

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

В. С. Коломієць, викл. каф. (ORCID 0009-0001-4058-4026)

ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ ТА СТАНУ ШИНИ НА БЕЗПЕКУ РУХУ ПОЖЕЖНИХ АВТОЦИСТЕРН

У зв'язку з теперішнім становищем в Україні, підрозділам Державної служби України з надзвичайних ситуацій приходиться здійснювати більше виїздів на пожежних автоцистернах для виконання дій за призначенням. Встановлено, що сучасні пожежні автоцистерни комплектуються шинами радіальної конструкції і, що останнім часом збільшилася кількість передчасних виходів з експлуатації саме таких шин. Передчасне припинення експлуатації шин може призвести, насамперед, до можливої загибелі людей на пожежі, збільшення матеріальних збитків і, навіть, до дорожньо-транспортної пригоди. З метою недопущення передчасного і непередбачуваного виходу шин з експлуатації необхідно визначити причини їх відмов та розробити пропозиції по вдосконаленню конструкції шин пожежних автоцистерн. Встановлено, що найбільш навантаженими у температурному відношенні є шари каркасу та брекера шини. Саме через руйнування плечової зони і розшарувань в брекері шини пожежних автоцистерн передчасно виходять з експлуатації. За допомогою експериментальних досліджень визначено кращу схему укладки брекера і борта шини. Проведено аналіз характерних пошкоджень шин пожежних автоцистерн та визначено їх основні причини. Визначено, що з такими пошкодженнями подальша експлуатація шин не припустима. В результаті досліджень також встановлено, що навіть при дотриманні правил експлуатації і норм технічного обслуговування можливо значно підвищити надійність і безпеку руху пожежних автоцистерн. На підставі досліджень пропонується комплектувати пожежні автоцистерни шинами спеціальної конструкції. Обґрунтовані пропозиції до конструкції шин пожежних автоцистерн. Отримані дані зменшать вірогідність виходу шин з експлуатації та, завдяки їх своєчасному планово-попереджувальному технічному обслуговуванню, збільшать надійність та безпеку руху пожежних автоцистерн.

Ключові слова: пожежні автоцистерни, шина, радіальна конструкція, кромки брекера, розподіл температури, надійність, безпека руху

1. Вступ

Серед основної пожежної техніки загального призначення лишається найбільш розповсюдженою пожежна автоцистерна АЦ 40(130) 63Б. На сьогодні, не тільки сучасні пожежні автоцистерни, але й автоцистерни на шасі ЗІЛ–130 комплектуються шинами радіальної конструкції з металокордом в брекері. Таким шинам притаманні передчасні і непередбачувані виходи з експлуатації. За статистикою, серед шин такої конструкції виходять з експлуатації через зміщення брекера, розшарування брекера і відшарування протектора до 50–70 %, що не дозволяє реалізувати ресурс шини по зношенню протектора. Сучасні автомобільні шини та шини пожежних автоцистерн, в тому числі, мають відповідати таким вимогам, як надійне зчеплення з дорожнім покриттям, еластичність, термостійкість, мінімальні втрати енергії на внутрішнє тертя (а отже мінімальне теплоутворення), відносно невелика маса, а також специфічним вимогам, які залежать від ваги та призначення автомобіля. При цьому шини пожежних автоцистерн більшість часу знаходяться в очікуванні, під постійним впливом статичного навантаження (пожежно-технічне обладнання, вогнегасні засоби, спеціальне обладнання, інструмент та знаряддя) а під час виконання дій за призначенням – під впливом теплового випромінювання, дії відкритого полум'я, взаємодії з агресивними речовинами (піноутворювач, нафтопродукти, тощо) та гострими предметами (бите скло, арматура уламки цегли і бетону).

До сьогодні ще ні один виробник шин на Україні не виготовляв їх окремо для пожежних автоцистерн, не зважаючи на те, що вимоги до них сформульовані вже давно. Вплив часу вимоги до шин пожежних автоцистерн ще більше зростають та становляться жорсткіше. А саме, з пожежної автоцистерни створюють муніципальний аварійно-рятувальний автомобіль, який крім основного завдання – гасіння пожеж, повинен виконувати рятувальні роботи, спеціальні та інші невідкладні роботи. Це значить, що навантаження на шини зросте більше, умови експлуатації цих автомобілів зміняться не в кращу сторону.

Тому, забезпечення надійності та недопущення непередбачуваного виходу з ладу шин пожежних автоцистерн в процесі їх експлуатації є актуальною проблемою.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

В роботі [1] наведені результати досліджень інтенсивності теплоутворення, що визначається режимом навантаження матеріалу та істотно відрізняється в різних точках шини. В цій роботі досліджено, що найбільша кількість теплоти виділяється в плечовій зоні шини, а саме на крайках брекера шини. Також в [1] встановлено, що теплові поля шин формуються під дією наступних факторів:

- теплоутворення за рахунок тертя між конструктивними елементами шини (каркас, брекер, протектор);

- теплових потоків у товщі шини між ділянками з різним ступенем розігрівання;

- охолодження поверхні шини зустрічним потоком повітря.

