



A. A. Ренкас

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5518-3508> – А. А. Ренкас

 arthur.rencas@gmail.com

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ПОЖЕЖНИХ АВТОЦИСТЕРН НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ЇХ НЕСПРАВНОСТЕЙ

Анотація. Проблема виникнення пожеж, зокрема в природних екосистемах, є на сьогодні досить актуальною в теперішній час. Лісові пожежі, пожежі, які виникають внаслідок спалювання сухоостою на відкритій території, пожежі торфовищ завдають шкоди довкіллю та населенню, яке проживає поблизу таких масивів. Умовою зниження цього негативного впливу є своєчасне реагування на них та гасіння в найкоротші терміни. Для цього необхідно забезпечити надійність протипожежних засобів, що застосовуються для їх гасіння, зокрема, пожежних автоцистерн.

Мета роботи полягає у підвищенні надійності роботи парку пожежних автомобілів в межах адміністративного району для забезпечення безвідмовного реагування на пожежі в екосистемах.

Методи дослідження. Для аналізу показників надійності та працездатності пожежних автоцистерн застосовано методи математичної статистики та теорії надійності.

Результати дослідження. Під час дослідження здійснено аналіз літературних даних і нормативних документів щодо надійності автомобілів на стадії експлуатації. На другому етапі проведено вибірку пожежних автомобілів для дослідження показників надійності парку пожежних автомобілів підрозділів державної, місцевої та добровільної пожежної охорони. Здійснено аналіз несправностей, що виникають на пожежних автомобілях підрозділів державної, місцевої та добровільної пожежної охорони, а також досліджено показники надійності парку пожежних автомобілів підрозділів пожежної охорони в межах адміністративного району.

Висновки. Аналіз несправностей систем пожежних автоцистерн показав, що найчастіше виходить з ладу двигун внутрішнього згорання, водопінні комунікації (пошкодження вакуумного насоса, засувок та вентилів), а також систем трансмісії та пожежного насосу. При цьому тривалість ремонту цих систем становить 10-13 діб. Дослідження показників надійності парку пожежних автомобілів підрозділів пожежної охорони, показало, що ймовірність безвідмовної роботи парку протягом місяця в середньому становить 0,75, а коефіцієнт технічної готовності парку пожежних автоцистерн, що експлуатуються в пожежній охороні, становив 0,913. Для забезпечення безвідмовної роботи парку пожежних автомобілів достатньо здійснити резерв заміщенням однією пожежною автоцистерною на чотири підрозділи місцевої та добровільної пожежної охорони.

Ключові слова. пожежна техніка, пожежна автоцистерна, показники надійності, пожежі в природних екосистемах, лісові пожежі.

A. A. Renkas

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

THE METHOD OF INCREASING THE OPERATIONAL RELIABILITY OF FIRE TRUCKS BASED ON THE ANALYSIS OF THEIR MALFUNCTIONS

Abstract. The occurrence of fires in natural ecosystems is an urgent problem nowadays. Wildfires harm the environment and the population. The condition for reducing this negative impact is responding to them and extinguishing them in the shortest time. It is necessary to ensure the reliability of firefighting means used for extinguishing wildfires.

The purpose of the article is to improve the reliability of the district's fire truck fleet to ensure a trouble-free response to fires in ecosystems.

Research methods. The methods of mathematical statistics and reliability theory were used to analyse the reliability and performance of fire tankers.

Results of the study. The study analysed literature and regulatory documents on the reliability of vehicles at the stage of operation. In the second stage, a sample of fire trucks was selected to study the reliability indicators of the fire truck fleet of state, local and voluntary fire protection units. An analysis of malfunctions that occur on fire trucks of the fire units is carried out, and the reliability indicators of the fire truck fleet of fire units are studied.

