

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ КЕРУВАННЯ ТИСКОМ В ШИНАХ АВТОМОБІЛІВ З УРАХУВАННЯМ ТЕМПЕРАТУРИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Михалевич М.Г.¹, Просяк О.Л.¹

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

***Анотація.** Наведено результати теоретичного дослідження проблеми керування тиском в шинах автомобілів з урахуванням температури навколишнього середовища. Аргументована необхідність керування тиском в шинах автомобілів з урахуванням реальних кліматичних умов експлуатації транспортних засобів на території України, маючи на увазі широку амплітуду коливання температури повітря на протязі доби, що призводить до постійних змін тиску повітря в автомобільних шинах.*

***Ключові слова:** шина, тиск, клімат, температура, амплітуда, коливання.*

Вступ

Сучасний автомобіль являє собою механічний транспортний засіб, що має низку характеристик, які забезпечують можливість його експлуатації. Мова йде про тягово-швидкісні і гальмівні властивості автомобіля, про його економічність, керованість, маневреність, прохідність, плавність ходу, про безпеку водія, пасажирів, вантажу. Ці характеристики автомобіля, як цілісної складної техніко-технологічної системи, що має перебувати в оптимальному для використання стані, багато в чому забезпечується станом пневматичних шин – невід'ємної частини транспортного засобу, від стану яких багато в чому залежить можливість автомобіля виконувати своє призначення.

Дана залежність пов'язана з тим, що автомобільна шина є унікальним вузлом, який у процесі руху зазнає впливу різних зовнішніх сил (вертикальних, бічних, дотичних). Ці сили виникають внаслідок контакту автомобілю із дорожнім покриттям, а також обумовлюються станом зовнішнього середовища, в якому транспортний засіб експлуатується. Відповідно важливою є здатність пневматичної шини адекватно сприймати ці навантаження, компенсувати їх, що визначає ходові властивості транспортного засобу.

Крім того, в силу високої вартості пневматичних шин, важливим є забезпечення їх достатнього строку експлуатації, що пов'язано з проблемою економічної ефективності діяльності автотранспортних підприємств.

Суттєвою є і екологічна складова досліджуваної проблеми, оскільки автомобільні шини здатні забруднювати навколишнє середовище в процесі експлуатації (створювати в процесі руху дрібнодисперсний пил), а також при їх кінцевій утилізації виділяти токсичні гази.

Наведені вище обставини дають можливість констатувати, що забезпечення оптимальних експлуатаційних характеристик пневматичних шин є важливим елементом обслуговування автомобіля.

Аналіз публікацій.

Українські дослідники О.А. Войтович, В.А. Ткач [1], С.М. Гребенюк, М.І. Клименко, А.О. Лісняк [2], О.Л. Добровольський [3], О.С. Ісак, О.О. Ларін [4], О. Кравченко, О. Сакно, С. Сулейманов [7], В.П. Ткаченко [10] та ін., у своїх роботах вивчали різні аспекти проблем, пов'язаних з експлуатацією автомобільних шин. Їх роботи дають можливість аналізувати проблеми, пов'язані з ефективним використанням автомобільних шин, з особливостями їх експлуатації в різних умовах з урахуванням параметрів їх жорсткості, деформації, зносу, безпеки і т. ін.

При цьому, О.Ф. Колбасов і В.П. Ткаченко констатують, що при температурі повітря менш 0°C відбувається льодоутворення парів повітря і конденсату в шинах. Оскільки загальний тиск у шинах при закачуванні повітрям визначається сумою парціальних тисків газів і парів води, то при замерзанні частини парів води відбувається падіння тиску додатково на 1-1,5%.

Найбільш значні зміни тиску в шинах відбуваються при збігу напрямку зміни температури повітря та атмосферного тиску. При цьому добові зміни тиску в шинах в результаті зміни кліматичних умов територій можуть досягати значень порядку 10% [6].