Однак, в цій роботі не розглянуто питання по-елементного впливу конструктивних елементів шини на її загальний температурний стан.

В роботі [2] встановлено, що в певних умовах експлуатації температура характеризує напруженість елементів даної шини. Так, при підвищенні швидкості кочення шини 260–508R до 100 км/год, при нормальному навантаженні 18600 Н й внутрішньому тиску повітря $q=0,6$ МПа температура центра брекера підвищується до 120 °С, а кромки брекера до 140 °С. Однак, в роботі не розглянуто питання кочення шини з перенавантаженням, оскільки це притаманно пожежним автоцистернам і є дуже важливим питанням.

Експериментальні дослідження роботи [3] показують, що майже половина всіх втрат енергії припадає на частку протектора. Тому гістерезисні характеристики гуми протектора мають першочергове значення. Збільшення навантаження на шину, пов'язане зі збільшенням деформацій її елементів, зумовлює зростання абсолютного значення втрат енергії на кочення. В цій роботі з'ясовано, що зі зниженням внутрішнього тиску в шині деформації її збільшуються, а отже, зростають і втрати енергії на кочення. Однак, в цій роботі не розглянуто які саме елементи шини безпосередньо впливають на підвищення термонапруженого стану шини.

З роботи [4] слідує, що розігрівання становить безпосередню небезпеку для шини, оскільки втрачається міцність через високі температури, а також є сигналізатором того чи іншого дефекту шини, або некоректного режиму експлуатації. Тому тепловий контроль за станом шини є чи не найефективнішим неруйнівним методом технічної діагностики шин. Однак, авторами не розглянуто питання яким чином проводити цей тепловий контроль, в яких умовах та за допомогою яких приладів.

В роботі [6] приділяється основна увага протектору шини. Протектор має різну товщину в шинах залежно від типів і розмірів. Чим товщий протектор, тим

більший пробіг шини до повного його спрацювання, тим краще він захищатиме каркас від зовнішніх впливів. Однак, товщий протектор робить шину важчою, призводить до її перегрівання і розшарування, підвищує початкову інтенсивність спрацювання. Особливо інтенсивне тепловиділення спричинює товщий протектор в умовах підвищеної швидкості руху, коли виникають додаткові деформації через інерційні сили. Товщина протектора шин пожежних автоцистерн коливається в межах від 14 до 32 мм. Ширина протектора дорівнює близько 70–80 % ширини профілю шини. Однак, в цій роботі не розглянуто питання як та за допомогою яких факторів покращити (знизити) температурний стан шини.

В роботі [7] розглядається питання влаштування, конструктивні особливості шин вантажних автомобілів та вплив складових шини на її температурний стан. Брекером шини називають гумовий, або гумокордний шар, розташований між каркасом і протектором шини. Він складається з двох або більше шарів розрідженого корду, обкладеного шарами гуми. Брекер застосовують для кращого зв'язку між каркасом і протектором. В роботі встановлено, що брекерний шар працює в умовах багаторазових деформацій на розтягання, стискання і зсув. Вони призводять до істотного теплоутворення і через низьку теплопровідність гуми до значного накопичення тепла у брекері. Тому в ньому, як правило, значно вища температура, ніж в інших елементах шини і досягає 100 °С і більше. На гуму брекера, окрім деформацій, котрі спричиняються вигинанням стінки шини, впливають також задані навантаження, пов'язані з передачею контактного тиску. Однак, в цій роботі не розглянуто питання за допомогою яких саме конструктивних факторів можливо досягти зниження термонапруженого стану шини. Аналіз роботи [7] підкреслює вірність обраного напрямку проведених досліджень в даній роботі. В роботі [8] фізичні властивості шинних матеріалів розглядають в стаціонарних умовах експлуатації, без можливих дефектів їх поєднання в загальній конструкції шини. Тому ці дані слід переглянути в динаміці, зі змінними навантаженнями. В роботі [9] встановлено, що діагностичні спостереження дають змогу правильно вибрати конструктивні рішення, з врахуванням специфіки експлуатації. Основні завдання полягають у визначенні впливу зовнішніх і технологічних чинників на шини в процесі їхньої експлуатації та методів і засобів відтворення їх працездатності. Однак, в роботах не розглядаються питання конкретних чинників на стан шин.