Conclusions. Analysis of fire truck systems malfunctions showed that the most common failures are the internal combustion engine, water lines, transmission systems, and fire pumps. The repair time for these systems is 10-13 days. A study of reliability indicators showed that the probability of a fire truck fleet's uptime during a month averaged 0.75, and the fleet's

technical readiness ratio was 0.913. To ensure the trouble-free operation of the fire truck fleet, it is enough to make a reserve by replacing one fire truck with four fire units.

Keywords. Fire equipment, fire trucks, reliability indicators, fires in natural ecosystems, wildfires.

Постановка проблеми. Успішне гасіння пожеж в природних екосистемах залежить від вчасного їх виявлення та якнайшвидшої доставки сил та засобів до місця їх виникнення. Сумарний час від початку виникнення пожежі до її ліквідації визначатиме величину завданих економічних та екологічних збитків. Зменшення цього часу є важливою науково-практичною задачею.

Надійність пожежно-рятувальної техніки, яка залучається до ліквідації таких пожеж, також має значний вплив на їх тривалість. Так, виникнення несправностей пожежно-рятувальної техніки в процесі експлуатації призводить до необхідності залучення підрозділів, які розташовані на більшій відстані від місця виникнення пожежі. Відповідно до національного законодавства [1] в пожежно-рятувальних підрозділах ДСНС необхідно передбачати 1-кратний резерв основних пожежних автомобілів та 0,5-кратний резерв спеціальних пожежних автомобілів. Проте у сільській місцевості, де найчастіше виникають пожежі в екосистемах, у підрозділах місцевої та добровільної пожежної охорони резерв такої техніки не передбачається, що призводить до зниження технічної готовності парку пожежно-рятувальної техніки в межах адміністративного району.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Питанням зниження тривалості пожеж в екосистемах шляхом оптимального розміщення пожежних підрозділів присвячено велику кількість наукових праць. Зокрема, авторами [2-3] запропонували метод визначення оптимального місця розміщення засобів пожежогасіння, що дає змогу скоротити час вільного розповсюдження низової лісової пожежі на 25% та чисельність працівників для її локалізації на 53,8%. У роботі [4] розглянуто логістичні ланцюги застосування засобів пожежогасіння для боротьби з надзвичайними ситуаціями в природних екосистемах та лісових пожежах відповідно до обладнання, яке перебуває на балансі аварійно-рятувальних підрозділів та лісгосподарських підприємств України. Проте, вихід з ладу пожежно-рятувальної техніки, що залучається до гасіння пожежі, призведе до різкого зростання цих показників. Тому важливим завданням є дослідження надійності пожежних автомобілів та вжиття заходів з підвищення показників надійності.

Стан проблеми забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем розглянуто в монографії [5]. Основні поняття надійності автомобільних транспортних систем отримано на основі аналізу

відмінностей та аналогій із надійністю технічних систем, підсистем і їх елементів. Праця спрямована на оптимізацію перевезень вантажів і пасажирів з урахуванням надійності автомобілів парку автотранспортних підприємств. Ці результати можуть бути використані для розв'язання проблем надійності інших автомобільних транспортних систем, зокрема техніки пожежно-рятувальних служб.

Для забезпечення надійності автомобільних транспортних систем важливим є нормативно-правове забезпечення. Аналіз наявності такої законодавчої бази проведено у роботі [6]. У статті виявлено основні проблеми нормативно-правового регулювання, що має вплив на надійність роботи автомобільного транспорту. Важливим є також нормативно-правове регулювання, що дасть змогу підвищити надійність автомобільного парку пожежно-рятувальних підрозділів.

У більшості праць особливу увагу приділяють впливу на надійність транспортних систем людського фактора, інформаційних систем керування транспортними процесами, а також дорожньо-транспортних пригод та заторів. Так, робота [7] присвячена вивченню людського фактора, а саме: роботі людини-оператора (водія, диспетчера), які прямо чи опосередковано впливають на надійність системи. У статті [8] на основі аналізу розвитку теорії надійності та її показників сформульовано показники надійності транспортних систем та побудовано систему факторів, що визначають їх надійність. Запропоновано та обґрунтовано нові показники надійності, такі як аварійний простій, пов'язаний із ДТП. Проте, для виконання завдань за призначенням пожежно-рятувальних підрозділів найбільш важливим чинником в надійності автомобільних транспортних систем є справність та безвідмовна робота пожежно-рятувальної техніки.