Також і практикою експлуатації автомобілів доведено, що при підвищенні температури до 20⁰C, тиск в колесах буде підвищуватися на 0,7 бар. Взимку, при зниженні температури повітря до такого ж, але від'ємного значення, тиск в колесах впаде на 0,6-0,8 бар. У тому випадку, коли автомобіль завантажений, ці показники будуть ще більше відрізнятися від номінальних [9].

Ці дані дають можливість стверджувати, що оскільки вимоги до надійності роботи та експлуатації автомобілів постійно підвищуються, то набуває актуальності і проблема розробки систем регулювання тиску в шинах з урахуванням різних температурних режимів.

У той же час, як показує аналіз наукової літератури, вплив кліматичних умов, зокрема температури навколишнього середовища, на параметри роботи автомобільної шини все ще залишається мало дослідженою проблемою.

Мета і постановка завдання

Таким чином, метою даної статті є обґрунтування необхідності керування тиском в шинах автомобілів з урахуванням температури навколишнього середовища.

Для досягнення сформульованої мети поставлені такі завдання:

- дослідити середньодобові коливання температури в різних регіонах України, як фактора, який впливає на динаміку тиску всередині автомобільної шини;
- провести розрахунки зміни тиску повітря в шинах автомобілів під впливом зміни температури на протязі доби.

Матеріали і методика дослідження

У даному дослідженні використовувалися методи збору статистичної інформації, що стосуються температурних параметрів навколишнього середовища. Отримані дані оброблялися математично і графічно, використовувалися для подальшого розрахунку параметрів тиску в шинах автомобілів відповідно до динаміки середньодобових коливань температури в регіонах України в лютому 2020 року.

Результати дослідження та їх обговорення

Правильна і раціональна експлуатація шин грає важливу роль у забезпеченні економічної ефективності, автотранспортних підприємств і, в цілому, транспортної галузі, оскільки їх вартість суттєво впливає на фінансово-економічні показники діяльності автотранспортних підприємств. У зв'язку з цим світові виробники шин постійно шукають шляхи і конструктивні можливості вдосконалення їх якостей і експлуатаційних характеристик з метою підвищення безпеки руху автомобілів, поліпшення їх стійкості і керованості, збільшення терміну служби шин, спрощення технології їх виробництва, звертаючи увагу на фактори, які так чи інакше впливають на стан пневматичних шин

Серед цих чинників можна виділити механічні пошкодження, стан вузлів і агрегатів транспортного засобу, стан покриття дорожнього полотна, інтенсивність транспортного потоку, якість виготовлення (відновлення) шин, температурні параметри роботи автомобільної шини.

Ступінь впливу цих факторів у кожен конкретний момент часу може бути різним, при цьому деякі фактори мають постійний вплив (наприклад, температура шини), а частина факторів – тимчасовий (пошкодження шини). Що стосується такого суттєвого фактора як зміна температури шини, то він пов'язаний з технічним станом автомобіля, з режимом його експлуатації, а також зі зміною температури навколишнього середовища, в якому відбувається експлуатація транспортного засобу.

Йдеться про зміни кліматичних умов в тій чи іншій місцевості, що пов'язано з сезонністю, переїздом автомобіля в район з більш холодним повітрям (кліматом).

Вплив кліматичних умов на автомобіль обумовлюється, перш за все, тим, що як низькі, так і високі температури змінюють фізико-механічні властивості конструкційних сталей, металевих сплавів, пластичних мас, гуми та інших матеріалів.

Також кліматичні умови істотно впливають на зміну тиску в шинах автомобілів протягом доби. Особливо цей вплив позначається при зміні сезонів року і при проходженні атмосферних фронтів.

Стосовно до території України слід додатково зазначити наступне. Значна частина країни характеризується кліматом з відносно тривалим періодом негативних температур протягом року при їх суттєвій

амплітуді протягом дня. Літні кліматичні умови також характеризуються істотною амплітудою денних температур, що також є фактором, який визначає режим експлуатації як самого автомобіля, так і пневматичних шин, на ньому встановлених.