Як зазначено в роботі [10], наявність дефектів (як прихованих, так і наявних) і конструктивні зміни в шинах безпосередньо погіршують стан шин і призводять до їх передчасного виходу з експлуатації. Однак, в роботі [10] розглядалися шини аварійно-рятувальних автомобілів, що встановлюються переважно на легкові автомобілі і не розглянуто питання взаємодії з опорною поверхнею шин пожежних автоцистерн, якими обладнують вантажівки.

Отже, не вирішеною частиною розглянутої проблеми є відсутність науково-обґрунтованих вимог до конструкції шин пожежних автоцистерн.

3. Мета та завдання дослідження

Метою дослідження є визначення впливу конструктивних елементів шини та її стану на безпеку руху пожежних автоцистерн. Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- провести експериментальні дослідження з визначення впливу різних схем укладки брекера і борта шини на її стан;
- обґрунтувати пропозиції до конструкції шин пожежних автоцистерн.

4. Матеріали та методи дослідження

Об'єктом дослідження є взаємодія шин пожежних автоцистерн з дорожньою поверхнею під час руху та вплив на взаємодію конструктивних факторів шини і зовнішніх небезпечних факторів під час виконання дій за призначенням. Предметом дослідження є розвиток методів і засобів зовнішнього діагностування працездатності шини, а також методика і організація її застосування в залежності від специфіки експлуатації пожежних автоцистерн на підставі методології системного підходу. На підставі принципів системного аналізу здійснювалося розв'язання проблем, пов'язаних з розробкою нових методів і засобів діагностування. При цьому використовувалися наукові методи теорії ймовірності і математичної статистики, теорії надійності, інформатики, теорії оптимального планування експерименту, статистичного моделювання. Робочою гіпотезою було прийнято те, що на безпечну взаємодію шини з опорною поверхнею впливають як конструкція шини, так і прояви зовнішніх небезпечних факторів навколишнього середовища під час виконання дій за призначенням. В якості зразків для дослідження використовувалися серійні і експериментальні шини вантажних автомобілів (пожежних автоцистерн), які випускає Білоцерківський шинний завод, що проходять випробування на обкатних стендах цього підприємства. Для проведення експериментальних досліджень було підготовлено комплект вимірювальної апаратури, використовувалися датчики для вимірювання температур [5].

Для проведення експериментальних досліджень на Білоцерківському шинному заводі з визначення впливу конструктивних факторів шин на їх температурне становище застосовували таке вимірювальне обладнання: інфрачервоний пірометр – прилад «Смотрич» 4П-01, призначений для дистанційного вимірювання температури на поверхні шини. Його технічна характеристика така: діапазон вимірювальних температур – 30–200 °С, кут візування 30°, відстань до об'єкта вимірювання – 0,5–2 м; обкатний стенд для випробування автомобільних шин (дві шини водночас), які монтуються на барабан і встановлюються на рухомі каретки стенда, що пересуваються у горизонтальній площині за допомогою пневматики і притискаються до рухомого бігового барабану діаметром 1592 мм з приводом від електродвигуна.

Були розроблені методики проведення експериментальних досліджень серійних шин. При проведенні експериментальних досліджень створювалися умови навантаження, відповідно експлуатаційних (навантаження на колесо, внутрішній тиск повітря) і визначалися параметри напружено-деформованого і теплового станів шини. Діяли відповідно правила № 218-81 (ОСТ 38-04209-87). Випробування автомобільної шини за цим правилом проводять згідно табл. 1.

Табл. 1. Стадії випробування автомобільних шин за правилом № 218-81

№ з/п	Ступінь випробувань	Швидкість, V, м/с	Навантаження на шину, Q, кН	Час обкатування, хв.
1	Попереднє	0,6 V _{max}	0,8 Q _{max}	240
2	Перше	0,6 V _{max} +10	Q _{max}	500
3	Друге	0,6 V _{max} +10	M _{анх}	500
4	Наступні	0,6 V _{max} +10	1,1 Q _{max}	500

Місця встановлення термопар і місця заміру поверхневої температури у шинах представлені на рис. 1. Термопари кріпилися в шині на кожному її шарі під час зборки, а потім вулканізувалися разом з нею [5]. Завдяки термопарам була інформація про внутрішню температуру в шині, а зовнішню температуру отримували завдяки виміру пірометром у відповідних місцях, згідно рис. 1.

