

УДК 629.113.012.5.004.6

*В. Б. Коханенко, к.т.н., доцент, викл. каф. (ORCID 0000-0001-5555-5239)**Т. В. Качур, к.т.н., ст. викл. каф. (ORCID 0000-0002-1683-956X)**С. Ю. Рагімов, к.т.н., доцент, викл. каф. (ORCID 0000-0002-8639-3348)**Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна*

## ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ ШИНИ НА БЕЗПЕКУ РУХУ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЯ

Сучасні аварійно-рятувальні автомобілі комплектуються шинами радіальної конструкції з металокордом в брекері. Однак таким шинам притаманні передчасні і непередбачувані виходи з експлуатації. Виходять з експлуатації 50-70% шин, що не дозволяє реалізувати ресурс шини по зношенню протектора. З метою реалізації ресурсу протектора до повного зношення та підвищення надійності експлуатації шин аварійно-рятувальних автомобілів необхідно визначити причини передчасного виходу шин з експлуатації. Вирішення цього питання привело до вивчення розподілу температури в елементах пневматичної шини, а також визначення впливу конструкції шини на працездатність і надійність аварійно-рятувального автомобіля. При дослідженні причин виходу шин з експлуатації встановлено, що наявність екрану погіршує тепловідвід з каркаса і з усіх шарів шини, чим підвищує їх термонапружений стан. Найбільш термонапруженим є другий шар брекера. Визначено, що наявність рисунка на протекторі покращує умови відводу тепла від шини, в середньому на 30%, перш за все, за рахунок збільшення площі поверхні тепловіддачі. Ці дослідження підтверджують необхідність застосування універсальної форми рисунка протектора для шин аварійно-рятувальних автомобілів. В результаті досліджень встановлено, що навіть при дотриманні правил експлуатації і норм технічного обслуговування можливо підвищити надійність і безпеку руху аварійно-рятувальних автомобілів. На підставі досліджень для збільшення працездатного стану шин пропонується комплектувати аварійно-рятувальні автомобілі шинами спеціальної конструкції. Обґрунтовані пропозиції по конструкції шин аварійно-рятувальних автомобілів. Отримані дані збільшать надійність та безпеку руху аварійно-рятувальних автомобілів при слідуванні до місця виклику.

**Ключові слова:** аварійно-рятувальний автомобіль, пневматична шина, діагональна конструкція, кромки брекера, розподіл температури, надійність

### 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 з різномірних, 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 по таким дефектам 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 переглянути конструкцію 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 попередження передчасного виходу шин з експлуатації.

## 2. Аналіз літературних даних та 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.

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, в роботі 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.

Питання міцності каркасу шин спеціальних автомобілів та аварійно-рятувальних не розглядаються. Отже необхідно визначити вплив конструктивних особливостей шини на режими експлуатації аварійно-рятувальних автомобілів.

З [7] випливає, що шину можливо представити як гнучку поверхню та нелінійними кінцевими елементами описати процес взаємодії шини з дорогою. Однак умови експлуатації шини розглядаються звичайні, без перевантажень, котрі притаманні аварійно-рятувальним автомобілям.

На підставі даних в роботі [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 розглядається.

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

Тому постала необхідність у визначенні впливу конструктивних елементів шини на її термонапружений стан, його зниження, а значить підвищення безпеки експлуатації аварійно-рятувальних автомобілів.

### **3. Мета та завдання дослідження**

Метою дослідження є визначення впливу конструктивних елементів шини на безпеку руху аварійно-рятувальних автомобілів.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- провести експериментальні дослідження з визначення впливу екрануючого шару на термонапружений стан шини;
- провести експериментальні дослідження з визначення впливу рисунка протектора на відведення тепла з гумового масиву шини;
- обґрунтувати пропозиції до конструкції шин аварійно-рятувальних автомобілів.

### **4. Дослідження впливу конструктивних елементів шини на 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, 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».

### **5. Результати впливу конструктивних елементів шини на термонапружений стан**

#### **5.1. Результати впливу екрануючого шару на термонапружений стан шин**

Найбільша температура в шині очікувалася по її центру, оскільки в зоні контакту шини з поверхнею дороги, де утворюються найвищі температури, а також на краях брекера, а саме в місцях з'єднання брекера з боковиною шини, де спостеріга-

ється дуже багато випадків розшарування гуми. Тому датчики для вимірювання температур – термопари встановлювалися на краях брекера і в центрі шини [5].

