

УДК 629.3.027:629.3.064

О.Д. Бойко¹, І.В. Кузьо², Р.В. Зінько², І.С. Лозовий²¹Львівський інститут Сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного НУ «ЛП»²Національний університет «Львівська політехніка», Львів

НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ ПОВІТРЯ В ШИНАХ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

В статті узагальнено та проаналізовано літературні джерела стосовно досліджень роботи та використання систем регулювання тиску повітря в шинах (СРТПШ). На основі таких критеріїв як важливість запропонованих досліджень стосовно ефективності роботи СРТПШ і можливість та доцільність використання отриманих результатів для військової колісної техніки проведена систематизація напрямків робіт та визначені основні задачі подальших досліджень СРТПШ.

Ключові слова: системи регулювання тиску повітря в шинах, тиск в шинах, експлуатаційні властивості автомобілів з СРТПШ.

Вступ

Постановка проблеми. Тенденції розвитку сучасної військової техніки передбачають подальше вдосконалення окремих її систем та агрегатів з урахуванням специфічних умов використання. Так, для колісної техніки, одним з напрямків такого вдосконалення є забезпечення стабільних експлуатаційних характеристик у випадку пошкоджень внаслідок бойових уражень машини.

Можливість руху бойової машини забезпечується її живучістю, тобто таким підбором конструктивних та експлуатаційних характеристик, що дозволяє їй виконувати свої функціональні завдання при негативних зовнішніх впливах на її працездатність (збереження боєздатності при бойових та аварійних пошкодженнях). Стабільність характеристик руху колісного транспортного засобу є одним з важливих чинників забезпечення живучості бойових машин.

Спостерігається тенденція широкого використання для військової колісної техніки систем регулювання тиску повітря в шинах (СРТПШ) для забезпечення сталих характеристик руху в найширших умовах експлуатації [1]. Разом з тим в наукових джерелах інформації відсутні публікації про доцільність та ефективність використання тих чи інших систем СРТПШ.

Метою статті є узагальнення та аналіз літературних джерел стосовно досліджень роботи та використання СРТПШ. Матеріалами досліджень були публікації в техніко-економічних періодичних вітчизняних та закордонних виданнях. Методика досліджень базується на двох критеріях оцінки їх змісту:

- важливість запропонованих досліджень стосовно ефективності роботи СРТПШ;
- можливість та доцільність використання отриманих результатів для військової колісної техніки.

Основна частина

Аналіз використання військової техніки Збройних Сил України в миротворчих операціях (1 окремий спеціальний батальйон (осб) – операція багатонаціональних сил зі створення умов стабільності та безпеки в Косово – 1999 рік; 3 окремий інженерний батальйон (оіб) – операція багатонаціональних сил в Лівані – 2000 рік; 4 окремий ремонтно-відновлювальний батальйон (орвб) – операція багатонаціональних сил зі створення умов стабільності та безпеки в С'єра-Леоне – 2000 рік; 67 окремої механізованої бригади (омбр) – операції багатонаціональних сил зі створення умов стабільності та безпеки в Республіці Ірак – 2003 рік) показав, що вдосконалення конструкції СРТПШ є актуальним. СРТПШ експлуатувались поза межами встановленого заводами-виробниками температурного режиму, що призводило до необхідності зменшення пробігу між технічними обслуговуваннями та зменшення міжремонтного ресурсу машин, і як наслідок, підвищений розхід запасних частин та необхідність удосконалення систем і механізмів.

Для прикладу можна навести випадки виходу з ладу елементів централізованої системи регулювання тиску повітря в шинах в Республіці Ірак [2]:

1. Передчасна заміна шин – 15 випадків, з них: пошкодження шин – 5 випадків в наслідок наїзду на осколки снарядів та мін під час виконання завдань по розмінуванню, заміна шин – 10 випадків в наслідок відшарування протектору шин з причин низької якості шин та невмілого користування централізованими системами регулювання тиску повітря в шинах.

2. Ремонт та заміна колісних кранів – 44 випадки: (з них: ремонт та заміна колісних кранів – 31 випадок в наслідок інтенсивної експлуатації, заміна гумових елементів колісних кранів – 13 випадків з

причини втрати еластичності в наслідок експлуатації у важких кліматичних умовах).

3. Обрив вентиля камери – 28 випадків в наслідок обриву вентилів камер з причини старіння гуми та її низької якості.