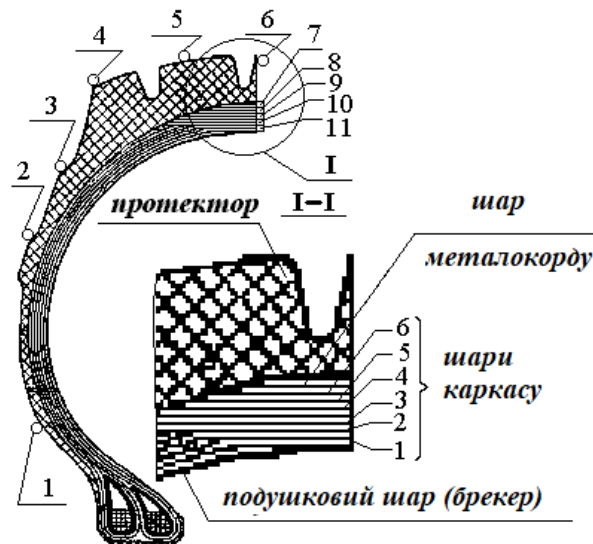


Рис. 1. Місця вимірювання температури шини вантажного автомобіля: 1, 2, 3 зверху боковини; 4 – зверху по краях протектора; 5- зверху посередині протектора; 6- зверху центром протектора; 7- посередині зверху металокорду; 8 посередині зверху каркаса; 9 посередині на 4-му шарі каркаса; 10 посередині на 3 шарі каркаса; 11 – посередині на 1-му шарі каркаса

5. Дослідження впливу схем укладки брекера і борта на стан шини

Для вирішення визначення впливу конструктивних елементів шини та її стану на безпеку руху пожежних автоцистерн необхідно по-перше, визначити вплив конструктивних елементів шини (каркаса, брекера, протектора) на її термонапружений стан; по-друге, знайти шляхи його зниження; по-третє, з'ясувати дію особливих умов експлуатації на шини пожежних автоцистерн; вчетверте, проаналізувати достатність стану та умов обслуговування й контролю за шинами в умовах Державної служби України з надзвичайних ситуацій; по-п'яте, надати пропозиції виробникам для виготовлення шин саме під їх умови експлуатації. Найбільша температура в шині очікувалася по її центру, а також на крайках брекера, саме в місцях з'єднання брекера з боковиною шини, де спостерігається дуже багато випадків розшарування гуми. Було зібрано 5 серійних шин: шина розміру 260 R508, дві шини розміру 10.00 R20 моделі І-309 та дві – розміру 12.00 R20 моделі І-150А. Особливості конструктивних змін шин наведені на рис. 2, 3 відповідно. Навантаження на шини прикладали згідно параметрів, наведених в табл. 2.

Табл. 2. Навантажувальні параметри досліджуваних шин

№ з/п	Марка та модель шини	Внутрішній тиск, МПа	Швидкість кочення по барабану, м/с	Навантаження на шину, кН
1	260 R508	0,6	14	18,6
2	10.00 R20 І-309	0,8	14	21,6
3	12.00 R20 І-150А	0,85	14	32,5

На рис. 2 представлено найбільш розповсюджену схему симетричного розташування брекера в шині та експериментальну схему зміщеного розташування брекера в шині. При визначенні впливу різної укладки брекера шини на її температурний стан користувалися переносним приладом часткового випромінювання «Пірометр 4П-01 «Смотрич»».

Випробуванням підлягали серійні шини розміру 10.00 R20 моделі І-309. Було встановлено, що температурний стан шини 10.00 R20 "1", з симетричною схемою укладання брекера, краще, ніж у шини 10.00 R20 "2", зі зміщеною схемою укладання брекера.



Рис. 2. Схеми розташування брекера в шині 10.00 R20 I-309: а – симетричне розташування брекера – шина 1; б – зміщене розташування брекера – шина 2

Схема розташування борта шини «в на хльост» відрізняється простотою конструкції шини та зручністю її зборки. Однак, як показали дослідження, представлені в табл. 3, схема розташування борта «в замок» знижує температурний стан шини в цій зоні. Результати досліджень надано на рис. 2, 3.



Рис. 3. Схеми розташування борта в шині 12.00 R20 I-150A: а – схема розташування борта «в замок» – шина 1; б – схема розташування борта «в на хльост» – шина 2

На другому етапі проводилися дослідження теплового стану шин з їхньої поверхні. Температура фіксувалася за допомогою пірометра часткового випромінювання «Смотрич» 4П-01. Місця вимірювання температури на поверхні шин представлені на рис. 1. Режим дослідження був таким самим, як і на першому етапі, а контроль температури проводився відразу ж після зупинки шини. Результати досліджень представлені у табл. 2.

При визначенні впливу різної укладки борта шини на її температурний стан також користувалися тими ж приладами. Випробуванням підлягали серійні шини розміру 12.00 R20 моделі I-150A. Результати представлені у табл. 3.