Для проведення експерименту були зібрані такі шини: 175/70 R 13 моделі Бл 85 і моделі Ех 85, а також 205/70 R14 моделі ВД 220 як з екрануючим шаром, так і без нього. Навантажувальні параметри відповідали експлуатаційним умовам навантаження шини (табл. 1).

Тиск в шинах було вибрано нормативним, а швидкість підтримувалася середньої з встановлених меж для даних моделей шин.

Табл. 1. Навантажувальні параметри досліджуваних шин

№ з/п	Типорозмір шини	Тиск повітря в шині, МПа	Навантаження, кН	Швидкість кочення по біговому барабану, м/с
1	175 / 70 R 13	0,2	4,5	10...25
2	205 / 70 R 14	0,21	5,0	10...25

Навантаження ж вибиралося як максимальне з тією метою, щоб визначити в шині максимально можливу температуру в «небезпечних» зонах, і по ній судити про очікувані ресурси шини. Як відомо, тепловий стан шини залежить від властивостей її матеріалів, її конструкції, режиму роботи і тепловідведення в навколишнє середовище. Значить, за величиною температури елементів шини можна прогнозувати її працездатність.

Імовірно, що в шинах, які мають екрануючий шар, температурний стан буде вище на першому шарі брекера, в порівнянні з шинами без нього, тому що екрануючий шар перешкоджає тепловіддачі шини через протектор в навколишнє середовище, що і підвищує її термонапружений стан 1-го шару.

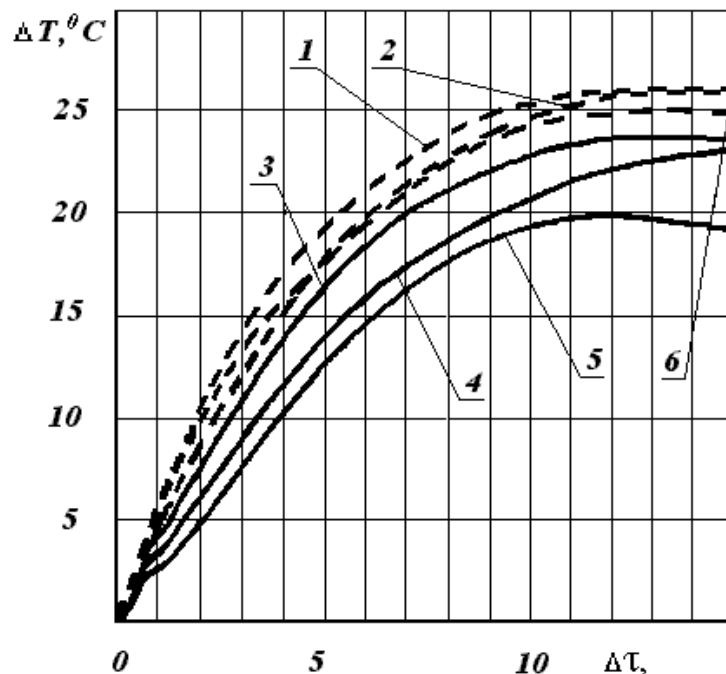


Рис. 1. Прирости температури першого шару різних шин: 1, 4 – шини 185/65 R14 Бл 85; 2, 3 - шини 205/70 R14 моделі ІД 220; 5, 6 - шини 185/70 R14 моделі Ех 85; \_\_\_\_\_ – шина без екрану; - - - - - шина з екраном шар

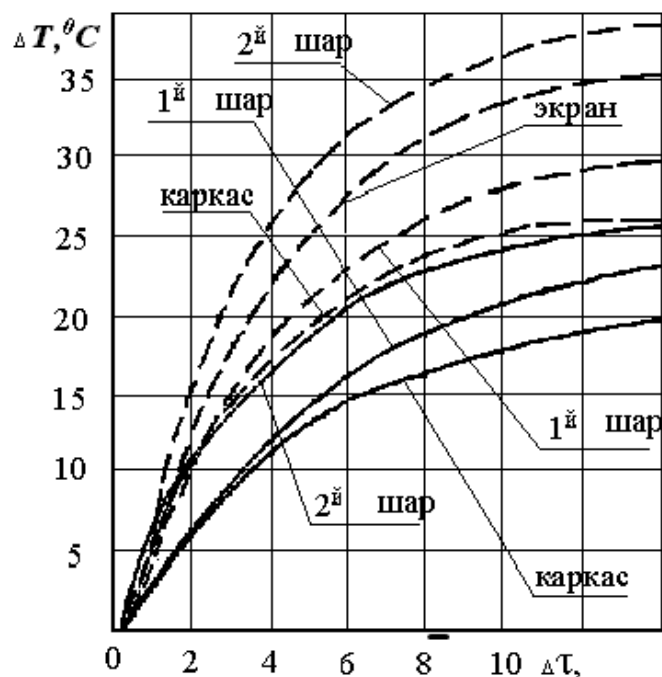


Рис. 2. Інтенсивність теплоутворення внутрішніх шарів шини 185/65 R14 Бл 85: — без екрану; - - - з екраном

