_T та C_0 – показники, що визначають теплоємність і теплообмін досліджуваного об'єкта;

W_j – показник теплової потужності j -го об'єкта;

T та T_{OC} – температура об'єкта й температура навколишнього середовища.

З точки зору процесу нагрівання шин рівняння (1) можна записати як систему рівнянь:

$$C_{Ti} \frac{dT_i}{dt} = \sum_{j=1}^r W_{ji} - C_{0i}(T_i - T_{OC}), \quad (2)$$

де W_{ji} – тепла потужність, що виділяється i -ю шиною в результаті впливу сил тертя кочення, роботи гальм і зовнішніх температурних джерел.

Температурні процеси в пневматичній шині визначаються кількістю теплоти, що поглинається й виділяється в процесі нагрівання (охолодження), тобто теплоємністю, яка залежить від параметрів теплообміну (що впливає з формул 1 і 2). Показник теплооб-

міну на теоретичному рівні визначається законом Шарля для ізохорних процесів в ідеальних газах в сталому тепловому режимі.

Як зазначають у своїй роботі С. Є. Бузников та М. С. Шабанова [1], для ідентифікації показників теплообміну C_{0i} необхідно використати закон Шарля для ізохорних процесів в ідеальних газах в сталому тепловому режимі $\frac{dT_i}{dt} = 0$ під час руху з постійною швидкістю $V_i = \text{const}$ (V_i – лінійна швидкість обертання колеса) в умовах нульових швидкостей поздовжніх ковзань коліс $\Delta V_{Si} = 0$ та гальмівних керувальних впливів $U_i = 0$. У цьому випадку розв'язок для температур нагрівання $y_i = T_i - T_{OC}$ має збігатися зі значенням зміни температури, що визначається тепловими складовими тисків ΔP_{Ti} :

$$C_{0i} [T_{OC}] P_i^{-1}(0) \Delta P_{Ti} = R_{Zi}(P_i) \text{mod}(V_i), \quad (3)$$

де $P_i(0)$ – початкове значення тиску в шині, якщо $T = T_{OC}$.

Величина теплообміну C_{0i} може бути розрахована з (3), якщо нам відомі V_i , P_i , R_{Zi} та ΔP_{Ti} , за формулою

$$C_{0i} = R_{Zi} \times (P_i) \times V_i \times P_i(0) \times [T_{OC}]^{-1} \times \Delta P_{Ti}^{-1}.$$

У цій формулі для нашого дослідження викликає зацікавленість показник R_{Zi} – нормальна реакція на «і» колесо з боку опорної поверхні (нормальна складова динамічного навантаження).

Необхідно зазначити, що в процесі руху нормальні реакції, що діють на автомобільні колеса з боку дорожнього покриття, не є постійною величиною, вони змінюються залежно від дії на автомобіль різноманітних сил і моментів, зокрема ці параметри залежать від маси автомобіля та параметрів його колісної бази, від висоти центра ваги та відстані від центра ваги до осей передніх і задніх коліс, від навантаження передніх та задніх коліс [3].

На думку дослідників [5, 8], нормальні реакції суттєво впливають на силу опору коченню, а навантаження на кожне з коліс визначає параметри зчеплення з дорогою.

У цьому контексті необхідно зазначити, що параметри, які визначають навантаження на колісну базу вантажного автомобіля, не є

стандартними, кожна модель вантажного автомобіля має власні вихідні параметри навантаження. Якщо, наприклад, дослідити ці параметри для автомобіля Renault magnum [12], то його повне навантаження буде становити 16832 кг, маса шасі-кабіни становить 9168 кг, на передню вісь припадає навантаження 7500 кг, на задню – 11500 кг. Такий нерівномірний розподіл навантаження визначає й інші вантажні автомобілі [6, 11].

Вітчизняні автори під час експериментів визначили коефіцієнти для апроксимувальних залежностей тиску в шинах кожної осі від навантаження на вісь різних типів транспортних засобів. Отримані дані демонструють суттєві розбіжності в тиску під впливом навантаження, що дозволяє стверджувати про важливість цього параметра для керування тиском [2].

