

УДК 629.113.012.5.004.6

В. Б. Коханенко, к.т.н., доцент, викл. каф. (ORCID 0000-0001-5555-5239)

С. Ю. Рагімов, к.т.н., доцент, викл. каф. (ORCID 0000-0002-8639-3348)

Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

ВПЛИВ ДЕФЕКТІВ В ШИНІ НА БЕЗПЕКУ РУХУ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЯ

Визначено, що останнім часом збільшилася кількість передчасних і непередбачуваних виходів радіальних шин з експлуатації через руйнування плечової зони і розшарувань в брекері. Оскільки аварійно-рятувальні автомобілі підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій постійно перебувають в оперативній готовності (весь період завантажені вогнегасними речовинами, спеціальним інструментом і спорядженням), а під час виклику рухаються з максимальними швидкостями, то і їх радіальні шини також перебувають в екстремальному режимі експлуатації. Аварійно-рятувальні автомобілі комплектуються серійними радіальними шинами. Але, по-перше, аварійно-рятувальні автомобілі значно перевищують межі режимів експлуатації, по-друге, в плінні часу не виходять на нормативний пробіг шин. Отже, зовні шини мають досить глибокий рисунок протектора, але всередині у них накопичено багато дефектів, що і призводить до передчасного їх виходу з експлуатації. Автори займаються визначенням причин передчасного виходу шин з експлуатації з метою реалізації ресурсу протектора до повного зношення та підвищення надійності експлуатації шин аварійно-рятувальних автомобілів. В результаті досліджень встановлено, що наявність дефектів, як внутрішніх, так і зовнішніх, погіршує тепловідвід з каркаса і з усіх шарів шини. Ці явища призводять до непередбаченого раптового виходу шин з експлуатації. На підставі отриманих результатів пропонуються обґрунтовані пропозиції по конструкції шин аварійно-рятувальних автомобілів, а також зазначається необхідність комплектування аварійно-рятувальних автомобілів шинами спеціальної конструкції. Отримані дані являються корисними для розробників шин і важливими для підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій, оскільки дозволять значно підвищити безпеку руху аварійно-рятувальних автомобілів при слідуванні по виклику.

Ключові слова: аварійно-рятувальний автомобіль, радіальна шина, розподіл температури, дефекти, надійність, розшарування, безпека

1. Вступ

Підвищення швидкісних та навантажувальних характеристик автомобільного транспорту викликало необхідність застосування замість більш технологічних в виготовленні діагональних шин з текстильним кордом – шин радіальної конструкції з металокордом в брекері.

Такі шини отримали покращенні експлуатаційні характеристики, однак, більш складні в виготовленні, а в експлуатації для них притаманні дефекти, котрі характерні для композитів із різнорідних, в даному випадку, гумокордних матеріалів. Дефектами композитів, які найчастіше зустрічаються, є втомливі руйнування їх складових, вірогідність виникнення яких збільшується зі збільшенням габаритів виробів, тобто для шин вантажних автомобілів. В дійсний час через такі дефекти виходять з експлуатації 50–70% шин [1], що не дозволяє реалізувати ресурс шини по зношенню протектора та робить їх непридатними для наступного відновлювального ремонту.

Збільшення швидкісних та навантажувальних характеристик сучасних аварійно-рятувальних автомобілів визначили необхідність перегляду конструкції їх шин. Так, в сучасних шинах стали застосовувати металокорд в брекері для збільшення жорсткості і екрануємий шар для його додаткового захисту. Ці конструктивні рішення дозволили зменшити вагу шини, збільшити навантаження на неї і

швидкість її кочення. Однак, з'явилися і недоліки. Так, наприклад, збільшилася кількість виходів шин з експлуатації через руйнування плечової зони і розшарувань в брекері. Однією з причин дефекту є підвищення термонапруженого стану шини в зазначеній зоні.

Тому, актуальною науково-технічною проблемою є недопущення та попередження передчасного виходу шин з експлуатації, визначення впливу дефектів шини на її термонапружений стан, його зниження, а, значить, і підвищення безпеки експлуатації аварійно-рятувальних автомобілів.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

В роботі [1] встановлено, що основна робота, що затрачується на кочення шини, перетворюється в тепло, яке викликає загальне підвищення температури шини. Критичною температурою в шині, котра викликає розрив ниток корда є перевищення температури вулканізації шини, а саме 115 °С. Але авторами не розглядаються питання розподілу тепла по поверхні шини.

В [2] визначено, що інтенсивність теплоутворення в шині при збільшенні швидкості руху від 40 до 120 км/ч збільшується в 2,5–3,0 рази. Тепловий стан шини визначається сукупністю значень температури у всіх її точках і в кожен момент часу, званих температурним полем шини. Це найбільш яскраво проявляється на початку руху шини, коли її температура дорівнює температурі навколишнього середовища. У цей момент теплоутворення значно більше тепловіддачі, і температура шини швидко зростає.