У роботі [9] розглядаються теоретичні основи прогнозування надійності пожежних автомобілів. Пропонується розроблена методика визначення технічного стану автомобіля, що у майбутньому дасть змогу зменшити кількість ремонтів та експлуатаційних витрат на обслуговування пожежного автомобіля. Як зазначають автори, для удосконалення методики необхідно провести експериментальні дослідження. Тому необхідно проаналізувати статистичні дані відмов пожежних автомобілів.

Враховуючи вищевикладене, доцільно розглянути статистику відмов пожежних автомобілів, щоб оцінити надійність парку пожежних автомобілів в межах адміністративних одиниць.

Мета роботи полягає у підвищенні надійності роботи парку пожежних автомобілів в межах адміністративного району для забезпечення безвідмовного реагування на пожежі в екосистемах.

Для її досягнення вирішувалися такі завдання:

– огляд та аналіз літературних даних і нормативних документів щодо надійності автомобілів на стадії експлуатації;

– вибірка пожежних автомобілів для дослідження показників надійності парку пожежних автомобілів підрозділів державної, місцевої та добровільної пожежної охорони;

– аналіз несправностей, що виникають на пожежних автомобілях підрозділів державної, місцевої та добровільної пожежної охорони;

– дослідження показники надійності парку пожежних автомобілів підрозділів державної, місцевої та добровільної пожежної охорони;

– розробка рекомендацій для забезпечення надійності пожежних автомобілів з метою безвідмовного реагування підрозділів державної, місцевої та добровільної пожежної охорони на пожежі в екосистемах.

Результати досліджень

У 2023 році в Україні в природних екосистемах виникло 647 пожеж, до яких відносяться пожежі лісових масивів та торфовищ. Окрім цього, на відкритих територіях в Україні виникло 37495 пожеж, близько 75 % з яких – пожежі, що виникають внаслідок випалювання сухої рослинності. Такі пожежі призводять до екологічних збитків, а також до значних побічних матеріальних збитків, що пов'язані із залученням пожежно-рятувальних підрозділів на їх ліквідацію.

Для дослідження вибрано пожежні автоцистерни, які зазвичай використовуються у сільській місцевості для гасіння пожеж в природних екосистемах, доставки особового складу та подачі вогнегасних речовин до осередку виникнення пожежі. У рамках реформування ДСНС щодо створення підрозділів місцевої пожежної охорони у територіальних громадах відбувався процес передачі пожежних автоцистерн старих зразків до

новоутворених підрозділів. У підрозділах державної пожежної охорони, які залучаються до гасіння пожеж в сільській місцевості, експлуатуються більш нові автомобілі. Розподіл пожежних автоцистерн, які залучаються до гасіння пожеж у сільській місцевості, за роками виробництва виглядає таким чином: 32 % – автомобілі 1989-2000 років виробництва; 36 % – 2001-2010 років виробництва та 32 % – з 2011 року виробництва і донині.

Вибірка автомобілів для проведення досліджень становить 24 пожежні автоцистерни у співвідношенні за роками виробництва, що наведені вище. Серед пожежних автоцистерн наявні автомобілі вітчизняного виробництва на шасі автомобілів ЗіЛ, КаМАЗ та МАЗ, а також закордонного та вітчизняного виробництва на шасі автомобілів Mercedes-Benz, IVECO та MAN.

Для аналізу несправностей, які виникають в пожежних автоцистернах, що залучаються до гасіння пожеж в природних екосистемах, вибрано період 41 місяць: з 01 січня 2019 року до 01 червня 2022 року.

