

О.Е. Васильєва, канд. техн. наук, доцент, І.В. Паснак (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОЇ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ПОЖЕЖНОЇ ТЕХНІКИ

Розглянуто пріоритетні напрями розробки модернізованих багатофункціональних пожежних автомобілів, а саме: створення нових моделей з модульно-контейнерною компоновкою для пожежно-рятувальної служби та забезпечення їх надійності; модернізація з метою адаптації їх до експлуатації в умовах пожежно-рятувальної служби; створення комплексів пожежних автомобілів адресної концепції, які пристосовані до конкретних умов експлуатації або оперативного використання. Наведені показники надійності елементів пожежних автомобілів, зокрема ймовірності їх безвідмовної роботи, які отримані на підставі математичної обробки статистичних даних з експлуатації пожежних автомобілів

Постановка проблеми. Сьогодні однією з основних проблем технічного забезпечення підрозділів МНС є реконструкція парку пожежних автомобілів: його структура повинна відповідати новим задачам, які покладені на оперативно-рятувальну службу МНС. Першим кроком на шляху її вирішення є розробка типу пожежних автомобілів нового покоління, а саме:

- створення нових моделей багатофункціональних пожежних автомобілів (ПА) з модульно-контейнерною компоновкою для пожежно-рятувальної служби та забезпечення їх надійності;
- модернізація ПА з метою адаптації їх до експлуатації в умовах пожежно-рятувальної служби;
- створення комплексів ПА адресної концепції, які пристосовані до конкретних умов експлуатації або оперативного використання.

Загальним генеральним принципом концепції типу, який би відповідав реальній економічній ситуації в країні, є обмеження числа базових моделей пожежних автомобілів та забезпечення багатофункціональності шляхом розширення кількості їх модифікацій при максимальному рівні уніфікації компонентів [1].

Напрями реалізації концепції багатофункціональності. Підрозділи оперативно-рятувальної служби МНС в своїй повсякденній діяльності ліквідовують так звані «поточні» пожежі та аварії: для цього вони мають відповідний людський ресурс та технічні засоби, включаючи пожежні автомобілі в класичному виконанні.

Ситуація докорінно змінюється, коли пожежа чи аварія набувають таких розмірів, що для їх ліквідації необхідна велика кількість особового складу та технічних засобів, в тому числі пожежних автомобілів важкого класу. Подібна ситуація, наприклад, виникла на пожежі в центральному універмазі м. Макіївки в 2008 р., коли попри задіяння великої кількості «класичної» техніки, будівлю не вдалось врятувати. Цілком очевидно, що пожежні автомобілі повинні бути максимально адаптованими для участі в таких операціях, зокрема, забезпечувати необхідну надійність та мегаінтенсивність подачі вогнегасних речовин. Інакше кажучи, річ іде про застосування пожежних автомобілів принципово іншої ідеології, а саме – багатофункціональності пожежних автомобілів, які суттєво відрізняються від моделей, що знаходяться в оперативному розрахунку міських підрозділів оперативно-рятувальної служби МНС.

Виходячи з світового досвіду, можна сформулювати чотири основні напрями реалізації концепції багатофункціональності:

- надання аварійно-рятувальних функцій пожежним автомобілям гасіння, в першу чергу, автоцистернам;
- розширення можливостей аварійно-рятувальних автомобілів за рахунок наділення їх функціями пожежогасіння;
- надання функцій пожежогасіння висотним рятувальним автомобілям (автодрабинам, автопідіймачам);
- розширення функціональності пожежних автомобілів гасіння (перш за все це відноситься до пожежних автомобілів для зон промислового ризику, тобто об'єктових пожежних автомобілів) за рахунок застосування на одному пожежному автомобілі 4-5 видів вогнегасних речовин та пристроїв для їх подачі.

Таким чином, багатофункціональні пожежно-рятувальні та пожежно-технічні автомобілі – це пожежні автомобілі, пристосовані як для гасіння пожежі, так і для проведення технічних та спеціальних робіт на місці пожежі або надзвичайної ситуації. Як правило, такі автомобілі відрізняються компонуванням, оригінальними технічними рішеннями, розширеною комплектацією, включаючи обладнання для роботи в екстремальних умовах. Практично це пожежний автомобіль нової ідеології.