З графіків на цьому рис. 2 бачимо, що в цілому, наявність екрану погіршує температурний стан шини.

## 5.2. Результати досліджень впливу рисунка шини на її термонапружений стан

У даному експерименті досліджувався вплив рисунка протектора на термонапружений стан шини. Вплив самої форми рисунка протектора на довговічність шини детально розглядалося в роботі [6]. Місця вимірювання температури як всередині шини, так і на її поверхні, представлені раніше [5].

Для проведення досліджень були зібрані як серійна шина 185/65 R14 Бл 85, так і така ж по конструкції шина, але без рисунка на її протекторі [7–9]. Результати досліджень представлені на рис. 3.

Навантажувальні параметри відповідали напруженню шини в умовах експлуатації: тиск повітря – 0,2 МПа, швидкість кочення по біговому барабану підтримувалася в межах – 10 ... 20 м / с (відповідна міському циклу їзди) і навантаження – 4,5 кН. Тиск в шинах відповідало нормальному, а навантаження вибиралася граничною для даного типу шин з тією метою, щоб визначити в шині максимально можливу температуру в «небезпечних» зонах і по ній судити про подальшу можливість її експлуатації.

Отримані результати, представлені на рис. 3, свідчать про те, що при наявності рисунка на протекторі поліпшуються умови відводу тепла від шини, так як величина гумового масиву протектора знижується, а площа поверхні тепловіддачі шини збільшується за рахунок наявності шашечок протектора. Так, відсутність рисунка на протекторі погіршило тепловідвід з гуми в навколишнє середовище в такий спосіб: на крайках першого шару на – 27%; в центрі першого шару на – 5%; на крайках другого шару на – 46%; на крайках екрана на – 14%. Більш термонапруженого у шини 175/70 R13 Бл-85 є перший шар брекера. Розподіл температур на поверхні шин наведено в табл. 2.

Табл. 2. Розподіл температур на поверхні шин

№ з/п	Місця заміру температури	Шина 185/65 R 14 без рисунка протектора, °C	Шина 185/65 R 14 серійна, °C
1	Центр протектора	41,0	37,5
2	Крайки протектора	43,5	39,0
3	Боковина	46,0	43,0

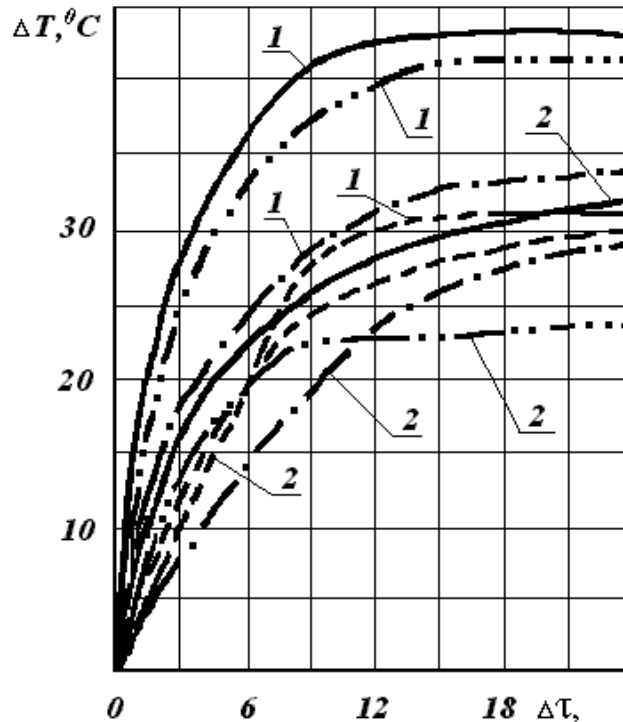


Рис. 3. Інтенсивність теплоутворення в шинах 185/65 R14 Бл-85: 1 – шина без рисунка на протекторі; 2 – шина з рисунком на протекторі; \_\_\_\_\_ – на крайках першого шару; \_\_\_\_\_ – в центрі першого шару; \_\_\_\_\_ – на крайках екрана; \_\_\_\_\_ – на крайках другого шару