Особливу складність представляє для водія керування автомобілем протягом доби, коли температурні режими створюють умови для утворення на дорозі ожеледиці, водної плівки.

При цьому з урахуванням того, що суттєвим експлуатаційним параметром сучасних шин є їх сезонність, важливим, також, стає визначення їх оптимальних експлуатаційних характеристик під впливом коливання температур. Дана проблема є важливою виходячи із того, що зимова гума на вантажні автомобілі відрізняється від літньої за двома параметрами. По-перше, глибина протектора у неї більше, завдяки чому колесо може долати засніжені ділянки траси. По-друге, зимові шини за рахунок хімічних добавок до складу гумової суміші характеризуються м'якістю, що дозволяє їм залишатися відносно «м'якими» при мінусових температурах. У зв'язку з цим принциповим питанням є визначення оптимального тиску в шинах з урахуванням ознаки сезонності і специфіки умов їх експлуатації, з тим, щоб забезпечувати

повноцінну реалізацію їх специфічних параметрів.

Зазначимо, що в теоретичному аспекті, не залежно від типу шини, вплив температурних умов на тиск повітря в шині описується законом Гей-Люссака, згідно з яким при постійному тиску обсяг постійної маси газу пропорційний абсолютній температурі. Математично закон виражається наступним чином:

$$V \sim T$$

або

$$\frac{V}{T} = const, P = const$$

де V – обсяг газу,

T – температура,

P – тиск.

Відповідно дана формула дозволяє однозначно стверджувати, що температурний режим безпосередньо впливає на тиск повітря в шинах автомобілів. Даний висновок визначає напрямки подальшого наукового пошуку, з урахуванням факторів метеорологічної обстановки, що складається в Україні протягом кількох останніх років.

На рис. 1 наведені криві, що характеризують зміни температури на протязі доби в ряді пунктів України в лютому 2020 року.