Інтерес до проблеми контролю тиску в шинах останнім часом значно зріс у всьому світі, і відбулося це завдяки тому, що у всіх розвинутих державах підвищуються вимоги до контролю динамічних якостей колісної техніки та безпеки водіння. Для прикладу, в США з 2008 року вступає в силу вимога Національної адміністрації з безпеки на транспорті (NHTSA), що передбачає обов'язкову наявність датчиків контролю тиску повітря та температури повітря в шинах на всіх нових зразках колісної техніки [3, 4]. Мінімальною вимогою до колісних машин з 2006 модельного року є те, що кожний зразок колісної машини повинен мати систему, що подає звуковий сигнал, якщо тиск в шині буде на 25% нижче норми. Якщо вага транспортного засобу більше 4535 кг, то він повинен бути оснащений системою не тільки контролю, а і моніторингу тиску повітря в шинах. Ця вимога була сформульована на підставі статистичних досліджень американської асоціації автомобілістів (AAA) та науково-дослідних установ ЄС експлуатаційних якостей, аварійних ситуацій (причин їх виникнення) та індивідуальних якостей водіїв щодо контролю за тиском повітря в шинах. Проведені дослідження показали, що шини втрачають повітря не тільки під час звичайного руху, а особливо під час ударів шин об перешкоди, і також втрата повітря проходить під час сезонної зміни температур. Шини можуть втрачати від 0,1 до 0,2 кг/см² кожного місяця, під час зимової експлуатації і ще більше при літній експлуатації. Зовнішнім оглядом неможливо встановити, чи належним чином накачана шина, а тільки при перевірці відповідним обладнанням.

Безконтрольне падіння тиску в шинах транспортного засобу призводить до аварій і погіршує паливну ощадливість та термін служби шин (табл. 1).

Дослідження впливу людського чинника (табл. 2) показали, що майже 70% водіїв перевіряють тиск повітря в шинах менше, ніж один раз в місяць.

В роботі [5] приводиться аналіз сучасного стану і перспектив розвитку автомобільних систем моніторингу тиску в шинах, побудованих за принципами прямого і непрямого вимірювань. Дається прогноз стану ринку даних систем в Росії, Європі і США, а також визначаються сегменти ринку, на яких російські системи володіють вищим рівнем конкурентоспроможності. Результати аналізу мають практичне значення як для споживачів, так і для виробників наукоємкої автоелектроніки.

Розв'язок задачі непрямих вимірювань різниць тиску в парах шин автомобіля розглядається в [6], основане на неявному вимірюванні різниць куткових

швидкостей обертання коліс. Проводиться аналіз шумів вимірювань в статичному режимі і аналіз рішення некоректної задачі оцінювання тиску за їх різницями. Розглядається рішення задачі своєчасного виявлення падіння тиску і проводиться аналіз динамічних властивостей схеми вимірювань.

Таблиця 1
Аналіз наслідків падіння повітря в шинах

Падіння тиску повітря в шинах від номінального, %	Показники, до яких призводить неконтрольоване падіння тиску повітря в шинах	
	збільшення витрати палива	скорочення терміну служби шини на, %
10	до 2,5%	15%
20	від 3,0 до 3,5%	30%
30	від 5,0% і більше	55%

Таблиця 2
Аналіз впливу людського чинника

Періодичність перевірки тиску повітря в шинах	Водії легкових автомобілів, (%)	Водії вантажних автомобілів, трейлерів, фургонів та іншої спеціальної техніки, (%)	
	шини типу – P	з шинами типу – P	з шинами типу – LT або FT
щотижня	8,76	8,69	8,16
щомісяця	21,42	25,19	39,88
коли вони приспущені	25,63	23,58	15,59
під час обслуговування автомобіля	30,18	27,72	25,54
перед довгою подорожжю	0,99	2,39	2,17
в інших випадках	0,99	2,39	2,17
не перевіряють	6,46	8,27	6,97

За кордоном перші масштабні дослідження відносно експлуатаційної надійності та удосконалення конструкцій систем контролю та регулювання тиску повітря в шинах їх впливу на експлуатацію машин з застосуванням даних систем, а також дорожньо-транспортних пригод, пов'язаних недостатнім або надмірним тиском в шинах, провели американські вчені ще в кінці 1990-х років.

Досліджувалася можливість використання СРТПШ на міських автобусах [7]. Дослідження проводилися за допомогою натурних експериментів та комп'ютерної симуляції. Був визначений тиск шин для п'яти варіантів завантаження автобуса пасажирами. Змінний тиск в шинах зменшував вертикальні прискорення елементів кузова автобуса, а також покращував суб'єктивні відчуття пасажирів та водія під час руху.