Згідно [3] з підвищенням температури тепловіддача зростає, темп зростання температури зменшується, і через певний час температурне поле з прийнятими припущеннями стає стаціонарним. Дія періодичних навантажень призводить до багаторазових деформацій шини. Пов'язане з цим виділення тепла, а також гістерезисні властивості шинних матеріалів, що змінюються з часом і в міру розігріву шини, прискорюють ослаблення молекулярних зв'язків, викликають розрив найбільш напружених ланцюгів молекул, що призводить до утворення мікротріщин.

В [4] визначено, що локальні дефекти – мікротріщини всередині шини є додатковим джерелом теплоутворення. А оскільки і амплітуди динамічних деформацій шини знаходяться в тісному взаємозв'язку з її максимальною температурою, то температура в різних зонах автомобільної шини характеризує її напружено-деформований стан і наявність дефектів [3]. Отже, знаючи температурні поля шини по її шарам і в різних зонах можна впевнено судити про її працездатність. Однак, у цих роботах розглядається експлуатація шин транспортних автомобілів без перевантажень та критичних швидкостей руху, що має місце серед пожежних та аварійно-рятувальних автомобілів.

В [6] було розглянуто питання щодо досліджень міцності та удосконалення будови каркасу шини звичайних шин транспортних автомобілів. З [7] випливає, що шину можливо представити як гнучку поверхню та нелінійними кінцевими елементами описати процес взаємодії шини з дорогою. Однак, авторами розглядаються звичайні умови експлуатації шини без перевантажень, котрі притаманні аварійно-рятувальним автомобілям.

На підставі даних [8] фізичні властивості шинних матеріалів розглядають в стаціонарних умовах експлуатації, без можливих дефектів їх поєднання в загальній конструкції шини. В [9] автори проводили аналіз анізотропних властивостей

під час великих деформацій різноманітних резин. Однак, всі дані проводилися в сталих режимах дослідження.

Автор [10] стверджує, що вже існує подібна модель моделі шини, з урахуванням особливостей її конструкції. Однак, питання розробки спеціальної моделі шини для особливих умов експлуатації на аварійно-рятувальних автомобілях не розглядаються.

В [11] можливо визначити довготривалість роботи виробу до виходу його з експлуатації. Однак, необхідно ще мати дані з експерименту по термонапруженому стану шини, яка перебуває в складних умовах експлуатації, тобто з перевантаженнями на неї, зі значними швидкостями руху по незадовільним дорогам і таке інше.

Тому, постала необхідність у визначенні впливу дефектів шини на її термонапружений стан, його зниження, а значить, і підвищення безпеки експлуатації аварійно-рятувальних автомобілів, підпорядкованих підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

3. Мета та завдання дослідження

Метою дослідження є визначення впливу дефектів в елементах шини на безпеку руху аварійно-рятувальних автомобілів.

Для досягнення поставленої мети потребували вирішення наступні завдання:

- дослідження впливу дефектів в шині на її термонапружений стан;
- дослідження умов державних пожежно-рятувальних частин для здійснення контролю за шинами;
- обґрунтування особливостей експлуатації та конструкції шин аварійно-рятувальних автомобілів.

4. Дослідження впливу дефектів в шині на її термонапружений стан

Завданням експериментальних досліджень є підтвердження результатів теоретичних висновків, розробка методів визначення дефектних зон шини в експлуатації. Для проведення експериментальних досліджень було підготовлено уніфікований для стендових і натурних випробувань комплект вимірювальної апаратури та використовувалися датчики для вимірювання температур [5], розроблені методики проведення експериментальних досліджень серійних і досвідчених шин. Експериментальні дослідження проводилися на барабанному стенді для обкатки шин.

При проведенні експериментальних досліджень створювалися умови навантаження, відповідно експлуатаційних характеристик (навантаження на колесо, внутрішній тиск повітря) і визначалися параметри напружено-деформованого і теплового станів шини (питомий тиск на ребрах протектора, деформації всередині і по бокові шини, її прогин, температура всередині і на поверхні гумового масиву шини, а також динаміка локальних змін температури в області дефекту) для порівняння з теоретичними результатами. Експериментальні дослідження проводилися на стендах з біговими барабанами випробувальної станції ВАТ «РОСАВА».

4.1. Дослідження впливу внутрішніх дефектів в шині на її термонапружений стан

Аналіз основних причин передчасного виходу з експлуатації шин показує, що значний відсоток руйнувань радіальних шин відбувається через внутрішні дефекти. Причому, дефекти виникають раптово, що призводить до аварійних ситуацій і суттєво знижує безпеку руху. У зв'язку з цим виникає необхідність у визна-

ченні наявності внутрішніх дефектів при їх зародженні у шин, що знаходяться в експлуатації. Існує багато видів руйнувань, причиною яких є втома матеріалу.

Це розриви та злами кордних шарів, розшарування гуми, відшарування гуми від корда, розтріскування [11].

Усі зазначені руйнування є внутрішніми дефектами шини, що ускладнює їх діагностику в процесі експлуатації. Наявність таких дефектів у шині під час руху транспортного засобу призводить до раптового, практично миттєвого, її руйнування та, часто, супроводжується дорожньо-транспортними пригодами з аварійними наслідками.