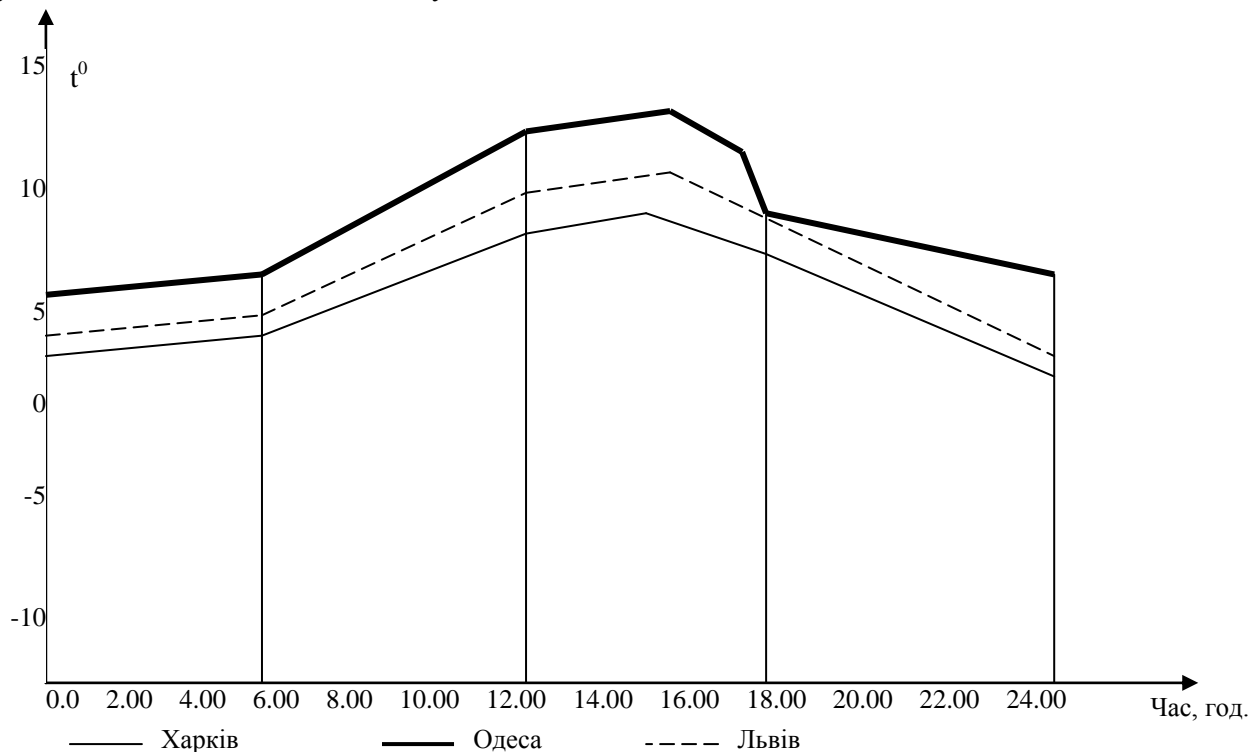


Рис. 1. Середньодобові коливання температури в регіонах України в лютому 2020 роки (складено автором за даними <https://meteo.gov.ua/>)

Як видно з наведеного графіка середньодобова амплітуда температур досягала ± 10 градусів, відповідно логічним буде припущення, що під впливом даного чинника тиск в шині буде змінюватися і така зміна буде відбуватися із певною закономірністю, яка, в кінцевому підсумку, знаходиться у взаємозв'язку з терміном безпечної експлуатації пневматичної шини.

Науково доведено [5, 8], що внутрішній тиск в шинах автомобілів змінюється на 3.0%-4.0% при зміні температури на 10°C , інакше кажучи якщо температура підвищилася на 10°C , то тиск збільшився на 3-4%; має місце і зворотний процес – якщо

температура знизилася на 10°C , то тиск знижується на 3-4%.

Відповідно, якщо прийняти доведеність цих даних, а також звернути увагу на температурні показники експлуатації автомобілів, то ми можемо, в теоретичному плані, спрогнозувати добові коливання тиску в шинах автомобілів при їх постійній експлуатації.

Прийmemo, що підвищення температури на 1.0°C призводить, в середньому, до підвищення тиску в шині на 0.35%; $((3.0\% + 4.0\%) / 2) / 10^{\circ}\text{C} = 0.35\%$, аналогічна ситуація має місце, коли відбувається зниження температури на 1.0°C , тобто тиск в шині знижується на 0.35% (табл. 1).

Таблиця 1 – Результати розрахунку зміну тиску повітря в шинах автомобілів під впливом зміни температури повітря на протязі доби

Час	Одеса		Харків		Львів	
	Температура	Зміна тиску, % по відношенню до попереднього показника	Температура	Зміна тиску, % по відношенню до попереднього показника	Температура	Зміна тиску, % по відношенню до попереднього показника
0.0	3.0	100.0	-1.5	100.0	0	100.0
1.00	3.2.	...+0.07	-1.5	100.0	0.1	...+0.035
2.00	3.3.	...+0.03	-1.4	...+0.035	0.2	...+0.035
3.00	3.6	...+0.10	-1.3	...+0.035	0.5	...+0.01
4.00	3.7	...+0.14	-1.2	...+0.035	0.7	...+0.01
5.00	3.9	...+0.07	-1.1.	...+0.035	0.8	...+0.035
6.00	4.1	...+0.07	-1.0	...+0.035	1.0	...+0.07
7.00	5.0	...+0.31	-0.7	...+0.10	1.1.	...+0.035
8.00	6.0	...+0.35	-0.5	...+0.07	1,5	...+0.14
9.00	7.5	...+0.52	0.0	...+0.17	2.0	...+0.17
10.00	9.0	...+0.31	1.0	...+0.35	2.9	...+0.31
11.00	10.1	...+0.38	2.8	...+0.63	5.9	...+1.05
12.00	11.2	...+0.31	3.0	...+0.07	7.0	...+0.38
13.00	11.4	...+0.07	4.0	...+0.35	7,5	...+0.17
14.00	11.8	...+0.14	5.0	...+0.35	7,7	...+0.07
15.00	12.0	...+0.07	5.2	...+0.07	8.0	...+0.10
16.00	12.1	...+0.035	5.0	...-0.07	8.1	...+0.035
17.00	9.2	...-0.031	4.6	...-0.14	7.0	...-0.38
18.00	6.6	...-0.91	4.1	...-0.14	6.0	...-0.35
19.00	6.1	...-0.17	3.0	...-0.38	2.2.	...-1.33
20.00	4.2	...-0.66	2.7	...-0.10	1.5	...-0.24
21.00	3.9	...-0.10	2.5	...-0.07	1.0	...-0.17
22.00	3.8.	...-0.035	-2.2	...-0.10	0.7	...-0.10
23.00	3.6	...-0.07	-2.1	...-0.035	0.0	...-0.10
24.00	3.3.	...-0.10	-2.0	...-0.035	-1.0	...-0.35