Табл. 3. Розподіл температури на поверхні шин

№ з/п	Марка шини	Час кочення, хв.	Температура, °С, в точках виміру					
			1	2	3	4	5	6
1	10.00 R20 "1"	20	39	41	53	55	57	60
2	10.00 R20 "2"	35	44	48	51	65	63	60
3	12.00 R20 "1"	22	49	50	64	60	66	80
4	12.00 R20 "2"	22	50	51	51	70	70	85

Температурний стан шини 12.00 R20 "1", зі схемою борту «в замок», краще, ніж у шини 12.00 R20 "2", зі схемою борту "в на хльост" (за винятком третьої вимірюваної точки). Найбільш навантаженими у температурному відношенні у шин пожежних автоцистерн є шари каркасу.

6. Обґрунтування пропозицій до конструкції шин пожежних автоцистерн

Під час експериментальних досліджень шин розміру 10.00 R20 визначено вплив різних схем укладки брекера на температурний стан шин. Як видно з табл. 3, найбільша температура спостерігається по центру протектора шин, а найменша – по боковині, ближче до бортового кільця. Температурний стан шини 10.00 R20 "1", з симетричною схемою укладання брекера, краще, ніж у шини 10.00 R20 "2", зі зміщеною схемою брекера, (за винятком третьої вимірюваної точки).

ки), а протектору в центрі – однакове.

Під час експериментальних досліджень шин 12.00 R20 визначали вплив різних схем укладки борта на температурний стан шин.

Температурний стан шини 12.00 R20 "1", зі схемою борту «в замок», краще, ніж у шини 12.00 R20 "2", зі схемою борту «в на хльост» (за винятком третьої вимірюваної точки). Найбільш навантаженими у температурному відношенні у шин вантажних автомобілів є шари каркасу.

Під час проведення досліджень з шинами пожежних автоцистерн встановлено, що через 15 хвилин кочення по барабанному стенду температура в цих шинах продовжувала зростати, тоді як у шинах легкових автомобілів температурна стабілізація. Це означає, що шинам пожежних автоцистерн, тобто шинам вантажних автомобілів, необхідний більш тривалий період для виходу їх на температурний режим, що встановився. Розподіл температури по товщі масиву в шині 260–508R показано на рис. 4.

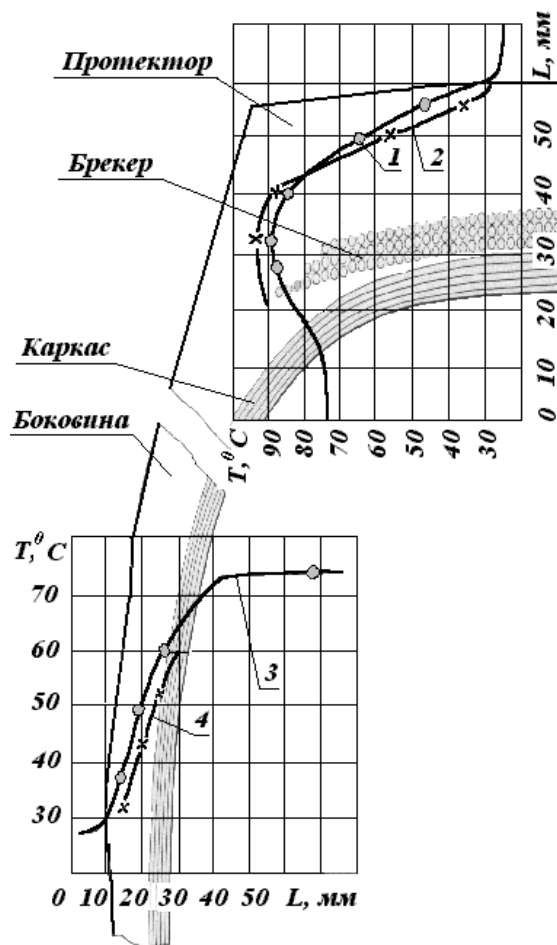


Рис. 4. Розподіл температури в гумовому масиві шини 260 R508: 1, 2 – показники термопар на каркасі; 3, 4 – показники термопар на крайках брекера

Встановлено, що зі збільшенням радіального навантаження й швидкості руху температура збільшується в середині брекера бігової частини радіальної шини, рис. 4. Як видно з графіків, рис. 5, температурний стан шарів каркасу (за винятком третього шару) у шини 10.00 R20 вище, ніж у шини 12.00 R20. Так, за першим шаром перевищення становило 2 %. По третьому шару перевищення температури було в шині 12.00 R20, склавши у своїй 17 %.

Це вказує на той факт, що брекер шини знаходиться під впливом багаторазових деформацій на розтягання, стискання і зсув.