Так, за статистикою Головного управління ДАІ України частка ДТП через раптове руйнування шин від загальної кількості ДТП з технічних несправностей становить у автобусів 10,3 %, вантажних автомобілів «КамАЗ» – 12 %, легкових автомобілів – понад 34 %. Наведені дані говорять про те, що одним із шляхів підвищення безпеки руху колісної техніки є своєчасне виявлення прихованих дефектів автомобільних шин та прогнозування їх поведінки.

Встановлено, що довговічність сучасної радіальної шини з металокордом у брекері визначають такі фактори, як: час до утворення та швидкість розростання тріщини у міжшарових гумах. Чим вище температура, яка залежить від напружено-деформованого стану шини та наявності розшарування, тим вище швидкість розростання тріщини. У місці наявності розшарування або будь-яких інших дефектів конструкції шини, крім гістерезисних втрат у гумі, виникають втрати на тертя між шарами [12].

При визначенні впливу внутрішніх дефектів шини на її внутрішній температурний режим у період кочення використовували заздалегідь закладені дефекти розміром 3×3 мм. Ці штучні дефекти були подібністю експлуатаційних дефектів розшарування і призводили до підвищеного нагрівання шини в цій зоні по відношенню до бездефектних зон [10].

При аналізі було визначено, що в момент встановлення тимчасової рівноваги в бездефектних зонах температура в місці дефекту продовжувала збільшуватися. З раніше проведених досліджень, в результаті вимірювання внутрішніх полів температур, встановлено, що через 9 хв. кочення температура у зоні дефекту шини перевищувала температуру інших (бездефектних) зон на 4–10 °С.

При визначенні впливу дефектів шини на поверхневий температурний режим користувалися переносним приладом часткового випромінювання Пірометром 4П-01 «Смотрич». Випробуванням підлягала серійна шина 205/70 R14.

Було встановлено, що перевищення поверхневої температури в зоні дефекту по відношенню до максимальної температури в подібних бездефектних зонах становило 3–5 °С [10, 12].

Результати експериментальних досліджень представлені у табл. 1 та на рис. 1.

Табл. 1. Приріст температури (ΔT), °С по 2-му шару шини 205/70R14

№ з/п	Місця установки термопар, їх становище	Приріст часу (Δt), хв.						
		1	2	3	4	5	7	9
1	В центрі, з дефектом	9,1	14,3	18,2	20,8	23,4	29,9	33,8
2	В центрі, без дефекту	9,1	13,0	16,25	19,5	20,8	26,65	29,9

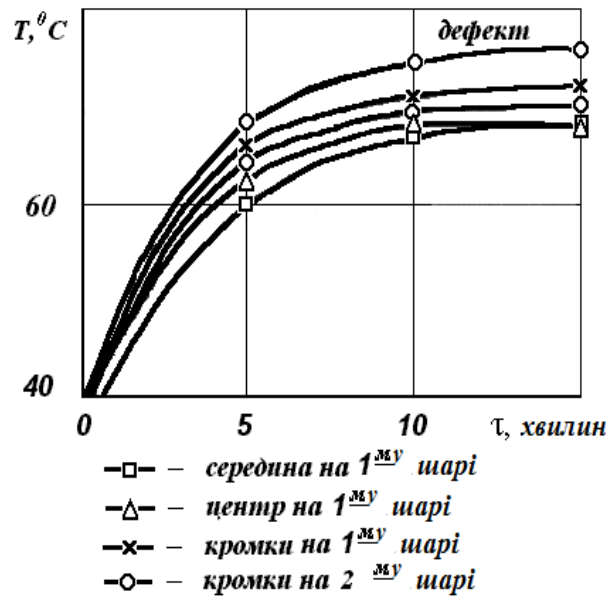


Рис. 1. Розподіл температур по шарам шини 205/70R14 ІД-220

Для визначення впливу внутрішніх дефектів, що утворюються в результаті лиття мікротріщин, поганої адгезії гуми з кордом або через виробничий дефект на температурні поля шини проводився наступний експеримент [13, 14]. Підготовка шин 205/70 R 14 та їх випробування проводились на обладнанні ВО «Білоцерковщина».

Навантажувальні параметри при випробуваннях відповідали експлуатаційним, а саме: внутрішній тиск – 0,21 МПа, навантаження на шину – 5,0 кН, а швидкість кочення по біговому барабану – 10–20 м/с.

Досліджувана шина мала пробіг 26,9 тис.км на шинообкатному стенді в прискореному режимі випробувань. Температуру поверхні шини вимірювали у місцях можливої появи дефектів пірометром 4П-01 «Смотрич». Результати випробувань представлені як на рис. 2.

4.2. Дослідження впливу зовнішніх дефектів в шині на її термонапружений стан

Проведений у роботі [2] аналіз даних дорожніх випробувань легкових шин виробництва ВАТ «Росава» дозволив отримати розподіл втомливих руйнувань шин у процесі експлуатації: дефекти у плечовій зоні – 37–49 %, дефекти в області борту – 53–41 %, відшарування протектора – 2,5–0,5 %, тріщини на боковині шини – 4,2–3,1 % та інші дефекти – 3,3–6,4 %.