Розрахунки в табл. 1 проведені згідно з наведеними вище теоретичними викладками і показують, що, фактично, в будь-який момент часу (з інтервалом 1 година) тиск в шинах автомобіля не є величиною постійною, оскільки не є постійною і температура навколишнього середовища.

При цьому максимальна амплітуда середніх добових регіональних температур досягає:

- по Одеському регіону: $12.1^{\circ}\text{C} - 3.0^{\circ}\text{C} = 9.1^{\circ}\text{C}$

- по Харківському регіону: $5.0^{\circ}\text{C} - (-2.0) = 7.0^{\circ}\text{C}$

- по Львівському регіону: $8.1^{\circ}\text{C} - (8.1 - (-1.0)) = 9.1^{\circ}\text{C}$

Відповідно коливання тиску в шинах може досягати наступних значень:

- по Одеському регіону: $9.1^{\circ}\text{C} \times 0.35\% = 3.18\%$

- по Харківському регіону: $7.0^{\circ}\text{C} \times 0.35\% = 2.45\%$

- по Львівському регіону: $9.1^{\circ}\text{C} \times 0.35\% = 3.18\%$

Дані коливання тиску не є критичними, проте, при міжміських перевезеннях значення температурних коливань може зростати суттєво, що також слід враховувати.

Слід сказати, що в даній статті ми розглянули лише можливості зміни тиску в шинах автомобілів в зимовий період, коли коливання температури не так значні як влітку, коли денна амплітуда температур може досягати 20.0°C (від 15°C в нічний час до 35°C - днем).

Таким чином, можна припустити, що в літній період тиск в шинах автомобілів у відносно короткий проміжок часу може коливатися в межах 7.0% - 8.0% , що є істотним показником. Відповідно при таких амплітудах виникає необхідність керування лещата в шинах автомобіля з урахуванням показників температурного режиму навколишнього середовища.

Висновки

1. Температура повітря впливає на параметри роботи автомобільної шини, при цьому в будь-який момент часу тиск у шинах автомобіля не є величиною постійною.

2. Автомобільні перевезення по Україні здійснюються автомобільним транспортом в різних умовах температурних режимів, які можуть змінюватися протягом декількох годин (при переміщенні з одного регіону України в інший регіон, при русі автомобіля протягом робочого дня), що впливає на параметри тиску в автомобільній шині, при цьому ці коливання можуть досягати значних показників.

3. Актуальним є завдання розробки системи контролю та регулювання тиску повітря в шинах вантажних автомобілів, з урахуванням впливу фактора температури на процеси, що відбуваються в шинах і обумовлюють коливання тиску повітря в них.

Література

1. Войтович О.А. Влияние давления в шинах на безопасность движения

автотранспорта / О.А. Войтович, В.А. Ткач // ВІСНИК ХНТУ №4(63), 2017. – С. 33-39.

