

This article describes the peculiarities of how the modern information space functions, outlines the key features of information space singularity, and creates a space for information-based cooperation among government institutions as a structural element of information space in state administration. In the space for information-based cooperation among government institutions, horizontal and vertical levels of interaction are distinguished, with specific examples of these interactions. The legislative, functional, and telecommunicational types of information-based cooperation among subjects of environment for information-based cooperation among government institutions are analysed.

Keywords: e-government, information-based cooperation, information space, information space structuring.

УДК 614.843(075.32)

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗПОДІЛУ ЧАСУ НАПРАЦЮВАННЯ НА ВІДМОВУ ПОЖЕЖНОЇ ТЕХНІКИ І СПОРЯДЖЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СТАТИСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Е.М. Гуліда¹, В.О. Мирзосєв², М.-Т.Т. Марчишин³

На підставі методу статистичного моделювання визначено напрацювання на відмову та параметри форм розподілів, внаслідок чого встановлено закони розподілу для основної пожежної техніки та спорядження. Досліджено, що залежно від типу пожежної техніки або спорядження, їх комплектувальні прилади підпорядковуються різним законам розподілу. Наприклад, якщо коробка передач пожежного автомобіля підпорядковується закону розподілу Вейбулла, то створи пожежні ручні – нормальному.

Ключові слова: пожежа, пожежна техніка та спорядження, надійність пожежної техніки, параметри форм розподілу, закони розподілу.

Постановка проблеми. У сучасних умовах, під час гасіння пожеж, підрозділи пожежно-рятувальної служби застосовують технології ліквідації пожеж з погляду пожежної тактики. При цьому не враховують питання її надійності в екстремальних умовах, а вибір оптимального варіанта технології залежить переважно тільки від суб'єктивних поглядів керівника гасіння пожежі. У роботах, де висвітлено тактику ліквідації пожеж, наведено технологію ліквідації пожеж, але не розглянуто питання її надійності для кожного конкретного випадку і не взято до уваги можливі відмови роботи пожежної техніки та устаткування в процесі слідування до місця виклику та під час ліквідації пожежі на об'єкті.

Зрозуміло, що надійність складних систем залежить від багатьох факторів, але насамперед від відмови кожного з елементів, які входять до складу системи. Вихід з ладу будь-якого елемента системи може призвести до відмови всієї системи. Результати аналізу існуючих стандартів стосовно пожежно-рятувального обладнання та техніки (ДСТУ 3687-98, ДСТУ 2111-92, ДСТУ 2112-92, ДСТУ 2802-94, ДСТУ-П 7290:2012 та ін.), а також науково-технічної та довідникової літератури показали, що для пожежно-рятувального обладнання та техніки відсутні значення основних показників надійності. У деяких стандартах наведено тільки значення напрацювання на відмову, але в більшості випадків вони є не обґрунтованими.

У роботі [1] зазначено, що внаслідок відмов пожежної техніки у процесі ліквідації пожежі її тривалість може збільшуватися в 1,25-2,0 рази, що призведе до збільшення втрат як для об'єкта, так і для пожежно-рятувального підрозділу. Тому виникає проблема у визначенні хоча б деякою мірою наближених до дійсних значень основних показників надійності пожежної техніки для локалізації та гасіння пожежі, що дасть змогу з їх урахуванням забезпечити якісний процес ліквідації пожежі.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Перші дослідження надійності технічних об'єктів розпочалися на початку 1945 р. в США. Причиною цих досліджень стали численні відмови військової техніки, призначеної для бойових дій. Наприклад, 60 % літаків, призначених для оперативних дій на Далекому Сході, виявилися недієздатними [2]. Для вирішення завдань, які були пов'язані з надійністю технічних об'єктів, розпочали роботи з виконання експериментальних досліджень для визначення фактичної надійності і на цій основі почали створювати математичну теорію надійності. Значний внесок у цьому напрямку зробили Б.І. Костецький, О.С. Проніков, Д.М. Решетов та багато ін.