До найпоширеніших видів втомного руйнування відносяться дефекти в плечовій зоні та в області борту шини. Ці види руйнувань є наслідком експлуатаційних навантажень та порізів об бордюри та каміння.

Для визначення впливу поверхневих дефектів у вигляді порізів, які можуть виникнути через механічні пошкодження шини, а також для оцінки впливу втомних руйнувань в її елементах, на інтенсивність теплоутворень у шині, проведено результати наступних досліджень [10]. Серія експериментів проводилася на барабанному шинообкатному стенді ВАТ «Росава». Для проведення досліджень було нанесено порізи на боковині шини 205/70 R14.

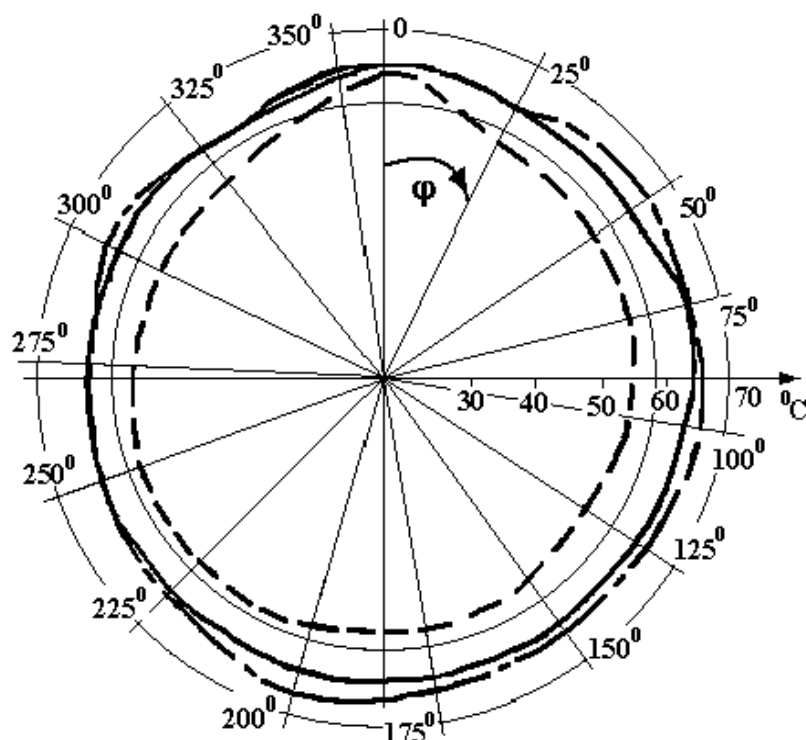


Рис. 2. Розподіл температури на поверхні шини 205/70 R 14: - - - - 80 хв. котіння; _____ – 140 хв. котіння; — · — · — · – 320 хв. котіння

Дефекти наносили зовні на поверхні шини по боковині в наступному порядку: 1-й дефект – радіальний поріз завдовжки 15 мм; 2-й дефект – поріз під кутом 45° завдовжки 15 мм; 3-й дефект – підрізана шашечка протектора у радіальному напрямку; 4-й дефект – меридіональний поріз завдовжки 15 мм. Глибина надрізу не перевищувала 2 мм. Дослідження проводилися у два етапи.

На першому етапі при параметрах навантаження, відповідних нормальним експлуатаційним, шина розганялася до швидкості 25–30 м/с і котилася протягом 20 хв. за біговим барабаном шинообкатного стенду. На другому етапі швидкість збільшили до 42 м/с. Збільшення температури в місцях дефектів, порівняно із загальною температурою в тих же зонах шини, склало 3–4 $^\circ\text{C}$. При огляді було відмічено те, що береги порізів заглиблені всередину шини. Результати досліджень представлені на рис. 3.

5. Дослідження умов державних пожежно-рятувальних частин для здійснення контролю за шинами

На безпеку руху аварійно-рятувальних автомобілів безпосередньо впливають такі регульовані фактори, як тривалість експлуатації шин та їхні конструктивні особливості. Тривалість експлуатації шин встановлюється заводом-виробником, зазначена в паспорті на шину і визначається в кілометрах пробігу шин транспортних автомобілів через зношення протектора. В аварійно-рятувальних автомобілів шини не виходять з експлуатації через зношення протектора, а значить, знаходяться в експлуатації в плинні часу довше, ніж визначено заводом-виробником. За цей час у шин накопичується багато внутрішніх пошкоджень (мікротріщин, локальних дефектів, відшарування чи розшарування шарів корда), що призводить до раптового виходу шини з експлуатації. Щоб не допустити непередбаченого виходу шин з експлуатації необхідно постійно слідкувати за їхнім станом.