2. Гребенюк С.М. Скінченно-елементне моделювання напружено-деформованого стану автомобільної шини / С. М. Гребенюк, М. І. Клименко, А. О. Лісняк // Вестник Херсонского национального технического университета. - 2015. - № 3. - С. 108-112.

3. Добровольський О. Л. Дослідження впливу експлуатаційних та конструктивних параметрів шини на вибіг автомобіля / О. Л. Добровольський // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2010. – № 2 (53). – С. 47–52.

4. Ісак О.С. Визначення характеристик жорсткості пневматичних шин методами комп'ютерного тривимірного моделювання / О. С. Ісак, О. О. Ларін // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія : Машинобудування. - 2015. - № 3. - С. 95-103.

5. Колбасов А.Ф. Некоторые актуальные вопросы работы автомобильной шины // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 8-1. – С. 128-130.

6. Колбасов, А.Ф. Изменение давления в шинах легковых автомобилей при изменении температуры / А.Ф. Колбасов, В.П. Ткаченко // Современные наукоемкие технологии. — 2010. — № 6. — С. 48–51.

7. Кравченко О. Управління експлуатацією шин вантажних автомобілів / О. Кравченко, О. Сакно, С. Сулейманов // Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій: тези доповідей 3-ої міжнар. наук.-техн. конф. НУ «Львівська політехніка» – 2012, Львів, 7-9 лист. 2012 р. – Львів, 2012. – С. 73–74.

8. Сычѳв, А. В. Проблемы давления в шинах в России и за рубежом / А. В. Сычѳв, И. М. Рябов // Ежегодная XVIII международная. Интернет - конференция молодых учёных и студентов по современным проблемам машиноведения (МИКМУС-2006): тез. докл. конф., 27-29 дек. 2006 г. / Ин-т машиноведения им. А. А. Благонравова РАН [и др]. - М., 2006. - С. 24.

9. Тиск в шинах вантажного автомобіля. – <https://prestige-avto.com.ua/tisk-v-shinah-vantazhnogo-avtomobilya-ta.html>

10. Ткаченко В.П. Порівняльне дослідження законів розподілу фактичного ресурсу пневматичних шин різних видів автотранспорту / В.П. Ткаченко, О.П. Сакно

// Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – Донецьк: Молнія, 2010. – №4. – С. 84–94.

Reference

1. Voytovich O.A. Vliyanie davleniya v shinah na bezopasnost dvizheniya avtotransporta / O.A. Voytovich, V.A. Tkach // VISNIK HNTU #4(63), 2017. – S. 33-39.

2. Grebenyuk S.M. SkInchenno-elementne modelyuvannya napruzhenno-deformovanogo stanu avtomobilnoyi shini / S. M. Grebenyuk, M. I. Klimenko, A. O. Lisnyak // Vestnik Hersonskogo natsionalnogo tehničeskogo universiteta. - 2015. - # 3. - S. 108-112.

3. Dobrovolskiy O. L. DosIdzhennya vplivu ekspluatatsiynih ta konstruktivnih parametriv shini na vibIg avtomobilya / O. L. Dobrovolskiy // Visnik Zhitomirskogo derzhavnogo tehnologičnogo unIversitetu. – 2010. – # 2 (53). – S. 47–52.

4. Isak O.S. Vznachennya harakteristik zhorstkosti pnevmaticnih shin metodami komp'yuternogo trivimIrnogo modelyuvannya / O. S. Isak, O. O. LarIn // Visnik Natsionalnogo tehnIchnogo unIversitetu UkraYini "KiYivskiy polItehnIchniy Institut". SerIya : Mashinobuduvannya. - 2015. - # 3. - S. 95-103.

5. Kolbasov A.F. Nekotoryie aktualnyie voprosyi raboty avtomobilnoy shiny // Fundamentalnyie issledovaniya. – 2011. – # 8-1. – S. 128-130.

6. Kolbasov, A.F. Izmenenie davleniya v shinah legkovyih avtomobiley pri izmenenii temperatury / A.F. Kolbasov, V.P. Tkachenko // Sovremennyye naukoemkie tehnologii. — 2010. — # 6. — S. 48–51.