Проблема створення багатофункціональних пожежних автомобілів є не тільки технічною, але й економічною, оскільки вузькоспеціалізовані автомобілі є дорогими через їх малу серійність, а експлуатуються доволі рідко, в міру виникнення екстремальних ситуацій. Відповідно складне комплектує обладнання подібних автомобілів потребує спеціальної підготовки та постійного тренування особового складу з метою формування у нього нових динамічних навиків.

Вітчизняний досвід. Концепція багатофункціональності пожежних автомобілів прийшла на заміну пануючій протягом багатьох років безадресній концепції. Прикладом безадресної концепції в нашій країні можна вважати пожежну автоцистерну середнього класу АЦ-40 на шасі ЗІЛ (4×2, 6×6), яка упродовж багатьох років поступала на озброєння всіх підрозділів МНС – міських, об'єктових, аеродромних тощо.

Обладнана одним насосом типу ПН-40, така машина не здатна вирішувати всі задачі, поставлені перед оперативно-рятувальною службою, в першу чергу перед об'єктовими підрозділами. Тим більше, не може вона вирішити їх і зараз, в нових умовах.

Поки ще рано говорити, що концепція багатофункціональності вже однозначно прийнята оперативно-рятувальною службою та виробниками пожежних автомобілів у нашій країні.

Аналіз програми виробництва провідних вітчизняних підприємств-виробників пожежних автомобілів показує, що сьогодні оперативно-рятувальній службі пропонується велика кількість багатофункціональних АЦ, які відрізняються лише місткістю цистерни, але мають один тип насоса – ПН-40 УВ: таких моделей 90% від загальної кількості моделей та модифікацій АЦ, що виробляються в країні. Звичайно, подібні автоцистерни можна лише умовно віднести до пожежних автомобілів «нового покоління».

Але ситуація змінюється. Створено зразок багатофункціонального пожежного автомобіля на шасі ЗІЛ-432732 (4×4) «Бичок». Такі автомобілі оснащені насосами високого тиску (напір 400 м вод. ст. при подачі 4 л/с), електросиловими установками, прожекторами на висувній щоглі, рятувальним гідравлічним обладнанням, іншими компонентами. Дослідна експлуатація подібних автомобілів в ході проведення експерименту із застосування автомобілів першої допомоги підтвердила їх високу ефективність.

Також створено декілька моделей нової для оперативно-рятувальної служби продукції – пожежних автоцистерн з драбиною (висотою підйому 17 та 22 м). Ці багатофункціональні пожежні автомобілі, що вивозять 3-4 м³ води, піноутворювач, оснащені насосною установкою, стрілою драбин, ефективні при гасінні пожеж в містах та селищах з малоповерховою забудовою.

Розпочато роботи над створенням пожежно-рятувальних автомобілів деякими іншими підприємствами. Однак треба об'єктивно зауважити, що загально визнана національна концепція багатофункціонального пожежно-рятувального автомобіля в країні поки що відсутня. Тим ціннішим може стати закордонний досвід вирішення цієї проблеми.

Закордонний досвід. На межі століть у провідних країнах завершився перехід на виробництво пожежних автомобілів нового покоління. Створені на сучасних спеціальних шасі, що мають високу питому потужність та інші технічні параметри, ці автомобілі відрізняються високою функціональністю, сучасним дизайном.

Основною вимогою під час створення закордонних пожежних автомобілів нового покоління є намагання надати їм багатофункціональності. Саме в цьому секторі йде основна боротьба між провідними фірмами-виробниками пожежних машин.

Розповсюдженням прийомом розширення функціональності пожежного автомобіля є спорядження пожежних автоцистерн підймальним пристроєм: автодрабиною чи колінчастим підймачем. Для міських пожежних автомобілів висота підйому стріли не перевищує 22-25 м, для об'єктових автоцистерн – може сягати 40-44 м.

Реалізується й інша концепція: розширення функціональності висотних автодрабин та автопідймачів (з висотою підйому стріли понад 30 м). Суть полягає в установці на автодрабину чи підймач насосної установки з приводом від двигуна шасі, електросилової установки, лафетного ствола на вершині стріли, світлотехнічного обладнання, в деяких випадках повітряного компресора.

В той же час не припиняються пошуки оптимальної концепції пожежно-рятувального автомобіля. Свою версію такої запропонувала німецька фірма Ziegler. Однією з відмінних особливостей цієї моделі є збільшення числа місць для особового складу з 6 до 8 (формула 1+7): це так звана концепція СТІФ (Міжнародного технічного комітету з попередження та гасіння пожеж). На думку експертів СТІФ, перехід до автомобілів такого типу різко збільшить можливість гасіння великої кількості пожеж (до 97% від загальної кількості) без залучення додаткових сил. Запропонована фірмою Ziegler концептуальна модель пожежно-рятувального автомобіля відрізняється високим рівнем дизайну – все обладнання та компоненти розташовані в функціональних відсіках («гасіння», «рятування», «захист»).