В роботі [8] розрахунково-аналітичним методом обґрунтовано вибір настроювального параметру пристрою від'єднання пошкодженої шини від сис-

теми регулювання тиску повітря. На підставі дослідження залежності витрати повітря від ступеня пошкодження і початкового тиску повітря в системі розроблена методика розрахунку значень настроювального параметра пристрою.

Розглядається математична постановка динамічної стабілізації тиску в шинах автомобіля, до якої зводиться завдання запобігання типовим зіткненням, обумовлених асиметрією шин або їх руйнуванням [9]. Визначаються динамічні межі тиску у вигляді параметричних функцій координат стану об'єкту. Формулюються математичні умови допустимої асиметрії шин і умови їх руйнування в результаті розривів корду або повертання шин на ободі. Проведено аналіз додаткових елементів розширеного вектора спостережуваних станів, необхідних для коректного вирішення завдання динамічної стабілізації тиску в шинах автомобіля.

У статті [10] представлена методика параметричного аналізу розподілу навантажень в трансмісії повно приводних тягово-енергетичних засобів з системою підкачки шин при роботі з різним навісним знаряддям у складі багатоопераційного сільськогосподарського агрегату; програмне забезпечення, що реалізує методику, і результати варіантних розрахунків по ній.

Був встановлений зв'язок радіусів кочення повідних коліс у веденому режимі від внутрішнього шинного тиску, нормального навантаження, а також відповідність дійсного та розрахункового розподілу крутних моментів по колесах повідних мостів.

Як випливає з графіків, радіуси кочення коліс у веденому режимі нелінійно залежать від тиску повітря в шинах, що і спостерігається при їх експериментальному визначенні. Згадані залежності приводять до нелінійності в процесі перерозподілу крутних моментів в блокованій трансмісії тягово-енергетичного транспортного засобу.

Проведено аналіз концепції, деяких аспектів структурно-параметричного вибору конструкції двохпотокової трансмісії (ДПТ) та аспектів управління тракторним агрегатом з двопотоковою трансмісією виявив необхідність розробки методології системного синтезу ДПТ спільно з системою автоматичного управління тракторним агрегатом [11]. У роботі розглянуто поле варіантів для такого синтезу, запропонована структурно-функціональна схема системи автоматичного управління (САУ) моторно-трансмисійно-рушійного приводу тракторного агрегату з ДПТ, що враховує специфіку реальних характеристик динамічної системи агрегату, дизельного двигуна і взаємодії коліс ходової системи з дорогою. Однією із завдань САУ є забезпечення відповідної прохідності машини. Таке забезпечення вимагає зміни передавального відношення і дії на структуру ходової системи, наприклад, підключення

додаткового провідного моста, інших засобів підвищення тягово-зчіпних властивостей, зміни тиску повітря в шинах, щоб забезпечити подолання поточних значень сил опору рухові тракторного агрегату.

В роботі [12] розглядаються шляхи покращення стійкості руху автомобіля з урахуванням зносу протектора. При зношенні шини змінюється коефіцієнт опору бічному відведенню шини. Його можна корегувати зміною тиску повітря в шині. Проведено аналіз запропонованих рішень за допомогою математичного моделювання.

Окремо можна відзначити дослідження робочих процесів у пневмоприводах [13 – 16]. Але недоліком цих робіт є їх надлишкова узагальненість і відсутність «прив'язки» до конкретної проблематики СРТПШ.

Інший напрям досліджень пов'язаний з вивченням характеристик шин без урахування особливостей їх роботи у складі СРТПШ. До найбільш вагомих можна віднести [17, 18], де розглянуто особливості конструкції шин, їх взаємодію з твердою опірною поверхнею, вплив шин на експлуатаційні властивості автомобіля, а також вплив незбалансованості та зношення протектора на властивості автомобіля.

В роботі [19] доведено актуальність проблеми підвищення працездатності автомобіля шляхом використання інформації про силову взаємодію колеса з дорогою. Запропоновано управління жорсткісними характеристиками шин для прогнозування курсової стійкості при стаціонарних режимах руху автомобіля.

В роботі [20] розраховано напружено-деформований стан пневматичної шини моделі 33.00R-51 у разі обтиснення її на горизонтальних ступінчастих нерівностях різної висоти. На підставі одержаних основних вихідних характеристик оцінено згладжувальну та поглинальну здатності пневматичної шини під час її руху за заданим мікропрофілем.