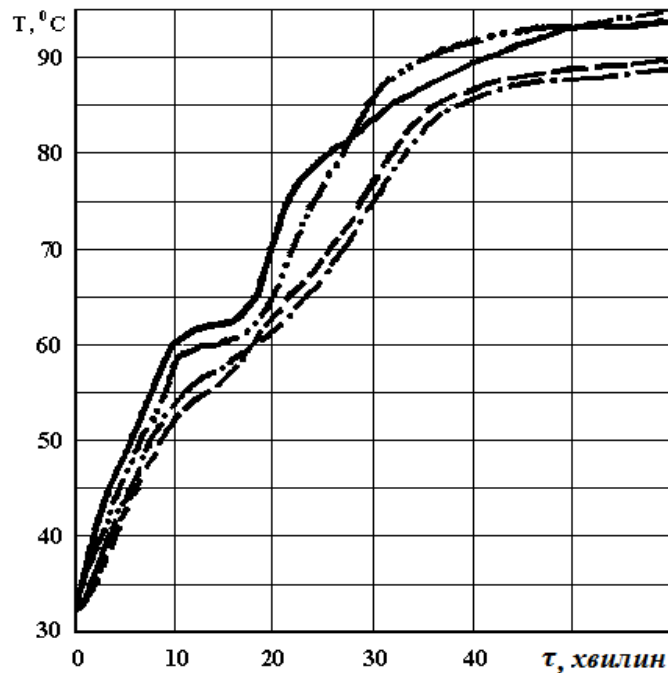


Рис. 3. Залежність температури на поверхні шини в області зовнішніх дефектів від часу її кочення на стенді при швидкості $V=25-42$ м/с: 1-го дефекту _____ (радіальний поріз довжиною 15 мм); 2-го дефекту _____ (поріз під кутом 45° завдовжки 15 мм); 3-го дефекту _____ (підрізана шашечка протектора); 4-го дефекту _____ (меридіональний поріз довжиною 15 мм)

Регулярно, під час щоденного технічного обслуговування можливо визначати зовнішнім оглядом стан шин, за допомогою шинних манометрів перевіряти їхній внутрішній тиск і доводити до норми, вилучати сторонні предмети з їх протектора, визначати зовнішні порізи, внутрішній зсув металокорда. В разі потреби, при наявності зсуву металокорду, шини перевіряти ретельніше на балансувальному станку. Під час періодичного технічного обслуговування (раз на місяць), після 20 хв. пробігу автомобіля, коли його шини розігріються, можливо визначати наявність дефектних зон. Для цього необхідно лише виміряти теплове поле шини за допомогою нескладних переносних перетворювачів, котрі працюють на основі інфрачервоного методу. Якщо перевищення температури зовнішнього теплового поля шини в одній із її зон склало $3-5$ °С, то це дає можливість стверджувати про наявність внутрішнього дефекту в шині. Після визначення цього факту шину, що перевіряємо, слід замінити, або переставити її з передньої вісі автомобіля на задню, що знизить ризик ДТП.

6. Обґрунтування особливостей експлуатації та конструкції шин аварійно-рятувальних автомобілів

Аварійно-рятувальні автомобілі, як відомо, створюються на базі транспортних автомобілів різноманітних базових пасі. Всі вони комплектуються на заводі-виробнику стандартними шинами. Ці стандартні шини розраховані під певне навантаження, відповідні швидкості руху, на обмежений період експлуатації. Умови експлуатації аварійно-рятувальних автомобілів значним чином відрізняються від умов експлуатації транспортних автомобілів, а саме: на шини постійно діє статичне навантаження від вогнегасних речовин, від аварійно-рятувального обладнання й інструменту, від ПТО. Це навантаження в 1,5 разів перевищує навантаження транспортних автомобілів; швидкості руху аварійно-рятувальних автомобілів весь час максимально можливі за різноманітних погодних умов; під час експлуатації присутні різкі рушення

з місця і різке гальмування, маневри на поворотах на високих швидкостях руху; рух не лише по дорогам з твердим покриттям; перебування шин в розлитих нафтопродуктах; перебування шин під впливом теплових випромінювань від пожежі; часті удари о бордюри та каміння, інші перешкоди; рух по склу та по гострим речам і т. ін.

З вище наведених факторів на безпеку руху аварійно-рятувальних автомобілів безпосередньо впливають такі регульовані фактори, як тривалість експлуатації шин та їхні конструктивні особливості.

Пропозицією до тривалості експлуатації шин аварійно-рятувальних автомобілів буде: знизити висоту протектора шини, що призведе: по-перше, до підвищення зчеплення шини з поверхнею дороги, особливо на віражах, поворотах та при гальмуванні; по-друге, дозволить шинам виходити з експлуатації через зношення протектора, по-третє, знизить їх загальний температурний стан, чим підвищить безпеку експлуатації автомобілів.

Пропозицією до недопущенню експлуатації шин з дефектами наступна: враховуючи, що експлуатація аварійно-рятувальних автомобілів передбачає їх технічний огляд і обслуговування, то впровадити в систему обслуговування обов'язкову перевірку стану їхніх шин за зовнішніми температурними полями.

Першою пропозицією до перевірки стану шин автомобілів буде наступна: під час щоденного технічного обслуговування зовнішнім оглядом визначати стан шин, за допомогою шинних манометрів визначати їхній внутрішній тиск і доводити до норми, вилучати сторонні предмети з їх протектора.

Експериментальними дослідженнями з визначення впливу дефектів шини на її термонапружений стан підтверджено перевищення температурного стану шини в зоні дефекту (як зовнішнього, так і внутрішнього) по відношенню до бездефектних зон в межах 3–5 °С, що дає можливість визначення за допомогою нескладних переносних перетворювачів, які працюють на основі інфрачервоного методу наявність дефектних зон.