Аналіз несправностей пожежних автоцистерн показав, що усі їх можна розділити на групи за системами, які дають збій. Так було отримано такі групи несправностей:

- несправність двигуна внутрішнього згорання;
- несправність трансмісії автомобіля;
- несправність систем керування автомобіля;
- несправність електрообладнання автомобіля;
- несправність ходової частини автомобіля;
- пошкодження кузовних деталей автомобіля;
- несправність водопіпних комунікацій;
- несправність пожежного насоса.

Розподіл за кількістю несправностей за групами та відсотковим співвідношення до загальної кількості несправностей у період з 01 січня 2019 року до 01 червня 2022 року наведено на рис. 1а. Розподіл за тривалістю ремонту за групами несправностей та відсотковим співвідношення до сумарної тривалості ремонту усіх автомобілів у період з 01 січня 2019 року до 01 червня 2022 року наведено на рис. 1б.

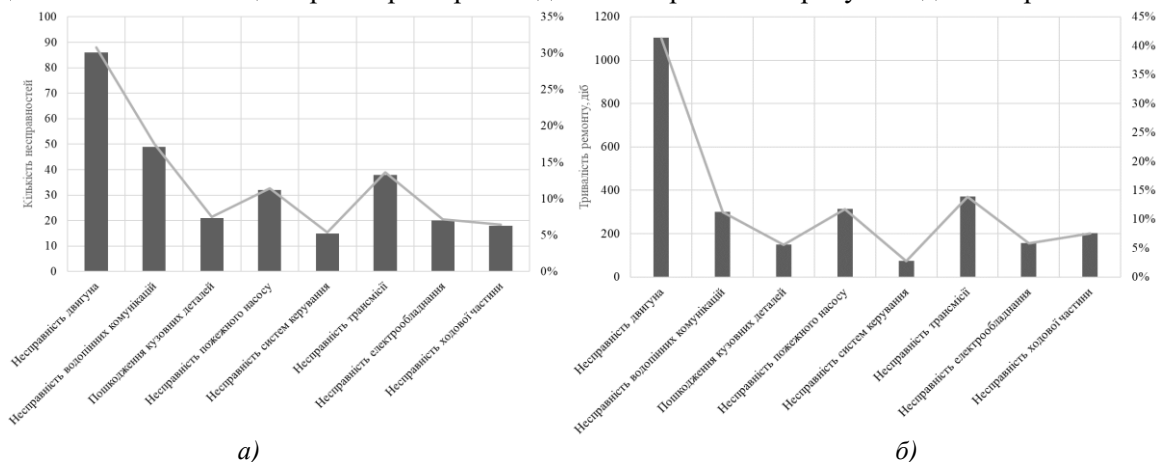


Рисунок 1 – Розподіл несправностей: а) за кількістю; б) за тривалістю ремонту за 41 місяць експлуатації

Найчастіше в пожежних автоцистернах виникають несправності, пов'язані з двигуном внутрішнього згорання: кількість несправностей – 86, загальна тривалість ремонту – 1105 діб. У середньому на ремонт однієї несправності витрачено 13 діб. До основних несправностей двигуна внутрішнього згорання відносяться пошкодження системи запалювання, системи живлення двигуна та системи охолодження.

Також часто в пожежних автоцистернах виникають несправності водопіпінних комунікацій (49), проте тривалість ремонту тут одна із найнижчих, порівняно з іншими групами несправностей – 6 діб. Основними несправностями є пошкодження вакуумного насоса, а також засувки та вентилів. Окремо винесені несправності, пов'язані із виходом з ладу пожежного насоса, середній термін ремонту яких становить 10 діб, а основною причиною є негерметичність насоса.

Несправність будь-якої із вищезгаданих систем пожежної автоцистерни призведе до неможливості роботи та невиконання функцій за призначенням первинного підрозділу пожежної охорони на пожежній автоцистерні.