Відповідно до цих даних, ми можемо сформулювати гіпотезу: нормальна складова динамічного навантаження на i -е колесо буде індивідуальною характеристикою кожного окремо взятого колеса, що належить до колісної формули автомобіля, внаслідок різного ступеня навантаження на колісну базу вантажного автомобіля.

Необхідно враховувати й той факт, що тиск повітря в шинах під час руху та коефіцієнт зчеплення залежать від місця колеса в колісній формулі і ці показники будуть різними у рушійних та інших колесах [10].

Таким чином, оскільки показник R_{Zi} не є однаковим для кожного колеса вантажного автомобіля, то і показник C_{0i} буде мати різні значення, як і показник C_{Ti} .

Таким чином, під впливом навантаження на i -е колесо температура повітря в шинах буде відрізнятися, а отже, будуть спостерігатися відмінності в параметрах тиску в пневматичних шинах вантажних автомобілів.

Необхідно зазначити, що в процесі експлуатації автомобільних засобів зчеплення гуми з асфальтом значно краще, ніж тієї самої гуми зі снігом та льодом, через різні умови тертя між шиною та цими покриттями. Так само коефіцієнт зчеплення буде залежати вже від інших факторів, зокрема від ваги, що припадає на шину в процесі завантаження, складу гуми протектора, швидкості руху автомобіля, відведення шини, прослизання в процесі зношення

У цьому випадку найбільший вплив на параметри зчеплення має склад гуми протектора, оскільки малюнок протектора не впливає на них на сухому асфальті, а на мокрому

впливає опосередковано – видавлюючи воду із плями контакту. Отже, малюнок протектора – естетичний момент, але його цінність полягає в тому, що він надає можливість візуально визначити якість зчеплення шини з дорогою.

Таким чином, ми можемо сформулювати другу гіпотезу: нормальна складова динамічного навантаження на i -е колесо (R_{Zi}) буде індивідуальною характеристикою кожного колеса, що належить до колісної формули автомобіля, внаслідок різного ступеня зношення автомобільних шин.

Відповідно до цих гіпотез, необхідно зазначити, що показник R_{Zi} буде мати індивідуальні значення для кожного колеса колісної формули автомобіля, що в кожен конкретний момент часу під впливом чинників, які визначають зчеплення автомобільної шини з дорожнім покриттям, температурні параметри автомобільної шини будуть мати індивідуальні характеристики, що об'єктивно призводить до різних параметрів тиску повітря в кожній автомобільній шині колісної формули.

Таким чином, питання керування тиском у шинах вантажних автомобілів необхідно вирішувати з позицій диференційованого (децентралізованого) керування тиском з огляду на різницю в параметрах тиску. Необхідно зазначити, що такі системи раніше встановлювалися на військові автомобілі, внаслідок чого була досягнута можливість:

- екстреного підкачування пошкодженої шини без примусової зупинки та здійснення дій щодо закриття шинних кранів непошкоджених коліс;

- зниження тиску повітря в шинах механічним способом без запуску двигуна та використання елементів системи живлення;

- одночасного підвищення тиску повітря в шинах одних коліс і зниження тиску повітря в шинах інших [9].

Інші завдання розроблення цих систем не розглядалися незважаючи на те, що системи вже є застарілими, тому що в їхній роботі великого значення набуває суб'єктивний фактор: показники бажаного тиску встановлював сам водій, але він не враховував динаміку змін температурних параметрів, а отже, параметрів тиску повітря в шині вантажного автомобіля.

Висновки

Відмінності в параметрах тиску в шинах вантажних автомобілів визначають необхід-

ність зміни підходів до керування цими параметрами на підставі переходу від централізованих систем підкачування до систем, заснованих на диференційованому підході, та до систем індивідуального керування тиском повітря в шинах вантажних автомобілів.