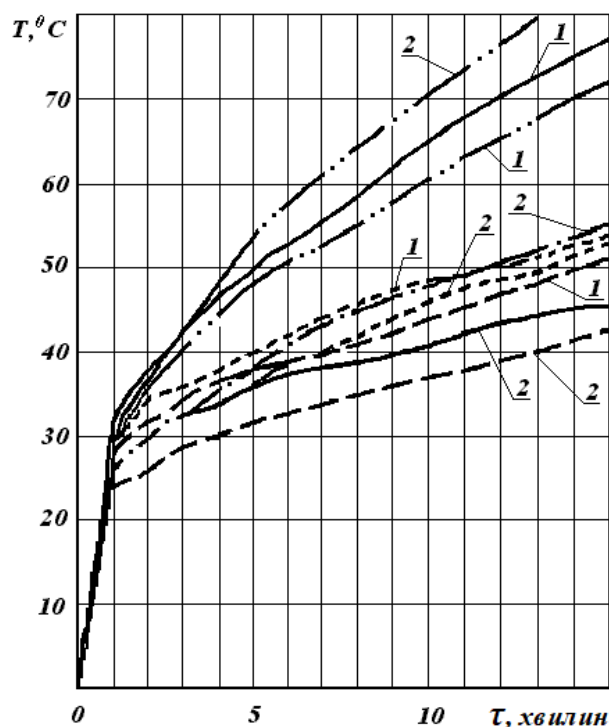


Рис. 5. Розподіл температури за шарами шин пожежних автоцистерн: 1 – шина 10.00 R20 моделі I-309; 2 – шина 12.00 R20 моделі I-150 А; ————— термопара першому шарі каркаса; - - - - термопара зверху каркаса; — — — термопара на четвертому шарі каркаса; — . . . — термопара зверху металокордону; — . . . — термопара на третьому шарі каркасу

Деформації на розтягання, стискання і зсув призводять до істотного теплоутворення і через низьку теплопровідність гуми до значного накопичення тепла у брекері і тому схема укладки брекера значним чином впливає на утворення внутрішньої температури шини.

Також слід зазначити умови експлуатації пожежних автоцистерн в період очікування та під час виконання дій за призначенням. На шини пожежних автоцистерн постійно діють:

- завищені швидкості руху пожежних автоцистерн, які весь час максимально можливі за різноманітних погодних умов, а саме різке рушання з місця, різке гальмування, а часом і екстрене, якщо не надають скористатися перевагою в першочерговості проїзду перехрестя, то що;
- статичне навантаження від вогнегасних речовин, від пожежно-технічного, аварійно-рятувального обладнання й інструменту. А значить шини ніколи не розвантажуються і в них від навантаження весь період експлуатації витягуються нитки як каркаса, так і брекера, що значно знижує пружні властивості шин і сприяє розношеності шин;
 - це навантаження перевищує навантаження транспортних автомобілів;
 - під час експлуатації присутні маневри на поворотах на високих швидкостях руху, що може викликати занос автомобіля;
 - рух не лише по шляхам з твердим покриттям, але й по ґрунтовим, глинистим, піщаним шляхам, що призведе до буксування і перевантажень шин;
 - перебування шин в розлитих нафтопродуктах, що викликає пом'якшення шинних гум та їх швидке спрацювання в подальшій експлуатації;
 - перебування шин під впливом теплових випромінювань від пожежі, яке може вивести їх з нормальної експлуатації;

- часті удари о бордюри, о каміння та інші перешкоди, що за часту призведе до зсуву металокорда в брекери та викликає дисбаланс шини і унеможливілює безпечний рух;
- рух по склу та по гострим речам і арматурі, що викликає пориви боковини, вилив шашок протектора, призведе до проколу шини та значно порушує безпечну експлуатацію шин.

В пожежних автоцистернах 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, які і призводить до раптового не попередженого виходу шини з експлуатації.

Враховуючі вище приведене, визначено, що для підвищення тривалості експлуатації шин пожежних автоцистерн необхідно знизити висоту протектора шини, що призведе до: по-перше: підвищення зчеплення шини з поверхнею дороги, особливо на віражах, поворотах та при гальмуванні; по-друге: дозволить шинам виходити з експлуатації через зношення протектора, а також зменшити концентрацію напружень і дефектів в області шашок протектора. Виготовляти протектор шин пожежних автоцистерн слід з матеріалу стійкого до дії нафтопродуктів.

Доведено, що конструктивні особливості шини безпосередньо впливають на безпеку руху пожежних автоцистерн. Встановлено, що зміщена схема брекерата розташування борту за схемою «в на хльост» погіршують тепловідвід з каркаса і з усіх шарів шини, чим підвищує їх термонапружений стан. Найбільш термонапруженим є каркас шини.

Пропонується комплектувати пожежні автоцистерни шинами з наступними конструктивними особливостями: діагональна конструкція; універсальний рисунок протектора; симетрична схема укладки брекера; укладка борта «в замок»; зменшена висота протектора; з протекторною гумою, яка могла б протистояти впливу нафтопродуктів на неї.