Традиційний англійський дизайн (передня кабіна, низька габаритна висота, малі кути прохідності) відрізняє пожежно-рятувальний автомобіль нового покоління фірми E-ONE (Великобританія). Цей автомобіль, що має високу питому потужність (близько 17 к.с./т), обладнаний пожежним насосом, генератором, освітлювальним обладнанням, рятувальним інструментом та іншими компонентами.

Традиційно широкою комплектацією, що забезпечує його багатофункціональність, відрізняється пожежно-рятувальний автомобіль фірми Rosenbauer. Кузов цього пожежного автомобіля виготовлений з алюмінію, в його конструкцію вмонтований корпус цистерни, також виготовлений з алюмінію. В число компонентів цього автомобіля входять: комбінований насос (ступені нормального та високого тиску), котушки першої допомоги, лафетний ствол, генератор, мотопомпа, світлотехніка, аварійний інструмент та інше обладнання, яке досить зручно розташоване.

Ефективним способом розширення функціональних можливостей пожежного автомобіля є застосування блочно-модульного принципу компонування. Застосовуючи той чи інший модуль з числа наявних (розроблених виробником), можна значним чином трансформувати властивості пожежного автомобіля у відповідності до потреб конкретного замовника.

Останнім часом є актуальним застосування на пожежних автомобілях з'ємних модулів (чи контейнерів, що є частиною надбудови). Кожен з контейнерів розрахований на застосування в певних ситуаціях, забезпечуючи необхідну функціональність та надійність пожежного автомобіля [1]. Наприклад, австрійська фірма Rosenbauer, що одна з перших застосувала подібний компонувальний прийом, пропонує споживачам цілу гамму з'ємних контейнерів:

для хімічного захисту, для захисту від радіації, для надання першої допомоги при ДТП, для боротьби з забрудненою нафтою тощо. Також випускаються контейнери протипожежного призначення; наявність подібних контейнерів дозволяє використовувати, наприклад, аварійно-рятувальний автомобіль в звичайних умовах для цілей пожежогасіння.

Ідея багатофункціональності виявилась досить продуктивною для об'єктових пожежних автомобілів (зон промислового ризику). Виробники практично всіх об'єктових пожежних автомобілів дотримуються єдиної виробничої філософії – це застосування багатофункціональної модульної концепції, що дозволяє максимально врахувати потребу споживача.

Прикладом вдалої реалізації ідеї багатофункціональності модульної концепції є одна з останніх розробок фірми Sides (Франція) – об'єктовий пожежний автомобіль моделі VMR 30 EP 820 на шасі Mercedes масою 17 т. Цей автомобіль складається з п'яти модулів:

- кабіна з оперативним розрахунком 1+2;
- цистерна з 2250 л піноутворювача;
- порошковий модуль (820 кг вогнегасного порошку);
- модуль «легкої води» (фторсинтетичний плівкоутворюючий піноутворювач «легка вода» за міжнародною класифікацією позначається кодом AR чи AFFF ATC), що вміщує 760 л розчину AFFF;
- насосний модуль (насос з подачею 4000 л/хв при напорі 120 м вод. ст., автоматичний пінозмішувач 0-10 %).

Можна зауважити, що для подачі чотирьох видів вогнегасних речовин на цьому пожежному автомобілі використовуються два лафетні ствола, які можуть працювати в різних режимах.

Для захисту резервуарних парків, промислових об'єктів та висотних технологічних установок застосовують пожежні автомобілі багатофункціонального гасіння (вода, піна, порошок), які обладнані підймальними пристроєм (ствол-щогла) та технічними засобами подачі вогнегасних речовин – лафетними стволами для наземної та висотної подачі водопінних засобів гасіння.

Поряд з розглянутими пожежними автомобілями загального призначення застосовуються пожежні машини, які за набором вирішуваних задач є багатофункціональними, однак за галуззю оперативного застосування відносяться до вузькоспеціалізованих (так звана адресна концепція). До таких автомобілів можна віднести пожежні автомобілі для гасіння пожеж в тунелях.