Стосовно надійності пожежної техніки в 90-х роках ХХ ст. було розроблено ДСТУ, в яких почали вводити значення показників надійності. Наприклад, у ДСТУ 3286-95 (ГОСТ 26938-95) (Автомобілі гасіння. Загальні технічні умови), який пізніше було замінено ДСТУ-П 7290:2012, наведено значення тривалості напрацювання на відмову у вигляді пробігу автомобілем 5000 км за швидкості руху 50 км/год, що відповідає $T_B = 100$ год. Але крім цього показника надійності, у стандарті нічого не наведено. Тому неможливо щось прогнозувати стосовно імовірності безвідмовної роботи. Крім цього, наведено значення $T_B = 100$ год є не обґрунтованим.

У 1988 р. опубліковано роботу [3], в якій запропоновано для уточнення T_B метод статистичного моделювання, тобто методику для уточнення значень показників надійності. У нашій країні одними із перших робіт із визначення основних показників надійності пожежної техніки, були роботи [4, 5]. Аналізуючи результати цих робіт, можна зауважити, що наведена методика визначення основних показників надійності пожежної техніки ґрунтується на даних напрацювання на відмову T_B , які наведено в ДСТУ. При цьому не враховувалося зменшення тривалості напрацювання на відмову внаслідок певного часу експлуатації пожежної техніки, а також надійність її структурних складових елементів. Але, навіть за наявності розглянутих результатів досліджень, виникає проблема в тому, що не визначено основні показники надійності для пожежної техніки як для системи, яка складається з багатьох складових елементів. Тому потрібно розробити методологію визначення основних показників надійності пожежної техніки з урахуванням надійності кожного її складового конструктивного елемента та відповідно забезпечення якісної локалізації та гасіння пожежі.

Мета роботи – визначення законів розподілу часу напрацювання на відмову основної пожежної техніки та спорядження у процесі їх експлуатації.

¹ проф. Е.М. Гуліда, д-р техн. наук – Львівський державний університет безпеки життєдіяльності;

² курсант В.О. Мирзосєв – Львівський державний університет безпеки життєдіяльності;

³ курсант М.-Т.Т. Марчишин – Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Постановка задачі та її розв'язання. Основою методу статистичного моделювання є багаторазова імітація процесів функціонування об'єктів і їх складових елементів. Кожний отриманий результат розглядають як випадкову реалізацію функції розподілу напрацювання. За отриманими результатами моделювання методами математичної статистики у вигляді впорядкованого варіаційного ряду можна визначити вид і параметри функції розподілу напрацювання до відмови.

Метод статистичного моделювання прогнозування надійності доцільно використовувати у випадку аналізу складної пожежної та аварійно-рятувальної техніки з використанням закону розподілу Вейбулла.

За законом розподілу Вейбулла імовірність безвідмовної роботи $R(t)$ можна визначити як

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right], \quad (1)$$

де: t – тривалість виконання роботи (або потрібна кількість виконаних певних операцій, або подолання потрібного шляху переміщення тощо); a – параметр масштабу, який задається максимально можливим часом роботи (або максимально можливою кількістю виконаних певних операцій, або максимально можливим граничним шляхом переміщення тощо) об'єкта або системи; b – параметр форми; якщо $b=1$, то розподіл Вейбулла перетворюється в експоненціальний; якщо $b = 2$, то розподіл Вейбулла перетворюється у розподіл Релея і якщо $b = 3,3$, то розподіл Вейбулла стає близьким до нормального розподілу.

Для визначення напрацювання до відмови прологарифмуємо залежність (1), внаслідок чого отримаємо

$$t_i = a b \sqrt[-b]{-\ln R_i(t)}. \quad (2)$$

Використовуючи залежність (2) та підставляючи в неї замість $R(t)$ випадкові числа X_i , можна статистичним моделюванням визначити:

- 1) параметри розподілу a і b у випадку, якщо напрацювання t встановлено експериментально;
- 2) напрацювання t за залежністю (2), якщо параметри розподілу a і b відомі для аналогічних виробів чи систем.

Статистичну оцінку імовірності того, що час безвідмовної роботи t системи не перевищує t_i , визначаємо за залежністю

$$R(t_i) = 1 - \frac{i}{N+1}, \quad (3)$$

де: $i = 1; 2; 3; \dots; n$ – цілі числа, які вказують номер проведення числового експерименту; N – загальна кількість проведених числових експериментів (реалізації випадкового процесу).