Необхідною умовою для забезпечення безперебійної роботи підрозділів пожежної охорони є дослідження показників надійності парку пожежних автомобілів підрозділів державної, місцевої та добровільної пожежної охорони.

Для дослідження ймовірності безвідмовної роботи парку пожежних автоцистерн, що експлуатуються в пожежній охороні, використано показник безвідмовної роботи, що залежить від загальної кількості пожежних автоцистерн (N) та кількості автоцистерн, що вийшли з ладу за час t, n(t):

$$P(t) = 1 - \frac{n(t)}{N}. \quad (1)$$

За час t прийнято календарний місяць. При цьому прийнято, що пожежні автомобілі, які були пошкоджені, не ремонтуються. Дослідження проводились з початку вибраного періоду, з 01 січня 2019 року. Уже у жовтні 2019 року справних автомобілів не залишилось би. Характеристики зміни ймовірності безвідмовної роботи зображено на рис. 2

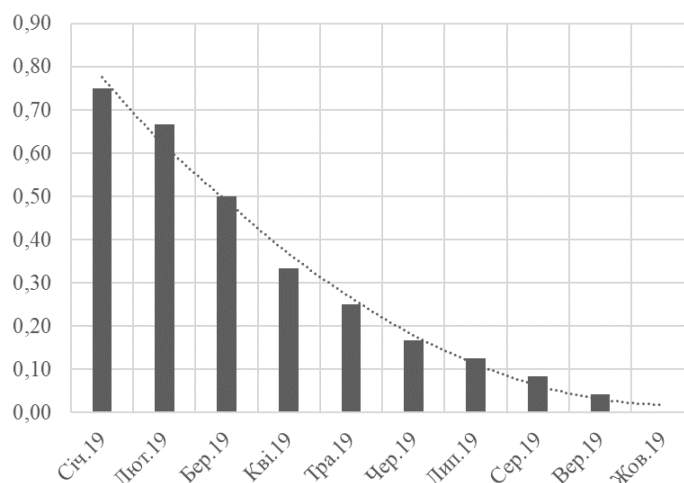


Рисунок 2 – Характеристики зміни ймовірності безвідмовної роботи за 10 місяців експлуатації парку пожежних автоцистерн

Для комплексної оцінки надійності сукупності пожежних автоцистерн доцільно розглянути показник технічної готовності. Коефіцієнт технічної готовності визначається з такою залежністю:

$$\alpha_T = \frac{\sum_{i=1}^A D_{Ti}}{A \cdot D_K}, \quad (2)$$

де D_{Ti} – кількість днів справної роботи і-ого автомобіля, A – кількість автомобілів на території, D_K – кількість днів в періоді, що розглядається (1279 днів).

При розрахунках коефіцієнт технічної готовності парку пожежних автоцистерн, що експлуатуються в пожежній охороні, становив 0,913. Коефіцієнт технічної готовності для парку пожежних автоцистерн повинен бути максимально наближеним до одиниці, оскільки пожежні автомобілі підрозділів пожежної охорони використовуються постійно і повністю.

Також доцільно розглянути інтенсивність відмов пожежних автоцистерн протягом періоду, що розглядається, по місяцях. Цей показник визначається за такою залежністю:

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{N \cdot \Delta t}, \quad (3)$$

де Δt – інтервал часу, місяць.

Результати розрахунків інтенсивності відмов протягом періоду, що розглядався, наведені на рис. 3.