В числі таких автомобілів:

- пожежні автомобілі на повноприводному шасі (з керованими передньою та задньою віссю);
- пожежні автомобілі з пристроєм пересування по рейках.

В якості компонентів на цих пожежних автомобілях використані цистерни (1200-2000 л), насосні установки (2400 л/хв), електрогенератори, лебідки, рятувальний інструмент та інше обладнання, необхідне для виконання заданих функцій.

Шляхи вирішення проблеми. З врахуванням проведеного в цій статті аналізу, ідеологія виробництва вітчизняних пожежних автомобілів нового покоління повинна базуватися на таких важливих рішеннях:

- застосування для створення пожежних автомобілів спеціальних шасі, параметри та технічні рішення яких адекватні їх функціональному призначенню (висока питома потужність, автоматична трансмісія, АБС, стабілізатори поперечної стійкості тощо);
- реалізація успішно апробованого за кордоном принципу багатофункціональності, який дає змогу адаптувати нові пожежні автомобілі в структури оперативно-рятувальної служби МНС, в тому числі шляхом зміни традиційного підходу до

- комплектації пожежного автомобіля (з включенням обладнання для проведення аварійно-рятувальних робіт);
- підвищення вогнегасної ефективності пожежних автомобілів завдяки розширенню номенклатури застосовуваних вогнегасних речовин та технічних засобів їх подачі;
 - підвищення надійності багатофункціональної техніки, яка знаходиться на озброєнні в підрозділах оперативно-рятувальної служби МНС.

Розглянемо статистичний розподіл відмов пожежних автомобілів за зовнішніми очевидними ознаками:

- зношення	40 %
- пластичні деформації та руйнування	26 %
- залишкові деформації	18 %
- температурні деформації	12 %
- інше	4 %

Система заходів, спрямованих на забезпечення ефективного функціонування, оптимального технічного обслуговування, є основою керування працездатністю багатофункціональної пожежної техніки.

Надійність пожежного автомобіля, як і будь-якого технічного виробу, закладається на стадії розробки, забезпечується при виготовленні, проявляється та підтримується під час експлуатації.

В пожежному автомобілі повинні бути реалізовані десятки різних параметрів, що відповідають надійності машини. Щоб пожежний автомобіль відповідав вимогам технічних умов, розробник повинен врахувати всі заплановані показники надійності, технологічності, технічної естетики, ергономічності, стандартизації, уніфікації і т.п.

В процесі експлуатації багатофункціональної пожежної техніки, наприклад, пожежного автомобіля, періодично проходить технічне обслуговування або ремонт, в процесі яких працездатність його елементів відновлюється. Для вирішення питань, пов'язаних з обслуговуванням, проведенням контрольних випробовувань на надійність, розрахунком кількості потрібних запасних складових елементів, використовуються показники ймовірності безвідмовної роботи пожежних автомобілів та їх елементів [2,6]. Значення показників ймовірності безвідмовної роботи на інтервалі напрацювання 1000 і 5000 км, визначені з урахуванням статистичних даних, наведені у табл. 1.

Таблиця 1.

Ймовірність безвідмовної роботи пожежних автоцистерн при різноманітних напрацюваннях

Система, вузол, деталь	Ймовірність безвідмовної роботи $R(t_1, t_2)$ при загальному пробігу, км	
	1000	5000
Пожежний автомобіль в цілому	0,92	0,62
Спец. агрегати в цілому	0,95	0,742
Вузли та деталі	0,99	0,94
Насос пожежний	0,996	0,98
В тому числі:		
сальники	0,997	0,99
вузол кріплення робочого колеса	0,998	0,991
шпонкове з'єднання	0,997	0,99
коробка відбору потужності	0,975	0,91
Вакуумна система	0,995	0,98

В тому числі:		
вісь заслінки	0,996	0,985
заслінка	0,991	0,97
вакуумний затвор	0,99	0,93
Цистерна	0,991	0,94
Бак для піноутворювача	0,98	0,87
Базове шасі	0,994	0,961
Двигун та його система	0,99	0,96
Зчеплення	0,98	0,91
Глушник	0,99	0,96
Вихлопні труби	0,988	0,95

Наведені дані надійності елементів пожежних автомобілів, а саме ймовірності їх безвідмовної роботи, отримані шляхом математичної обробки статистичних даних з експлуатації пожежних автомобілів в реальних умовах за залежністю (1). Вони можуть використовуватися в якості орієнтира під час розробки та планування заходів із забезпечення бойової готовності парку пожежних автомобілів, обґрунтування потреби в запасних частинах пожежного автомобіля.