7. Kravchenko O. UpravlInnya ekspluatatsIEyu shin vantazhnih avtomobiliv / O. Kravchenko, O. Sakno, S. Suleymanov // Teoriya ta praktika ratsionalnogo proektuvannya, vigotvleniya I ekspluatatsIyi mashinobudIvnihn konstruktivny: tezi dopovIdey 3-oYi mIzhnar. nauk.-tehn. konf. NU «LvIvska polItehnIka» – 2012, LvIv, 7-9 list. 2012 r. – LvIv, 2012. – S. 73–74.

8. SyichYov, A. V. Problemyi davleniya v shinah v Rossii i za rubezhom / A. V. SyichYov, I. M. Ryabov // Ezhegodnaya XVIII mezhdunarodnaya. Internet - konferentsiya molodyih uchYonyih i studentov po sovremennym problemam mashinovedeniya (MIKMUS-2006): tez. dokl. konf., 27-29 dek. 2006 g. / In-t mashinovedeniya im. A. A. Blagonravova RAN [i dr]. - M., 2006. - S. 24.

9. Tisk v shinah vantazhnogo avtomobilya. – <https://prestige-avto.com.ua/tisk-v-shinah-vantazhnogo-avtomobilya-ta.html>

10. Tkachenko V.P. PorIvnyalno dosIdzhennya zakoniv rozpodllu faktichnogo resursu pnevmaticnih shin rIznihn vidIv avtotransportu / V.P. Tkachenko, O.P. Sakno // Visnik DonetskoYi akademIyi avtomobilnogo transportu. – Donetsk: MolnIya, 2010. – #4. – С. 84–94.

¹Присяк Олексій Леонідович, аспірант.

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

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ШИНАХ АВТОМОБИЛЯ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Аннотация. Приведены результаты теоретического исследования проблемы управления давлением в шинах автомобилей с учетом температуры окружающей среды. Аргументирована необходимость управления давлением в шинах автомобилей с учетом реальных климатических условий эксплуатации транспортных средств на территории Украины, имея в виду широкую амплитуду колебания температуры воздуха в течение суток, что приводит к постоянным изменениям давления воздуха в автомобильных шинах.

Ключевые слова: шина, давление, климат, температура, амплитуда, колебания.

¹Присяк Алексей Леонидович, аспирант.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE NEED FOR PRESSURE CONTROL IN VEHICLE TIRES TAKING INTO ACCOUNT THE ENVIRONMENTAL TEMPERATURE

Abstract. Problem. The practice of car operation has shown that when the temperature rises, the pressure in the wheels will increase. In winter, when the air temperature drops, the pressure will decrease and in the case when the car is loaded, these figures will be even more different from the nominal. These circumstances make it possible to argue that as the requirements for the reliability of

operation and operation of cars are constantly increasing, the problem of developing tire pressure control systems taking into account different temperature regimes becomes relevant. In particular the ambient temperature, the parameters of the car tire still remains a little-studied problem. **Methodology.** This study used methods of collecting statistical information related to ambient temperature parameters. The obtained data were processed mathematically and graphically, used for further calculation of tire pressure parameters in accordance with the dynamics of average daily temperature fluctuations in the regions of Ukraine in February 2020.

Results. The air temperature affects the parameters of the car tire, and at any time the pressure in the car tires is not a constant value. The task of developing a system of control and regulation of air pressure in the tires of trucks is relevant, taking into account the influence of the temperature factor on the processes occurring in the tires and causing fluctuations in air pressure in them. **Originality.** The scientific significance of the article is that on the basis of previous research, with the help of mathematical calculations substantiated the need to control the pressure in car tires taking into account the ambient temperature. **Practical value.** The practical significance of the study is that the results can be taken into account in the operation of cars in different weather conditions, as well as in the development of new systems for controlling and regulating air pressure in truck tires.

Prosyak Alexey, postgraduate student.

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