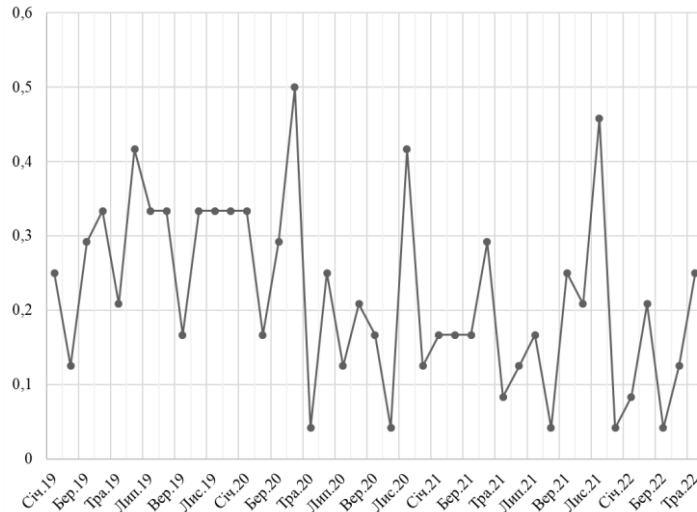


Рисунок 3 – Інтенсивність відмов за 41 місяць експлуатації парку пожежних автоцистерн

Як видно з графіка жодної закономірності відмов пожежних автоцистерн за сезонністю не спостерігається. Так, найвища інтенсивність відмов спостерігається у квітні 2020 року та листопаді 2021 року, а найнижча у травні 2020 року, жовтні 2020 року, серпні 2021 року, грудні 2021 року та березні 2022 року. Середнє значення інтенсивності відмов становить 0,22 1/місяць.

Корисним показником для прогнозування виникнення несправностей на пожежних автоцистернах є середній наробіток до відмови. Визначається на такою залежністю:

$$T = \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n t_{ij}}{\sum_{j=1}^N n_j}, \quad (4)$$

де t – час справної роботи j -ого об'єкта між відмовами; n_j – число відмов j -ого об'єкта за час t .

Здійснено аналіз середнього наробітку до відмов пожежних автоцистерн. Графічну залежність цього показника від року випуску автомобіля наведено на рис. 5.

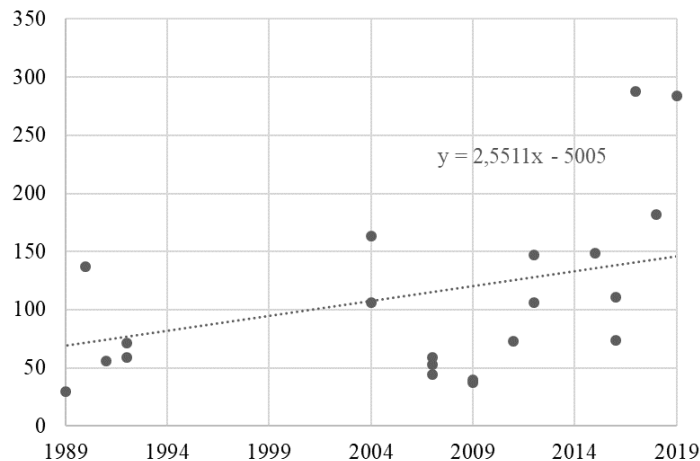


Рисунок 4 – Залежність наробітку до відмов пожежних автоцистерн залежно від року випуску

Як видно з рис. 4 спостерігається зростання цього показника залежно від року випуску, проте кореляція між цими показниками є низькою. Це може пояснюватися невдалим конструюванням та наявністю неякісних деталей в окремих типах

пожежних автоцистерн, що виготовлялись та надходили у підрозділи пожежної охорони з 2007 по 2017 рік. Середнє значення наробітку до відмов пожежних автоцистерн становить 103,3 дні.