$$R(t_1, t_2) \approx \frac{N - N_0}{N}, \quad (1)$$

де N – кількість одиниць одного типу пожежної техніки в партії;
 N_0 – кількість одиниць одного типу пожежної техніки, яка відмовила за період часу t .
Ймовірність відмови

$$F(t_1, t_2) = 1 - R(t_1, t_2). \quad (2)$$

Середній наробіток до відмови однієї одиниці пожежної техніки можна визначити за залежністю

$$t_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}, \quad (3)$$

де t_i – середній термін функціонування i – го конструктивного елемента.

Висновки. Використовуючи викладені положення з надійності пожежного устаткування, було визначено ймовірність безвідмовної роботи пожежного автомобіля АЦ-40(130)127А, яка становить $R(t_1, t_2) = 0,82$, а ймовірність відмови $F(t_1, t_2) = 0,18$. Крім цього, середній наробіток до відмови привода насосної установки становить $t_{\text{ср}} = 1600 \dots 1700$ год. Такі значення основних показників надійності не відповідають сучасним вимогам до багатофункціональної пожежної техніки [3,5]. Тому основним напрямком роботи щодо надійності пожежної техніки є модернізація, структурна реконструкція та підвищення значень основних показників.

Враховуючи закономірності розподілу відмов та умови експлуатації, можна зробити висновок, що ретельний аналіз основних видів відмов та причин їх усунення – шлях до підвищення та максимального забезпечення надійності багатофункціональної пожежної техніки. Аналіз сучасного стану проблеми показує, що необхідно продовжувати роботу у цьому напрямку, а саме: розробити моделі поступових і раптових відмов; дослідити надійність складних систем багатофункціональної пожежної техніки; провести розрахунок схемної і параметричної надійності складних систем і, як кінцевий результат, – прогнозування надійності.

Список літератури:

1. Яковенко Ю.Ф. Пожарные автомобили нового поколения: концепция многофункциональности // Средства спасения. Противопожарная защита 2004. - М.: 2004.

2. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1984.
3. Державні стандарти України (збірник). Пожежна безпека. Продукція протипожежного призначення. Київ - 2000.
4. Авдонькин Ф.Н. Изменение технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации. Изд. Саратовского университета, 1973, - 192 с.
5. Базовский И.Н. Надежность, теория и практика. М., «Мир», 1975. - 373 с.
6. ДСТУ 2860-94. Показники надійності. – К: Держстандарт України, 1994. – 92 с.
7. Пожарная техника. Каталог-справочник. Изд. ЦНИИТЭ. Строймаш, 1970.
8. Надежность и эффективность в технике // Справочник Т.7 // Под редакцией И.В. Апполонова. – М.: Машиностроение, 1989. - 280 с.

Е.Э. Васильева, канд. техн. наук, доцент, Паснак И.В. (Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности)

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

Рассмотрены приоритетные направления разработки модернизированных многофункциональных пожарных автомобилей, а именно: создание новых моделей с модульно-контейнерной компоновкой для пожарно-спасательной службы и обеспечения их надежности; модернизация с целью адаптации их к эксплуатации в условиях пожарно-спасательной службы; создание комплексов пожарных автомобилей адресной концепции, которые приспособлены к конкретным условиям эксплуатации или оперативного использования. Приведены данные по надежности элементов пожарных автомобилей, а именно вероятности их безотказной работы, которые получены на основании математической обработки статистических данных по эксплуатации пожарных автомобилей.

Ключевые слова: модернизированные многофункциональные пожарные автомобили, модульно-контейнерная компоновка.

O.E. Vasilyeva, Candidate of Science (Engineering), associate professor, I.V. Pasnak (Lviv State University of Life Safety)

THE MAIN DIRECTIONS FOR RELIABILITY AND EFFICIENCY INCREASING OF THE UPGRADED MULTIFUNCTIONAL EQUIPMENTS

The article deals with the development priorities of the upgraded multifunctional engines, namely: the creation of new models of modular-container layout for fire and rescue service and to ensure their reliability, upgrading them to adapt to the demands of fire and rescue service, a targeted complex concept car fire that are adapted to specific conditions or operational use. The data on the reliability of fire engines, namely the probability of failures obtained on the basis of mathematical processing of statistical data on fire service vehicles.

Key words: updated multifunctional fire vehicles, modulus-container grouping