### 5.3. Обґрунтування конструкції шин аварійно-рятувальних автомобілів

Аварійно-рятувальні автомобілі, як відомо, створюються на базі транспортних автомобілів різноманітних базових шасі. 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 й більше разів перевищує навантаження транспортних автомобілів;
- швидкості руху аварійно-рятувальних автомобілів весь час максимально можливі за різноманітних погодних умов;
- під час експлуатації присутні різкі рушіння 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, о каміння та інші перешкоди;
- рух по склу та по гострим речам і таке інше.

З вище наведених факторів 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 та зазначена в паспорті на шину. Тривалість експлуатації визначається в кілометрах пробігу шин транспортних автомобілів та відбувається через зношення протектора. В аварійно-рятувальних автомобілів свій режим експлуатації, який не дозволяє мати такі пробіги, як у транспортних автомобілів. Отже, 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 (мікротріщини, локальних дефектів, відшарування чи розшарування шарів корда), що призводить до раптового не попередженого виходу шини з експлуатації.

Пропозицією до тривалості експлуатації шин аварійно-рятувальних автомобілів буде наступна: знизити висоту протектора шини, що призведе до: - поперше, підвищення зчеплення шини з поверхнею дороги, особливо на віражах, поворотах та при гальмуванні; - по-друге, дозволить шинам виходити з експлуатації через зношення протектора.

Конструктивні особливості шини безпосередньо впливають на безпеку руху аварійно-рятувальних автомобілів. Встановлено, що наявність екрану погіршує тепловідвід з каркаса і з усіх шарів шини, чим підвищує їх термонапружений стан. Найбільш термонапруженим є другий шар брекера, так як його приріст температури в 1.6 рази перевищив приріст температури інших елементів шини.

Першою пропозицією до конструкції шин аварійно-рятувальних автомобілів буде наступна: враховуючи, що шини будуть експлуатуватися по дорогам з твердим покриттям, виготовляти шини без екрануючого шару.

Експериментальними дослідженнями з визначення впливу рисунка протектора на відведення тепла з гумового масиву шини встановлено, що наявність рисунка на протекторі покращує умови відводу тепла від шини, в середньому на 30%, перш за все, за рахунок збільшення площі поверхні тепловіддачі.

Другою пропозицією до конструкції шин аварійно-рятувальних автомобілів буде наступна: враховуючи, що шини будуть експлуатуватися в різноманітних погодних умовах, виготовляти шини з універсальним рисунком протектора.

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 не встигатимуть розігрітися до критичних температур.

## **6. Обговорення впливу конструктивних елементів шини на її термонапружений стан**

Обговорення результатів експериментальних досліджень впливу екрануючого шару шини на її термонапружений стан, представлених на рис. 1, показало, що через 12 хвилин з початку кочення найменшим приріст температури виявився у шини 185/65 R14 моделі Ех 85 без екрану, а саме 20 °С, а найбільшим – у шини 185/65 R14 моделі Бл 85 з екраном – 26 °С.

Як видно з графіків, інтенсивність наростання температури в шині протягом перших двох хвилин має лінійну залежність від часу. Причому, у кожній шині є свій кут нахилу прямої [4–6]. Так, у шини 185 / 65R14 моделі Бл 85 з екраном він був найбільший, досягнувши 69 °С, а у шини 185/65 R14 моделі Ех 85 без екрану – найменший, склавши 51 °С.

Наступ тимчасової температурної стабілізації у різних шин відбувається не одночасно. У шини 185/65 R14 моделі Бл 85 з екраном – на 13 хв. кочення; у шини 205/70 R14 моделі ИД 220 з екраном – на 14 хв.; у шини 205/70 R14 моделі ИД 220 без екрану – на 13 хв.; у шини 185/65 R14 моделі Бл 85 без екрану – на 15 хв.; у шини 185/70 R14 моделі Ех 85 без екрану – на 12 хв.; у шини 185/70 R14 моделі Ех 85 з екраном – на 11 хв. Для визначення впливу екрануючого шару на температурний стан каркаса і другого шару шини проводилися наступні дослідження з шинами 185/65 R14 Бл 85 з екраном, і без нього.