В роботі [21] вирішена науково-технічна задача, що пов'язана з прогнозуванням та покращанням показників курсової стійкості руху легкових автомобілів шляхом раціонального розташування шин з оптимальними жорсткісними характеристиками.

Для визначення показників курсової стійкості руху легкового автомобіля створена модель руху легкового автомобіля, що складається з системи диференціальних рівнянь, які враховують колію. Система дозволяє дослідити вплив на курсову стійкість руху кожної шини, встановленої на автомобіль, та її жорсткісної неоднорідності.

Експериментально визначені характеристики бічного відведення шин, що були використані в розробленій математичній моделі. Встановлено, що параметри курсової стійкості тісно пов'язані з пружними властивостями шин, жорсткісна характеристика яких має неоднорідності.

Розташування шин, що мають жорсткісну неоднорідність, змінюють критичну швидкість. Наявність в шинах кутового відхилення призводить до того, що при куті повороту коліс $\theta = 0$ автомобіль буде рухатись по коловій траєкторії, причому напрямок буде залежати від розташування шин, значень тиску повітря в кожній шині та розподілу вертикального навантаження на шини. Було досліджено вплив на критичну швидкість таких експлуатаційних факторів, як тиск повітря в шинах та вертикального навантаження.

На рис. 1, а наведено залежність критичної швидкості від тиску повітря в задніх шинах, а на рис. 1, б – від тиску повітря в передніх шинах.

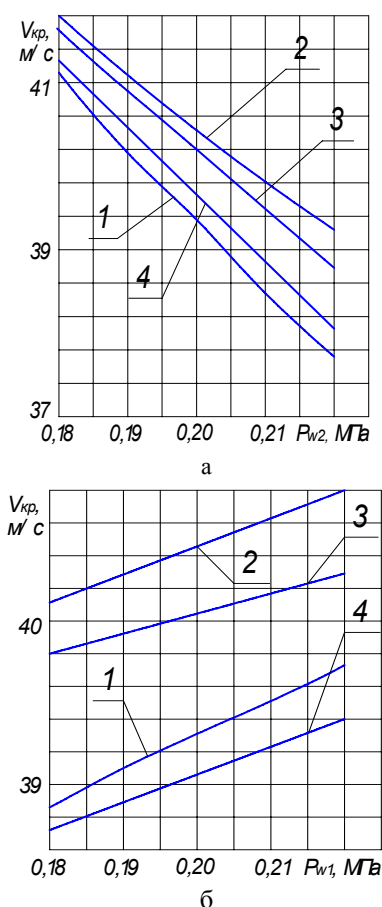


Рис. 1. Залежності критичної швидкості від тиску повітря в передніх та задніх шинах для чотирьох варіантів розташування шин (табл. 3): а – в задніх шинах (тиск в передніх 0,2 МПа); б – в передніх шинах (тиск в задніх – 0,2 МПа)

Таблиця 3

Варіанти розташування шин

Варіанти розташування шин	k, кН/рад	δ_0 , рад
1	40,1	0,00556
2	49,3	0,00689
3	39,0	0,00530
4	37,5	0,00628

Аналіз рис. 1 показує, що при збільшенні тиску повітря в передніх шинах критична швидкість під-

вищується. Це пояснюється тим, що для радіальних шин підвищення тиску повітря в певних межах призводить до зниження коефіцієнта опору відведення.

На рис. 2, а представлено залежність критичної швидкості руху легкового автомобіля від тиску повітря в шинах правого борту, а на рис. 2, б – від тиску повітря лівого борту.

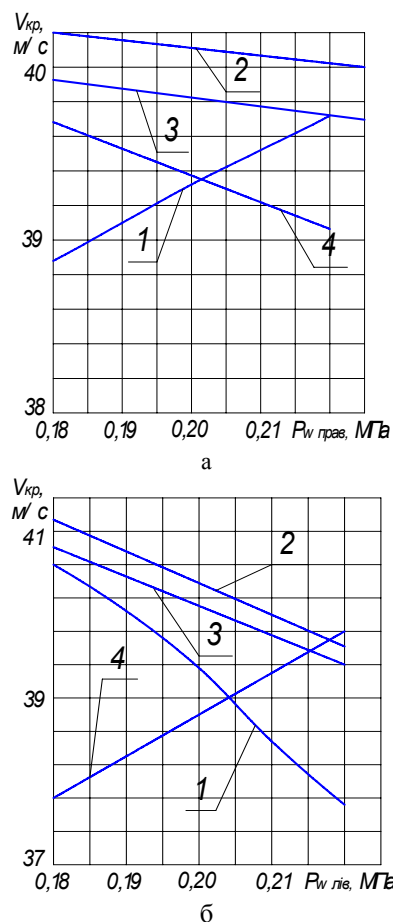


Рис. 2. Залежності критичної швидкості від тиску повітря в шинах правого та лівого бортів для чотирьох варіантів розташування шин: а – в шинах правого борту (тиск в шинах лівого борту 0,2 МПа); б – в шинах лівого борту (тиск в шинах правого борту 0,2 МПа).