Другою пропозицією до перевірки стану шин аварійно-рятувальних автомобілів буде наступна: під час періодичного технічного обслуговування, після 20 хв. пробігу автомобіля, можливо визначати зовнішні теплові поля його шин та робити висновки про подальшу їх експлуатацію.

Третьою пропозицією до конструкції шин аварійно-рятувальних автомобілів буде наступна: враховуючи, що шини будуть експлуатуватися в «жорстких умовах», виготовляти шини не радіальної, а діагональної конструкції.

Оскільки, радіуси виїзду аварійно-рятувальних автомобілів не перевищують 20 км, то їхні шини на розігрів не активуються до критичних температур. Виготовляти шини зі зменшеною висотою протектора, в порівнянні з шинами транспортних автомобілів, що призведе до: підвищення зчеплення шини з поверхнею дороги, особливо на віражах чи поворотах, а також під час гальмування; зменшить концентрацію напружень і дефектів в області шашок рисунка.

7. Обговорення результатів дослідження щодо впливу дефектів в елементах шини

Мета роботи вирішувалася за допомогою експериментальних досліджень шин аварійно-рятувальних автомобілів як цілих, так і з дефектами. Під час досліджень визначався вплив дефектів на зовнішні температурні поля шин, а також з'ясовувалась можливість визначення наявності дефектів в шині по її зовнішнім температурним полям.

Обговорення результатів експериментальних досліджень впливу внутрішніх дефектів шини на її термонапружений стан, представлених на рис. 1 показало, що в момент встановлення тимчасової температурної рівноваги в бездефектних зонах температура в місці дефекту продовжувала збільшуватися.

Це вказує на те, що під час розкриття берегів дефекту виділяється певна частка тепла, що і призводить до підвищення температури в зоні дефекту. Так, для шини 205/70 R14 температура в зоні дефекту склала 75 °С, що перевищило температуру, що встановилася в бездефектній зоні на тому ж шарі, в подібному місці на 25 % (рис. 1). З раніше проведених досліджень, в результаті вимірювання внутрішніх полів температур, встановлено, що з початку кочення шини барабану стенду через 9 хв. температура у зоні дефекту шини перевищувала температуру інших (бездефектних) зонах на 4–10 °С.

Обговорення результатів експериментальних досліджень впливу внутрішніх дефектів шини на її зовнішній термонапружений стан показало, що температура у зоні передбачуваного дефекту (рис. 2) перевищує основне температурне поле шини у кожному вимірі. Вимірювання проводилися через 80 хв., через 140 хв. та через 320 хв. від початку кочення шини по біговому барабані. При вимірі температури у місцях передбачуваного дефекту було зафіксовано наступне перевищення температури стосовно загального температурного стану шини: через 80 хв. кочення – 9 %; через 140 хв. кочення 16 %. Найбільше перевищення температури зафіксовано через 140 хв. кочення, а потім настала стабілізація температури.

Обговорення результатів експериментальних досліджень впливу зовнішніх дефектів шини на її термонапружений стан, представлених на рис. 3 показало, що у перші 10 хв. розігрів дефектів шини відбувається найбільш інтенсивно, форма кривої залежності температури часу на ділянці від 0 до 8 хв. прямолінійна, а час, витрачений на нагрівання дефекту, залежить від його величини та форми. Після 10 хв. кочення шини настає період її уповільненого нагрівання. Через 20 хв. кочення шини період уповільненого нагрівання змінюється інтенсивним нагріванням. Характерно, що протягом 20 хв. з початку кочення шини найбільшу інтенсивність мав перший дефект (радіальний поріз), оскільки він характеризується більшою роботою сил тертя на берегах розрізу.

Позитивними добутками роботи є те, що досліджено вплив дефектів, як зовнішніх, так і внутрішніх на експлуатаційну надійність шин. Також, досліджена можливість визначення стану шин в умовах ДПРЧ за допомогою недорогих приладів та нескладної методики проведення техогляду шин.

Мінусами роботи є те, що досліджувалися шини лише аварійно-рятувальних автомобілів, створених на базі легкових шасі. Для визначення впливу дефектів на стан шин вантажних шасі необхідно провести додаткові дослідження. Також, слід зазначити той факт, що експерименти проводилися на шинообкатному стенді з біговими барабанами ВАТ «Росава», що в сьогоденні умовах є неможливим для подальшого проведення досліджень.

Отримані результати пояснюються визначенням непередбачуваного впливу дефектів в шині, як внутрішніх так і зовнішніх, на безпеку руху аварійно-рятувального автомобіля.

Особливостями запропонованого методу визначення дефектів в шині є те, що за допомогою нескладних переносних перетворювачів, котрі працюють на основі інфрачервоного методу, можливо з'ясувати дійсний стан шини в умовах

ДПРЧ і завчасно попередити і уникнути виходу шини з експлуатації.