Обговорення результатів експериментальних досліджень впливу екрануючого шару шини на її термонапружений стан, представлених на рис. 2 та 3 показало, що екран затримує тепловідвід як на каркасі, так і на всіх шарах шини. При цьому найбільш термонапруженого є другий шар. Приріст температури на ньому в 1,6 рази перевищив приріст інших елементів шини. Як видно з графіків, інтенсивність приросту температури на каркасі шини, як з екраном так і без нього, нижче, ніж на інших шарах брекера. Це підтверджує те, що з каркаса тепловідвід йде як на поверхню шини, так і через її внутрішню частину (камеру або гермослой), в обід і диск колеса, а потім в навколишнє середовище. Перевищення приросту температури у шини з екраном, по відношенню до шини без екрану, склало відповідно: у шини 185/65 R14 моделі Бл 85– 12%; у шини 185 / 70 R14 моделі Ех 85– 20%; у шини 205/70 R14 ИД220 – 8%. З наведеного випливає, що застосування екрануючого шару має найбільший вплив на термонапружений стан першого шару брекера шини 185/70 R14 моделі Ех 85.

Таким чином, конструктивні зміни в шині, виражені заміною матеріалу екрануючого шару (аж до його видалення), будуть впливати безпосередньо на її загальний термонапружений стан. Це, в свою чергу, позначиться на зміні опору коченню шини, а значить і на витраті палива, а також на довговічності шини в цілому.

Обговорення результатів експериментальних досліджень впливу рисунка протектора шини на її термонапружений стан показало, що на першому шарі інтенсивність наростання температури на крайках брекера шини перевищила інтенсивність наростання температури по його центру на 30% у шини без рисунка протектора і на 6% - у шини з рисунком протектора. Це пояснюється тим, що в центрі шини тепловідвід відбувається не тільки за рахунок її обдування, а й за рахунок відведення тепла в контакт з опорною поверхнею дороги (барабана). Інтенсивність наростання температури по першому шару шини перевищує інтенсивність наростання температури по її екрану: на 24% у шини без рисунка протектора і на 9% – у шини з рисунком протектора.

На другому шарі, відповідно, вона перевищує інтенсивність наростання температури по її екрану: на 5% у шини без рисунка протектора і на 27% – у шини з рисунком протектора. Це пояснюється тим, що з кромки екрану тепло встигає швидше вийти на поверхню шини, а потім, в навколишнє середовище, ніж з другого і першого її шарів. Результати вимірювань поверхневої температури представлені в табл. 2. З результатів проведених досліджень випливає, що відсутність рисунка на протекторі шини призводить до підвищення її температури. Це підвищення



склало: на крайках протектора шини – 10%; по центру протектора – 9%; по боковині – 4%. Більш висока температура виявилася розташованою по боковині шини.

Це пояснюється тим, що боковина шини більше всіх інших її елементів схильна до циклічного деформування, а оскільки охолодження шини відбувається, в основному, за рахунок конвекції, то це сприяє підвищенню температури на боковині шини [8].

## 7. Висновки

1. Експериментальними дослідженнями з визначення впливу екрануючого шару на термонапружений стан шини встановлено, що наявність екрану погіршує тепловідвід з каркаса і з усіх верств шини, чим підвищує їх термонапружений стан. Найбільш термонапруженим є другий шар брекера, так як його приріст температури в 1.6 рази перевищив приріст температури інших елементів шини. Ці дослідження дозволяють приймати рішення по зміні конструкції шини, а саме вилучення з конструкції екрана, з метою зниження теплоутворення в масиві шини.

2. Експериментальними дослідженнями з визначення впливу рисунка протектора на відведення тепла з гумового масиву шини встановлено, що наявність рисунка на протекторі покращує умови відводу тепла від шини, в середньому на 30%, перш за все, за рахунок збільшення площі поверхні тепловіддачі. Ці дослідження підтверджують необхідність застосування універсальної форми рисунка протектора. Оскільки форма рисунка протектора впливає не лише на зчеплення шини з поверхнею дороги, але й на відвод тепла внутрішнього масиву шини.

3. Для зниження небезпеки передчасного виходу радіальних шин з експлуатації в результаті руйнування її конструкції пропонується комплектувати аварійно-рятувальні автомобілі шинами з наступними конструктивними особливостями:

- по-перше, не радіальної, а діагональної конструкції;

- по-друге, з універсальним рисунком протектора;

- по-третє, без екрануючого шару;

- і останнє, зі зменшеною висотою протектора в порівнянні з шинами транспортних автомобілів.