7. Обговорення результатів дослідження впливу конструктивних елементів шини на її стан

Пожежні автоцистерни, 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 та на обмежений період експлуатації. Умови експлуатації пожежних автоцистерн, так само як і аварійно-рятувальних автомобілів, значним чином відрізняються від умов експлуатації транспортних автомобілів. На стан шин пожежних автоцистерн безпосередньо впливають такі регульовані фактори, як стан шин (нерівномірна зношеність протектора та його порізи та подряпини боковини, стан бортового кільця), їхні конструктивні особливості і особливі умови експлуатації.

Встановлено, що через 15 хвилин кочення по барабанному стенду температура в шинах вантажних автомобілів продовжувала зростати, тоді як у шинах легкових автомобілів за цей період наступала температурна стабілізація.

Отримані результати пояснюються тим, що шинам вантажних автомобілів (саме пожежних автоцистерн) необхідний більш тривалий період для виходу їх на температурний режим, що встановився. Підтверджено, що в певних умовах експлуатації температура характеризує напруженість елементів даної шини. Так, при

підвищенні швидкості кочення шини 260–508R від 20 до 100 км/год, при нормальному навантаженні $Q=18600$ Н й внутрішньому тиску повітря $q=0,6$ МПа, що відповідає експлуатаційним показникам пожежних автоцистерн, температура центра брекера підвищується з 50 до 120 °С, а кромки брекера – с 60 до 140 °С, що буде впливати безпосередньо на її загальний термонапружений стан а також на довговічності шини в цілому.

Встановлено, що температурний стан шарів каркасу у шини 10.00 R20 вище, ніж у шини 12.00 R20. Так, за першим шаром перевищення становило 2 %. По третьому шару перевищення температури в шині 12.00 R20, склало 17 %.

Особливості запропонованого методу і отриманих результатів полягають в тому, що спостереження за поведінкою шин, а саме зміною їх температурних полів, може здійснюватись на відстані під час котіння шини та після зупинки шини, застосовуючи неруйнівний контроль її досліджуємих елементів.

Позитивними добутками роботи є те, що досліджено вплив конструктивних елементів шин на їх експлуатаційну надійність. Також досліджена можливість визначення стану шин в умовах Державної пожежно-рятувальної частини та встановлена необхідність проведення систематичного техогляду шинам пожежних автоцистерн. Мінусами роботи є те, що експерименти проводилися на шинообкатному стенді з біговими барабанами Білоцерківського шинного заводу, а не в дорожніх умовах. Особливостями запропонованого методу визначення впливу конструкції шини на її стан є те, що за допомогою нескладних переносних перетворювачів (пірометрів) можливо визначати дійсний стан шини в умовах Державної пожежно-рятувальної частини.

Недоліком досліджень є те, що для детального діагностування шин необхідно застосовувати стенди з біговими барабанами, які є лише на базах аварійно-рятувальних загонів. Розвиток подальших досліджень по визначенню впливу конструкції шини на їх експлуатаційну надійність може проводитись з шинами не лише пожежних автоцистерн, а й з шинами аварійно-рятувальних та інших спеціальних автомобілів.

Обґрунтовані пропозиції по конструкції шин пожежних автоцистерн та визначено необхідність регулярного проведення техогляду шинам. Отримані дані збільшать надійність та безпеку руху пожежних автоцистерн під час виконанні дій за призначенням.

8. Висновки

1. Визначено вплив різних схем укладки як брекера, так і борта шини на її температурний стан і встановлено, що у такий спосіб можливо поліпшити конструкцію шини. Так, зміщена схема укладання брекера у шині 10.00 R20 «2» погіршує її температурний стан на поверхні по кромках протектора на 10...15 %, порівняно із симетричною схемою укладання брекера, а значить, зменшує надійність і довготривалість експлуатації шини. Зміна конструкції бортової зони шини 12.00 R20 суттєво не впливає на температурний стан її поверхні зі сторони боковини. Однак, температурний стан шини 12.00 R20 "1", зі схемою борту «в замок», краще, ніж зі схемою борту «в на хльост» (шина "2"). Особливостями отриманих результатів є те, що експериментально підтверджено, що зміною конструкції шини можливо знизити її загальний температурний стан і продовжити надійну експлуатацію, принаймні, до зношення протектора.