Серед обмежень, котрі притаманні даним дослідженням, слід зазначити ті, що результати досліджень поширюються на шини лише легкових автомобілів. Серед недоліків даного дослідження є необхідність застосування шинообкатного стенда з біговими барабанами ВАТ «Росава».

Розвиток подальших досліджень по визначенню впливу дефектів, як зовнішніх, так і внутрішніх, на експлуатаційну надійність шин може проводитись з шинами аварійно-рятувальних автомобілів, створених на шасі у вантажних автомобілів. Серед труднощів, з якими можна зіткнутися, є обладнання та стенд з біговими барабанами, без яких неможливе дослідження. Як виняток, дослідження можливо проводити на базі аварійно-рятувальних загонів, однак, в силу недостатнього фінансування це також неможливе.

8. Висновки

1. Експериментальними дослідженнями з визначення впливу внутрішніх дефектів, що утворюються в результаті злиття мікротріщин, поганої адгезії гуми з кордом або через виробничий дефект на температурні поля шини встановлено, що у місцях передбачуваного дефекту було зафіксовано перевищення стосовно загального температурного стану шини і становило: через 80 хв. кочення – 9 %; через 140 хв. кочення – 16 %. Ці дослідження дозволяють приймати рішення по необхідності контролю за температурним станом шини. Експериментальними дослідженнями з визначення впливу зовнішніх дефектів, котрі утворюються через порушення правил експлуатації шин, встановлено, що у інтервалі часу 10–20 хв. з початку кочення шини зі швидкістю руху понад 30 м/с за її поверхневими температурними полями можна судити про наявність та величину дефектів. Перевищення температури у зоні дефекту щодо інших зон, становило трохи більше 5 %.

2. Експериментальними дослідженнями з визначення впливу дефектів шини на її термонапружений стан підтверджено перевищення температурного стану шини в зоні дефекту (як зовнішнього, так і внутрішнього) по відношенню до бездефектних зон в межах 3–5 °С, що дає можливість здійснювати контроль за шинами в умовах державних пожежно-рятувальних частин за допомогою нескладних переносних перетворювачів «Пірометрів».

3. Для зниження небезпеки передчасного виходу радіальних шин з експлуатації в результаті перевищення теплового стану і руйнування їх конструкції пропонується проводити обов'язкові техогляди шинам з періодичною перевіркою їхніх температурних полів і робити висновки про подальшу можливість експлуатації шин та комплектувати аварійно-рятувальні автомобілі шинами з наступними конструктивними особливостями:

– по-перше, шинами не радіальної, а діагональної конструкції, оскільки шини будуть експлуатуватися в «жорстких умовах» та на незначні відстані, що не перевищують 20 км. Оскільки радіуси виїзду аварійно-рятувальних автомобілів незначні, то їхні шини не встигатимуть розігрітися до критичних температур;

– по-друге, шинами зі зменшеною висотою протектора, в порівнянні з шинами транспортних автомобілів, що призведе до: підвищення зчеплення шини з поверхнею дороги, особливо на віражах чи поворотах, а також під час гальмування; дозволить шинам виходити з експлуатації через зношення протектора та зменшить концентрацію внутрішніх дефектів.

Література

1. Behnke R., Kaliske M. Termo-mechanically coupled investigation of steady state rolling tires by numerical simulation and experiment. *International journal of non-linear mechanics*. 2015. Vol. 68. P. 101–131. doi: 10.1016/j.ijnonlinmec.2014.06.014
2. Integrated dynamic sand efficiency optimization for EVs *Vehicle dynamics international*. 2019. P. 38–39. doi: 10.1002/asjc.1686
3. Pozhydayew. S. Utochnennya ponyattya momentu syly u mekhanitsi. Clarification of the concept of force moment mechanics. *Avtoshlyakhovyk Ukrainy*. P. 21–25. doi: 10.30977/AT.2219-8342.2019.44.0.21
4. Wheel slip control for decentralized EVs. *Vehicle dynamics international*. 2019. P. 24–26.
5. Adjustment for temperature adjustment in pneumatic tires: pat. 82321 Ukraine. IPC (2013.01) B60C 23/00. № u201302439, zaiavl. 02.26.2013; opubl. 07.25.2013, Bul. 14.
6. Burennikov Y., Burennikov jr. A., Dobrovolsky and other. Business process improvement of small motor transport enterprises. *Bulletin of the polytechnic institute of Iasi*. 2011. Tomul LVII (LXI), Fasc. 2. P. 237–243. doi: 10.1080/00207543.2011.645954
7. Dong-Hyun Y., Beom-Seon J., Ki-Ho Y. Nonlinear finite element analysis of failure modes and ultimate strength of flexible pipes. 2017. *Marine Structures*. Vol. 54. P. 50–72. doi:10.1016/j.marstruc.2017.03.007
8. Haseeb A., Jun T., Fazal M., Masjuki H. Degradation of physical properties of different elastomers upon exposure to palm biodiesel. 2011. *Energy*. Vol. 36. № 3. P. 1814–1819. doi: 10.1016/j.energy.2010.12.023
9. Cho J., Yoon Y. Large deformation analysis of isotropic rubber hose along cyclic path by homogenization and path interpolation methods. *Journal of Mechanical Science and Technology*. 2016. Vol. 30. № 2. P. 789–795. doi: 10.1007/s.12206-016-0134-5
10. Larin O. Probabilistic fatigue damage accumulation in rubber like materials. *Strength of Materials*. 2015. Vol. 47. № 6. P. 849–858. doi: 10.1007/s11223-015-9722-3
11. Jacobson B. *Vehicle dynamics*. Chalmers University of Technology. 2016.
12. Коханенко В. Б., Качур Т. В., Рагімов С. Ю. Вплив конструкції шини на безпеку руху аварійно-рятувального автомобіля. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2021. Вип. 33. С. 267–277.