## Література

1. Behnke R., Kaliske M., Thermo-mechanically coupled investigation of steady state rolling tires by numerical simulation and experiment // International journal of non-linear mechanics. 2015. V. 68. P. 101–131. doi:10.1016/j.ijnonlinmec.2014.06.014

2. Integrated dynamics and 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 in mechanics] Avtoshlyakhovyk Ukrainy. 2018. 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. Larin O., Vinogradov S., Kokhanenko V., Pat. 82321 Ukraine, IPC (2013.01) B60C 23/00. Adjustment for temperature adjustment in pneumatic tires / applicant and patent holder of the National University of Civil Society of Ukraine. № u201302439, application no. 02/26/2013; publ. 07.25.2013, Bul. № 14.

6. Burennikov Y. U., Dobrovolsky A. Business processes perfection 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. *Marine Structures*. 2017. № 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. *Energy*. 2011. № 36(3). P. 1814–1819. doi:10.1016/j.energy.2010.12.023
9. Cho J., Yoon Y. Large deformation analysis of anisotropic rubber hose along cyclic path by homogenization and path interpolation methods. *Journal of Mechanical Science and Technology*. 2016. № 30(2). P. 789–795. doi:10.1007/s.12206-016-0134-5
10. Larin O. Probabilistic of fatigue damage accumulation in rubberlike materials. *Strength of Materials*. 2015. № 47(6). P. 849–858. doi:10.1007/s11223-015-9722-3
11. Jacobson B. *Vehicle dynamics*. Chalmers University of Technology. 2016.

*V. Kokhanenko, PhD, Associate Professor, Lecturer of the Department*

*T. Kachur, PhD, Senior Lecturer of the Department*

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

## INFLUENCE OF TIRE DESIGN ON SAFETY EMERGENCY RESCUE VEHICLE MOVEMENT

The issue of improving the safety of rescue vehicles to the place of call at the highest possible speeds is considered. It is well known that modern cars and trucks are equipped with radial design tires with steel cord in the breaker. Their improper operation (driving on a bad road at high speeds, constant tire overload, tire striking the curb, getting the tire into recesses) leads to the detachment of the metal cord in the rubber mass of the tire and the creation of a wavy surface of the sidewall of the tire. Safe operation of tires with such a defect is not possible. The solution to this issue led to the study of the problem of temperature distribution in the elements of a pneumatic tire, as well as to the study of the influence of tire design on the performance and reliability of an emergency vehicle. Experimental dependences of the temperature distribution in various elements of the tire are presented. It was established that the use of steel cord tires on emergency vehicles leads to their premature decommissioning due to fatigue damage at the edges of the belt, and not due to tread wear. Also considered is the problem of increasing the thermal stress in the shoulder area of a pneumatic tire of a radial structure with a metal cord in the breaker associated with the use of a shielding layer. Experimental dependences of the temperature distribution in various elements of the tire with and without a shielding layer are given. It is proposed to increase the safety of rescue vehicles to the place of call at the highest possible speeds to equip them with tires of a special design. The design of tires for rescue vehicles must meet the following requirements: have a diagonal design, do not have a shielding layer, the tread height should be less than that of conventional tires. This will allow the tires to go out of service due to tread wear, and not due to fatigue damage.

**Keywords:** rescue vehicle, pneumatic tire, diagonal design, breaker edges, temperature distribution, premature decommissioning

### 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 dynamics and 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*. I.P., 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. Larin, O., Vinogradov, S., Kokhanenko, V., Pat. 82321 Ukraine, IPC (2013.01) B60C 23/00. Adjustment for temperature adjustment in pneumatic tires / applicant and patent holder of the National University of Civil Society of Ukraine. № u201302439, application no. 02/26/2013; publ. 07.25.2013, Bul, № 14.
6. Burennikov, Y., Dobrovolsky, A. (2011). Business processes perfection of small motor transport enterprises // Bulletin of the polytechnic institute of Iasi. Tomul LVII (LXI), 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 of fatigue damage accumulation in rubberlike materials. *Strength of Materials*, 47, 6, 849–858. doi:10.1007/s11223-015-9722-3
11. Jacobson B. (2016). Vehicle dynamics. Chalmers University of Technology.

Надійшла до редколегії: 11.02.2021

Прийнята до друку: 15.04.2021