В роботі [22] представлені результати експериментальних досліджень по визначенню рівнів шумовипромінювання, що генерує шина при її русі на дорожній поверхні. Це дозволило зробити оцінку впливу дорожніх умов (вид та стан дорожнього покриття), експлуатаційних (швидкість кочення колеса, внутрішній тиск повітря в шині і навантаження на шину), а також конструктивних (фізико-механічні властивості, малюнок протектора і геометричні розміри) параметрів шини на рівень її шумовипромінювання. Здійснено розподіл та математичне моделювання окремих механізмів генерації, що дало можливість розробити методику по визначенню прогнозованого рівня шумовипромінювання шини на стадії її проектування та розробки нових зразків шин.

Висновки

На основі проведеного огляду літературних джерел можна зробити висновок, що проблема забезпечення сталих експлуатаційних характеристик військової колісної техніки з СРТПШ досліджена недостатньо. Відсутні впорядковані і повні дослідження,

пов'язані з впливом роботи СРТПШ на експлуатаційні властивості транспортного засобу (тягошвидкісні, прохідність, керованість, стійкість руху), особливо при його використанні в екстремальних умовах військових конфліктів. Виконані роботи носять частковий характер і не охоплюють всесторонньо досліджуваної проблеми (рис. 3).



Рис. 3. Систематизація напрямків досліджень систем регулювання тиску повітря в шинах транспортних засобів

Напрямки подальшого дослідження

1. Визначити основні елементи СРТПШ, що найвагомніше впливають на динаміку руху транспортного засобу.
2. Визначити експлуатаційні властивості транспортного засобу, що є визначальними для забезпечення живучості бойової колісної машини.
3. Визначити критеріальні оцінки ефективності роботи СРТПШ при отриманні транспортним засобом бойових та аварійних пошкоджень.
4. Запропонувати конструктивні рішення для зменшення впливу пошкоджень СРТПШ на динаміку руху транспортного засобу.
5. Дослідження необхідно провести з використанням математичного та фізичного експериментів з використанням засад теорії наукових досліджень.

Список літератури

1. Сайт *army-guide* [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту: www.army-guide.com.
2. Інформаційно-аналітичні матеріали: Експлуатація бронетанкового озброєння та військової техніки в умовах спекотного пустельного клімату Республіки Ірак // Міровтворча діяльність ЗСВ та досвід застосування підрозділів ЗСВ в Іраці – К.: ННДЦ ОТ і ВБ України, 2005. – 400 с.
3. Thiriez K.K., Ferguson E., Subramanian R. 12 & 15 Passenger Vans Tire Pressure Study: Preliminary Results. DOT HS 809 846 Traffic Safety Facts Research Note. May 2005. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до статті: www.nhtsa.dot.gov/pdf/nrd-30/NCSA/RNotes/2005/809846.pdf.
4. Jeff Burgess. Tire Pressure Monitoring System Reference Design. Application Note AN1951/D Rev 1, 05/2003.

Motorola Inc. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.freescale.com/files/sensors/doc/app_note/AN1951.pdf.

5. Бузников С.В. Современное состояние и перспективы развития автомобильных систем мониторинга давлений в шинах // Электронный журнал "Исследовано в России". – 2004. – № 257. – С. 2767-2776.
6. Бузников С.Е., Елкин Д.С. Анализ статических и динамических характеристик первого поколения частотных систем мониторинга давлений в шинах автомобиля // Электронный журнал "Исследовано в России" – 2007. – № 052. – С. 560-568.
7. Rakheja S., Wang Z. Feasibility assessment of a central tire inflation system for urban buses. Montreal: Concordia University: CONCAVE Research Centre, December 2006. – 40 p.
8. Жадан М.В. Визначення настроювального параметра автомата від'єднання пошкодженої шини від системи регулювання тиску // Автомобільний транспорт: Зб. наук. пр. – Х.: ХНАДУ, 2004. – № 5. – С. 24-27.
9. Бузников С.Е., Елкин Д.С. Задача динамической стабилизации давлений в шинах // Электронный журнал "Исследовано в России". – 2006. – № 013. – С. 118-127.
10. Tajanowskij G., Tanaś W., Pawłowski T. Распределение нагрузок в трансмиссии полноприводных тягово-энергетических средств с системой подкачки шин при работе с навесными орудиями // Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. – 2007. – Vol. 52 (2). – P. 30-34.
11. Tajanowskij G., Tanaś W. Аспекты проблемы структурно-параметрического выбора двухпоточной трансмиссии и управления тракторным агрегатом // Commission of motorization and power industry in agriculture: Polish Academy of Sciences Branch in Lublin. – 2006. – P. 252-260.
12. Сахно В.П., Макаров В.А., Петров А.В. До питання покращення стійкості руху автомобіля зі зношеним протектором шин за рахунок коригування в них внутрішнього тиску повітря // Автошляховик України. – 2006. – № 9. – С. 92-98.