*V. Kokhanenko, PhD, Associate Professor, Lecturer of the Department
S. Ragimov, PhD, Associate Professor, Lecturer of the Department
National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

THE INFLUENCE OF TIRE DEFECTS ON TRAFFIC SAFETY EMERGENCY RESCUE CAR

Modern emergency and rescue vehicles, like all others, are equipped with tires of radial design with a metal cord in the breaker. It was determined that the number of premature and unpredictable exits of such tires from operation due to the destruction of the shoulder zone and delamination in the breaker has increased. Since emergency and rescue vehicles are constantly in operational readiness (they are loaded with fire-extinguishing substances, special tools and equipment during the entire period of operation), and when called, they move at maximum speed, their tires are also in extreme operation mode. Emergency and rescue vehicles are equipped with serial tires. But, firstly, emergency rescue vehicles significantly exceed the limits of operating modes, and secondly, in the course of time, they do not reach

the standard tire mileage. So, on the outside, the tires have a fairly deep tread pattern, but inside they have accumulated many defects, which leads to their premature retirement, which is unacceptable. In order to realize the resource of the tread before complete wear and increase the reliability of operation of tires of emergency and rescue vehicles, it is necessary to determine the reasons for the premature retirement of tires. When investigating the causes of tire failure, it was established that the presence of defects, both internal and external, worsens heat dissipation from the frame and from all layers of the tire. These phenomena lead to the unexpected sudden exit of tires from operation. Reasoned proposals for the design of emergency and rescue vehicle tires. On the basis of research, it is proposed to equip emergency rescue vehicles with tires of a special design, which is provided in the work. The obtained data will increase the reliability and safety of the movement of emergency and rescue vehicles when following them to the place of the call.

Keywords: emergency rescue vehicle, pneumatic tire, temperature distribution, defects, reliability, safety

References

1. Behnke, R., Kaliske, M. (2015). Thermo-mechanically coupled investigation of steady state rolling tires by numerical simulation and experiment. *International journal of non-linear mechanics*, 68, 101–131. doi: 10.1016/j.ijnonlinmec.2014.06.014
2. Integrated dynamic sand efficiency optimization for EVs. *Vehicle dynamics international*. (2019). 38–39. doi: 10.1002/asjc.1686
3. Pozhydayew, S. (2018). Utochnennya ponyattya momentu syly u mekhanitsi. Clarification of the concept of force moment in mechanics. *Avtoshlyakhovyk Ukrainy*, 21–25. doi: 10.30977/AT.2219-8342.2019.44.0.21
4. Wheel slip control for decentralized EVs. *Vehicle dynamics international*. (2019), 24–26.
5. Adjustment for temperature adjustment in pneumatic tires: pat. 82321 Ukraine. IPC (2013.01) B60C 23/00. № u201302439, zaiavl. 02.26.2013; opubl. 07.25.2013, Bul. 14.
6. Burennikov, Y., Burennikov jr, A., Dobrovolsky and other. (2011). Business processes perfection of small motor transport enterprises. *Bulletin of the polytechnic institute of Iasi. Tomul LVII (LXI), Fasc, 2, 237–243*. doi: 10.1080/00207543.2011.645954
7. Dong-Hyun, Y., Beom-Seon, J., Ki-Ho, Y. (2017). Nonlinear finite element analysis of failure modes and ultimate strength of flexible pipes. *Marine Structures*, 54, 50–72. doi: 10.1016/j.marstruc.2017.03.007
8. Haseeb, A., Jun, T., Fazal, M., Masjuki, H. (2011). Degradation of physical properties of different elastomers upon exposure to palm biodiesel. *Energy*, 36, 3, 1814–1819. doi: 10.1016/j.energy.2010.12.023
9. Cho, J., Yoon, Y. (2016). Large deformation analysis of anisotropic rubber hose along cyclic path by homogenization and path interpolation methods. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 30, 2, 789–795. doi: 10.1007/s.12206-016-0134-5
10. Larin, O. (2015). Probabilistic fatigue damage accumulation in rubberlike materials. *Strength of Materials*, 47, 6, 849–858. doi: 10.1007/s11223-015-9722-3
11. Kokhanenko, V. B., Kachur, T. V., Ragimov, S. Yu. (2021). Influence of tire design on traffic safety of emergency rescue vehicle. *Bulletin of the National University of Civil Defence of Ukraine. Problems of Emergencies*, 33.

Надійшла до редколегії: 19.04.2022

Прийнята до друку: 16.06.2022