Розглянемо, чи підпорядковується величина відмов пожежних автоцистерн нормальному закону розподілу.

$$f(T, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{\left(-\frac{(T-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)}, \quad (5)$$

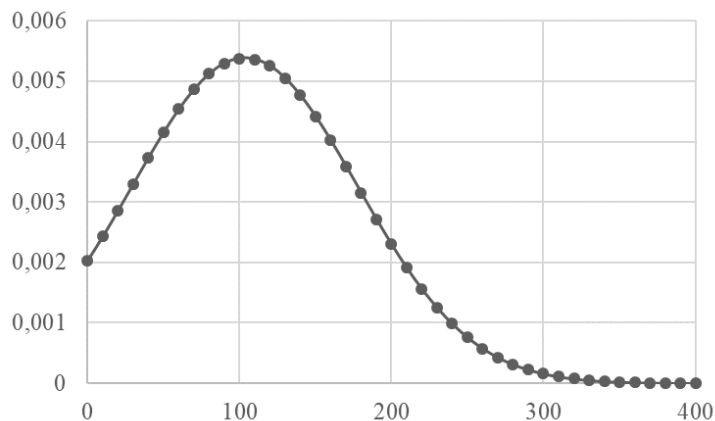


Рисунок 5 – Графік розподілу щільності ймовірності відмов пожежних автоцистерн

Максимальна щільність ймовірності розташована близько до середнього значення, але графік розтягнутий в ширину через велике стандартне відхилення. Це означає, що значення величини в цьому розподілі можуть значно відрізнятися від середнього значення, і вони можуть бути розподілені у великих межах.

Найефективнішим способом підтримання працездатності системи, а саме постійної готовності підрозділів пожежної охорони, є резервування заміщенням пожежних автоцистерн [10]. Для державної пожежної охорони передбачено 100 % основних пожежних автомобілів. Для місцевої та добровільної пожежної охорони такого резерву не передбачено. Враховуючи, що ймовірність безвідмовної роботи пожежних автоцистерн протягом місяця становить 0,75 достатньо забезпечити резерв по одній пожежній автоцистерні на кожні чотири, які експлуатуються в підрозділах місцевої та добровільної пожежної охорони.

Висновок. Аналіз несправностей систем пожежних автоцистерн показав, що найчастіше виходить з ладу двигун внутрішнього згорання, водопінні комунікації (пошкодження вакуумного насоса, засувки та вентилів), а також систем трансмісії та пожежного насоса. При цьому тривалість ремонту цих систем становить 10-13 діб. Для підрозділів місцевої та добровільної пожежної охорони це означає, що протягом цього періоду вони не здатні виконувати завдання за призначенням.

Дослідження показників надійності парку пожежних автомобілів підрозділів пожежної охорони, показало, що ймовірність безвідмовної роботи парку протягом місяця в середньому

де μ – середнє значення розподілу (103,3); σ – стандартне відхилення розподілу (74,09).

Графік розподілу щільності ймовірності відмов пожежних автоцистерн наведено на рис. 5.

становить 0,75, а коефіцієнт технічної готовності парку пожежних автоцистерн, що експлуатуються в пожежній охороні, становить 0,913.

Для забезпечення безвідмовної роботи парку пожежних автомобілів достатньо здійснити резерв заміщенням однією пожежною автоцистерною на чотири підрозділи місцевої та добровільної пожежної охорони.

Список літератури:

1. Про затвердження Настанови з експлуатації транспортних засобів в органах та підрозділах ДСНС України. Наказ ДСНС України від 27.06.2013 № 432. Режим доступу : zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0432388-13#Text
2. Renkas A.A., Popovych V.V., Rudenko D.V. (2022) Optimization of Fire Station Locations to Increase the Efficiency of Firefighting in Natural Ecosystems. *Environ. Res. Eng. Manag.*, vol. 78, no. 1, pp. 78. DOI: 10.5755/j01.erem.78.1.25581
3. Renkas A.A., Popovych V.V., & Dominik A.A. (2021). Method for determining the optimal location of firefighting equipment for localization of ground forest fires. *Series of Geology and Technical Sciences*, vol. 2, pp. 144-150. DOI: 10.32014/2021.2518-170X.46.
4. Popovych V.V., Gapalo A.I., Shukel I.A., & Renkas A.A. (2020). Logistic chains of application of firefighting equipment for suppression of forest and natural ecosystems fires. In *20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020*. 499-506. DOI: 10.5593/sgem2020/5.1/s20.063
5. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних

систем : монографія. Кропивницький : ТОВ "КОД", 2017. - 369 с.