13. Метлюк Н.Ф., Автушко В.П. Динамика пневматических и гидравлических пневмоприводов автомобилей. – М.: Машиностроение, 1980. – 231 с.

14. Кулеша З. Оценка влияния температуры и теплообмена на изменения давления в камерах пневмопривода // Промышленная гидравлика и пневматика. – 2006. – № 2 (12). – С. 99-103.

15. Герц Е.В., Гогричани Г.В., Шипилин А.В. Динамика пневматических систем машин с разветвленными линиями связи // Механика машин. – 1978. – Вып. 54. – С. 53-57.

16. Some problems of a nonstationary gas flow in pipelines / V.M. Krivtsov, A.V. Shipilin, A.V. Shcheprov, V.I. Zubov // Preprints of the Fourth Japan-Russia joint symposium on Computational Fluid Dynamics. – Aug.23-26, 1994. – Kyoto Institute of Technology. Kyoto, Japan.

17. Работа автомобильной шины / Под ред. В.И. Кнороза. – М.: Транспорт, 1976. – 238 с.

18. Ларін О.М. Теоретичні основи оцінки працездатності шин легкового автомобіля в експлуатації: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.22.20. – К.: Нац. трансп. ун-т., 2001. – 32 с.

19. Макаров В.А., Дугельный В.Н. Повышение работоспособности автомобиля путем управления жесткими характеристиками шин // Автомобильный транспорт: Сб. научн. тр. – X., 2000. – Вып. 4. – С. 43-45.

20. Кваша Э.Н., Бурхович М.П. Оценка сглаживающей способности пневматических шин // Системні технології. – 2004. – № 5. – С. 62-69.

21. Костенко А.В. Прогнозування показників курсової стійкості легкового автомобіля з урахуванням розкиду жорсткісних характеристик шин: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22. – К.: Нац. трансп. ун-т., 2007. – 24 с.

22. Загородній О.А. Вплив дорожніх умов, експлуатаційних і конструктивних параметрів автомобільних шин на рівень їх шумовипромінювання: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.02. – Х.: ХНАДУ, 2005. – 22 с.

Надійшла до редколегії 12.08.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Х.В. Раковський, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА В ШИНАХ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

О.Д. Бойко, И.В. Кузьо, Р.В. Зинько, И.С. Лозовой

В статье обобщены и проанализированы литературные источники относительно исследований работы и использования систем регуляции давления воздуха в шинах (СРТПШ). На основе таких критериев как важность предложенных исследований относительно эффективности работы СРТПШ и возможность и целесообразность использования полученных результатов для военной колесной техники проведена систематизация направлений работ и определены основные задачи последующих исследований СРТПШ.

Ключевые слова: системы регулирования давления воздуха в шинах, давление в шинах, эксплуатационные свойства автомобилей с СРТПШ.

DIRECTIONS OF RESEARCHES OF THE AIR PRESSURE ADJUSTING SYSTEMS IN THE TIRES OF THE WHEELED TRANSPORT VEHICLES

O.D. Boyko, I.V. Kuzio, R.V. Zinko, I.S. Lozovyj

In the article generalized and literary sources are analysed in relation to researches of work and use of the air pressure adjusting systems in the tires (SRTPSH). On the basis of such criteria as importance of the offered researches in relation to efficiency of work of SRTPSH and possibility and expedience of drawing on got results for the military wheeled technique is conducted systematization of work assignments and the basic tasks of subsequent researches of SRTPSH are certain.

Keywords: the systems of adjusting of pressure of air are in tires, pressure in tires, operating properties of cars with SRTPSH.