Така система повинна забезпечувати керування тиском у шинах вантажних автомобілів в межах, що передбачені для шин цього типу, дозволяти здійснювати керування тиском як в процесі руху, так і на місці з огляду на параметри тиску в кожній з шин. Ці системи мають забезпечити надійну роботу пневматичної шини на всіх видах доріг за різних температур, сприяти підвищенню паливної економічності та проїзду автомобіля на складних ділянках місцевості, підтримуючи необхідний тиск залежно від стану дорожніх умов експлуатації.

Література

1. Бузников С. Е., Шабанова Н. С. Виртуальные датчики температуры нагрева шин и тормозов автомобиля. Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2009. № 12. С. 196–207.
2. Гамеляк І. П., Райковський В. Ф. Встановлення експериментальних залежностей між параметрами навантаження на вісь і тиском у шинах транспортних засобів. Автошляховик України. 2014. № 6. С. 27–34.
3. Динамические нормальные реакции на колесах автомобиля. Режим доступа: <https://studfile.net/preview/6163106/page:21/>.
4. Костюк В. В., Русило П. О., Бойко О. Д. Підвищення стійкості армійських автомобілів вдосконаленою системою регулювання тиску повітря в шинах. Розроблення та модернізація ОВТ. 2009. № 1. С. 47–52.
5. Озорнин С. П., Масленников В. Г., Замешаев Н. С. Математические модели определения коэффициента сцепления шин автотранспортных средств категории М1 при торможении на мерзлом асфальте. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017.
6. Описание модели ГАЗ-66 (66-01, 66-05). Режим доступа: <http://www.autoopt.ru/auto/encyclopedia/truck/gaz/mark/gaz-66/>.
7. Петренко А. М. Расчет тягово-скоростных свойств и топливной экономичности специальных транспортных средств. Москва, 2013. 74 с.
8. Приймак О. В., Биковець О. В. Аналіз факторів, що впливають на фізичне зношення протектора шин. Фактор якості дорожнього покриття українських автошляхів: міжвузівський збірник «НАУКОВІ НОТАТКИ». 2011. Вип. 31. С. 282–286.
9. Свиридов Е. В., Казеко Д. М. Децентрализованная система регулирования давления воздуха в шинах автомобиля Урал-4320-31. Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации. 2017. № 3. С. 130–135.
10. Феватов С. А. Влияние эксплуатационных факторов на курсовую устойчивость грузового автомобиля со сдвоенными задними колесами: дисс. ... канд. техн. наук / Волгоград, 2015. 153 с.
11. Шасси КАМАЗ 65115-3964-19. Режим доступа: <https://www.sespe.com/about/technical-info/shassies/shassi-kamaz/shassi-kamaz-65115-3964-19/>.
12. Renault magnum 460.26 S (EURO 4). Режим доступа: [http://transler.ru/content/ps/renault/renaultmagnum/avto_chassi/Renault_magnum_46026_S_\(EURO_4\)](http://transler.ru/content/ps/renault/renaultmagnum/avto_chassi/Renault_magnum_46026_S_(EURO_4).).

References

1. Buznikov S. E., Shabanova N. S. Virtualnyie datchiki temperatury nagreva shin i tormozov avtomobilya. Novyie informatsionnyie tehnologii v avtomatizirovannyih sistemah. 2009. # 12. S. 196–207
2. Gamelyak I. P., Rajkovs`ky`j V. F. Vstanovlennya eksperym`ental`ny`x zalezhnostej mizh parametramy` navantazhennya na vis` i ty`skom u shy`nax transportny`x zasobiv. Avtoshlyahovy`k Ukrainy`. 2014. # 6. S. 27–34.
3. Dinamicheskie normalnyie reaktsii na kolesah avtomobilya. Rezhim dostupa: <https://studfile.net/preview/6163106/page:21>.
4. Kostyuk V. V., Rusilo P. O., Bojko O. D. Pidvy`shhennya stijkosti armijs`ky`x avtomobiliv vdoskonalenoju sy`stemoyu reguljuvannya ty`sku povitrya v shy`nax. Rozroblennya ta modernizaciya OVT. 2009. #1. S. 47–52.
5. Ozornin S. P., Maslennikov V. G., Zameshaev N. S. Matematicheskie modeli opredeleniya koeffitsienta stsepleniya shin avtotransportnyih sredstv kategorii M1 pri tormozhenii na merzлом asfalte. Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2017
6. Opisanie modeli GAZ-66 (66-01, 66-05). – Rezhim dostupa: <http://www.autoopt.ru/auto/encyclopedia/truck/gaz/mark/gaz-66/>.
7. Petrenko A. M. Raschet tyagovo-skorostnyih svoystv i toplivnoy ekonomichnosti spetsialnyih transportnyih sredstv. Moskva, 2013. 74 s.
8. Pry`jmak O. V. Analiz faktoriv, shho vply`vayut` na fizy`chne znoshennya protektora shy`n. faktor yakosti dorozhn`ogo pokry`ttya ukrajins`ky`x avtoshlyaxiv: mizhvuzivs`ky`j zbirny`k "Naukovi notatky". 2011. Vy`p. #31. S. 282–286.
9. Sviridov E. V., Kazeko D. M. Detsentralizovannaya sistema regulirovaniya davleniya vozduha v shinah avtomobilya Ural-4320-31.