2. Обґрунтовано пропозиції до конструкції шин пожежних автоцистерн. Пропонується комплектувати пожежні автоцистерни шинами з наступними конс-

труктивними особливостями: діагональна конструкція; універсальний рисунок протектора; симетрична схема укладки брекера; укладка борта «в замок»; зменшена висота протектора; з протекторною гумою, яка могла б протистояти впливу нафтопродуктів на неї. Пропонується комплектувати пожежні автоцистерни шинами з наступними конструктивними особливостями: діагональна конструкція; універсальний рисунок протектора; симетрична схема укладки брекера; укладка борта «в замок»; зменшена висота протектора; з протекторною гумою, яка могла б протистояти впливу нафтопродуктів на неї. Визначено необхідність регулярного проведення техогляду шинам та встановлено те, що за рахунок дотримання правил експлуатації і норм технічного обслуговування шин можливо значно підвищити надійність і безпеку руху пожежних автоцистерн.

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. 68. P. 101–131. doi: 10.1016/j.ijnonlinmec.2014.06.014
2. Integrated dynamics and efficiency optimization for EVs *Vehicle dynamics international*. 2019. 46. 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. 74. P. 21–25. doi: 10.30977/AT.2219-8342.2019.44.0.21
4. Viazovychenko Y., Larin O. Stochastic Optimization Algorithms for Data Processing in Experimental Self-heating Process. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2021. 188. P. 644–653. doi: 10.1007/978-3-030-66717-7_55
5. Пристосування для регулювання температури в пневматичних шинах: пат. 82321 Україна: МПК В60С 23/00. № u201302439; заявл.: 26.02.2013; опубл.: 25.07.2013/ заявник і патентовласник НУЦЗ України, Бюл. № 14.
6. Burennikov Y. U., Dobrovolsky A. Business processes perfection of small motor transport enterprises. 2011. *Bulletion 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. 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
9. 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
10. Коханенко В. Б., Рагімов С. Ю. Вплив дефектів в шині на безпеку руху аварійно-рятувального автомобіля. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2022. Вип. 35. С. 186–197. doi: 10.52363/2524-0226-2022-35-14

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

IMPLIED STRUCTURES THAT I WILL STAND TIRES ON SECURITY OF THE ROAD OF THE FIRE TANKERS

In connection with the current situation in Ukraine, units of the State Emergency Service of Ukraine have to make more trips on fire trucks to carry out their assigned actions. It has been estab-

lished that modern fire trucks are equipped with radial tires and that the number of premature retirements of these tires has recently increased. Premature termination of operation of tires can lead, first of all, to the possible death of people in a fire, an increase in material damage, and even to a traffic accident. In order to prevent premature and unpredictable tire failure, it is necessary to identify the causes of tire failures and develop proposals for improving their design. It has been established that the most temperature-stressed layers of the tire carcass and the tire breaker are the most stressed. It is due to the destruction of the shoulder zone and delaminations in the breaker that fire tanker tires are prematurely removed from service. Experimental studies have determined the best scheme for laying the tire breaker and bead. An analysis of the characteristic damage to the tires of fire tankers was carried out and their main causes were determined. It is determined that further operation of tires with such damage is not permissible. The research also found that even if the operating rules and maintenance standards are followed, it is possible to significantly improve the reliability and safety of fire tankers. Based on the research, it is proposed to equip fire tankers with tires of a special design. Proposals for the design of fire tanker tires are substantiated. The obtained data will reduce the likelihood of tire failure and, due to their timely scheduled preventive maintenance, increase the reliability and safety of fire tanker traffic.

Keywords: fire trucks, pneumatic tire, radial design, breaker edges, temperature distribution, reliability, traffic safety

References

1. Behnke, R., Kaliske, M. (2014). Termo-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), 46, 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*, 74, 21–25. doi: 10.30977/AT.2219-8342.2019.44.0.21
4. Viazovychenko, Y., Larin, O. (2021). Stochastic Optimization Algorithms for Data Processing in Experimental Self-heating Process. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 188, 644–653. doi: 10.1007/978-3-030-66717-7_55
5. Larin, O., Vinogradov, S., Kokhanenko, V. (2013). Pat. No. 82321 UA. (2013.01) Adjustment for temperature adjustment in pneumatic tires / applicant and patent holder of the National University of Civil Society of Ukraine. IPC B60C 23/00. № u201302439; declared: 02.26.2013; published: 07.25.2013, Bul. № 14.
6. Burennikov, Y. U., Dobrovolsky, A. (2011). Business processes perfection of small motor transport enterprises. *Bulletion of the polytechnic institute of Iasi. 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. 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
9. 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
10. Kokhanenko, V. B, Ragimov, S. Yu. (2022). The influence of tire defects on Traffic safety emergency rescue car. *Problemni nadzvichajnih situacij, Kharkiv NUTSZU*, 35, 186–197. doi: 10.52363/2524-0226-2022-35-14

Надійшла до редколегії: 13.03.2023

Прийнята до друку: 11.04.2023