6. Аулін В.В., Голуб Д.В. (2016) Нормативно-правове забезпечення надійності функціонування транспортних систем в Україні. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Сер. технічні науки, №2 (77). С. 28-35.

7. Rangra S., Sallak M., Schön W. & Vanderhaegen F. (2015). On the study of human reliability in transportation systems of systems. In 2015 10th System of Systems Engineering Conference (SoSE), pp. 208-213.

8. Tkhoruk Y., Kucher O., Holotiuk M., Krystopchuk M., & Tson O. (2019). Modeling of assessment of reliability transport systems. Proceedings of ICCPT 2019, Tern. TNTU, May 28-29, 2019, pp. 204-210.

9. Васильєва, О. Е., Палканинець, В. В. (2013). Аналіз сучасних методів прогнозування надійності пожежних автомобілів з метою удосконалення процесу їх технічного обслуговування. Науковий вісник НЛТУ України, 23(15). С. 119-126.

10. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. [Чинний від 1996-01-01]. Вид. офіц. Київ, 1996. 75 с.

References:

1. State Emergency Service of Ukraine (2013). On the approval of the Guidelines for the operation of vehicles in bodies and units of the State Emergency Service of Ukraine. Order at 27.06.2013 № 432. Retrieved from zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0432388-13#Text

2. Renkas, A.A., Popovych, V.V., & Rudenko, D.V. (2022). Optimization of Fire Station Locations to Increase the Efficiency of Firefighting in Natural Ecosystems. Environ. Res. Eng. Manag., 78 (1), 97-104. doi: 10.5755/j01.arem.78.1.25581

3. Renkas, A.A., Popovych, V.V., & Dominik, A.A.

(2021). Method for determining the optimal location of firefighting equipment for localization of ground forest fires. Series of Geology and Technical Sciences, 2, 144-150. doi: 10.32014/2021.2518-170X.46.

4. Popovych, V.V., Gapalo, A.I., Shukel, I.A., & Renkas, A.A. (2020). Logistic chains of application of firefighting equipment for suppression of forest and natural ecosystems fires. In 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. 499-506. doi: 10.5593/sgem2020/5.1/s20.063

5. Aulin, V.V., Golub, D.V., Hryniv, A.V., & Lysenko, S.V. (2017) Methodological and theoretical foundations of ensuring and improving the reliability of the functioning of automobile transport systems: monograph. Kropyvnytskyi: LLC "CODE.

6. Aulin, V.V., & Holub, D.V. (2016) Regulatory and legal ensuring of the reliability of transport systems in Ukraine. Bulletin of the Zhytomyr State Technological University. Ser. technical sciences, №2 (77), 28-35.

7. Rangra, S., Sallak, M., Schön, W. & Vanderhaegen, F. (2015). On the study of human reliability in transportation systems of systems. In 2015 10th System of Systems Engineering Conference (SoSE), 208-213.

8. Tkhoruk, Y., Kucher, O., Holotiuk, M., Krystopchuk, M., & Tson, O. (2019, May). Modeling of assessment of reliability transport systems. Proceedings of ICCPT 2019, Tern. TNTU. 204-210.

9. Vasilyeva, O.E., & Palkanynets, V.V. (2013). Analysis of modern methods of predicting the reliability of fire engines to improve their maintenance. Scientific Bulletin of UNFU, 23(15), 119-126.

10. Reliability of equipment. Terms and definitions. (1996) DSTU 2860-94 from 01 January 1996. Kyiv: Institute of reliability problems of machines and structures [in Ukrainian].

© А. А. Ренкас, 2023.

Науково-методична стаття.

Надійшла до редакції 19.09.2023.

Прийнято до публікації 06.12.2023.