- Permskiy voennyiy institut voysk natsionalnoy gvardii Rossiyskoy Federatsii. 2017. # 3. S. 130–135.
10. Fevatov S. A. Vliyanie ekspluatatsionnyih faktorov na kursovuyu ustoychivost gruzovogo avtomobilya so sdvoennymi zadnimi kolesami: diss. ...kand. tehn. nauk / Volgograd, 2015. 153 s.
 11. Shassi KAMAZ 65115-3964-19. Rezhim dostupa: <https://www.sespe.com/about/technical-info/shassies/shassi-kamaz/shassi-kamaz-65115-3964-19/>.
 12. Renault magnum 460.26 S (EURO 4). – Режим доступа: [http://transler.ru/content/ps/renault/renaultmagnum/avto_chassi/Renault_magnum_46026_S_\(EURO_4\)](http://transler.ru/content/ps/renault/renaultmagnum/avto_chassi/Renault_magnum_46026_S_(EURO_4)).

Михалевич Микола Григорович¹, к.т.н., доц. каф. автомобілів ім. А. Б. Гредескула, mkoly-ag@gmail.com.

Просьяк Олексій Леонідович¹, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, 61002, м. Харків, Україна.

Substantiation of prospective direction for developing devices to regulate pressure in truck tires

Abstract. Problem. Analysis of the theory of the car and its basic elements makes it possible to state the exceptional importance of the pneumatic tire, which provides movement during the operation of the vehicle. The most important parameter that characterizes the condition of the pneumatic tire is the pressure, which can fluctuate during movement, but, at the same time, is a controlled parameter due to the possibility of inflating the tire in the presence of special devices during movement. **Methodology.**

*The purpose of the article is a reasonable prospect of creating new models of devices for tire pressure regulation in trucks. To achieve this goal, the methods of hypothesis, mathematical modeling to confirm it, methods of analysis, generalization were used. **Results.** The article proves that under the influence of the load on the wheel, the air temperature in the tires will be different and, accordingly, there will be differences in the pressure parameters in the pneumatic tires of trucks. In this regard, the solution to the issue of tire pressure regulation in trucks should be considered from the standpoint of differentiated pressure regulation, taking into account the difference in pressure parameters, which allows pumping each individual tire without a forced stop. **Originality.** The scientific novelty of the article is that it substantiates the promising direction of development of pressure monitoring devices in truck tires based on the analysis of the theoretical model of heating the pneumatic tires. **Practical value.** The practical significance of the study is that the article identifies the need to change approaches to pressure regulation based on the transition from centralized pumping systems to pumping systems based on a differentiated approach to individual air pressure control systems in truck tires.*

Keywords: pneumatic tire, temperature, heat transfer, pressure, control, devices, parameters, decentralization, load, reaction.

Mykhalevych Mykola¹, Ph.D., Assoc. Prof., automobiles Department named A.B. Gredeskul, mkolyag@gmail.com,

Prosyak Alexey¹, postgraduate student, ¹Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.