Для перевірки розподілу отриманих значень використовують графічний метод з використанням програмного пакета Microsoft Excel, побудови графічної залежності з накладанням на неї лінії тренда та отриманням рівняння прямої, яка не проходить через початок координат, у вигляді

$$y = bx - c, \quad (4)$$

де b – параметр форми, який дорівнює тангенсу кута нахилу лінії тренда до осі x . Після виконання нескладних математичних перетворень залежності (1), тобто подвійного логарифмування, отримуємо

$$\lg(-\lg(t_i)) = b \lg t_i - c; \quad (5)$$

$$c = 0,362 + b \lg a. \quad (6)$$

Тоді
$$a = 10^{\frac{c-0,362}{b}}. \quad (7)$$

Розглянемо наведену методику для оцінки надійності пожежного насосу ПН-40 пожежного автомобіля за середнього наробітку до відмови.

Для оцінки надійності системи розраховуємо десять ($N=10$) значень напрацювання системи до відмови. Розподіл напрацювання системи приймаємо відповідно до закону Вейбулла з параметрами $a=150$ год (згідно з ДСТУ 3687-98), $b=2$. Результати моделювання розподілу Вейбулла заносимо до табл. 1, на підставі якої будуюмо графічну залежність (рис.).

Табл. 1. Результати статистичного моделювання розподілу Вейбулла

№ з/п	$i (N = 10)$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	$R_i(t)$	0,73	0,9	0,57	0,97	0,01	0,29	0,11	0,91	0,25	0,12
2	t_i	84,1	48,7	112,5	26,2	321,9	166,9	222,9	46,1	176,6	218,4
3	Впорядк. ряд t_i	26,2	46,1	48,7	84,1	112,5	166,9	176,6	218,4	222,9	321,9
4	$R(t)_i$	0,91	0,82	0,73	0,64	0,55	0,46	0,36	0,27	0,18	0,09
5	$\lg t_i$	1,41	1,66	1,69	1,92	2,05	2,22	2,24	2,34	2,35	2,51
6	$\lg(-\lg R(t)_i)$	-1,4	-1,06	-0,86	-0,71	-0,59	-0,47	-0,35	-0,25	-0,13	0,019

Тангенс кута нахилу лінії тренда до осі абсцис (див. рис.) відповідає параметру форми розподілу Вейбулла, тобто $b = 1,2107$, а значення $c = 3,0504$. Тоді параметр масштабу розподілу Вейбулла буде таким:

$$a = 10^{\frac{3,0504-0,362}{1,2107}} = 166,2 \text{ год.}$$

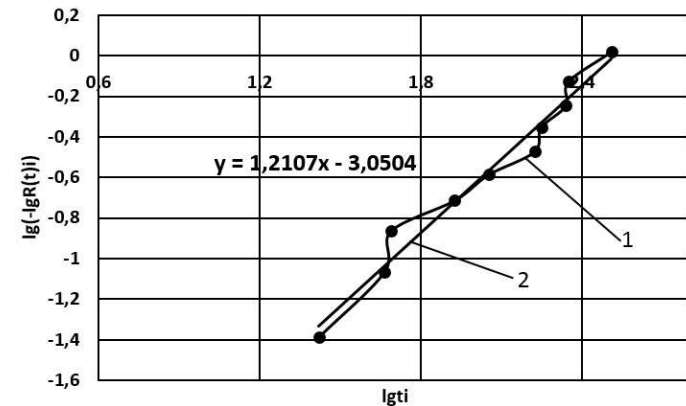


Рис. Розподіл напрацювання на відмову пожежного насосу ПН-40:
1 – крива розподілу; 2 – лінія тренда

Для визначених значень a і b , з урахуванням середньо-статистичного часу гасіння пожежі $t = 1,2$ год (відповідає загальному часу, який складається із часу слідування, локалізації та часу ліквідації пожежі), імовірність безвідмовної роботи буде такою:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{1,2}{166,2}\right)^{1,2107}} = 0,997.$$

Визначена імовірність безвідмовної роботи $R(t)=0,989$ відповідає цьому значенню у випадку, коли коефіцієнт готовності пожежного насоса ПН-40 буде дорівнювати:

$$K_s(t) = \frac{T_0(t)}{T_0(t) + T_{від}(t)} = \frac{166,2}{166,2 + 4} = 0,976,$$

де: $T_0(t)=166,2$ год; $T_{від}(t)=4$ год – час ліквідації відмови, тобто вважаємо, що до напрацювання $T_0(t)=166,2$ год виникне тільки одна відмова.

Отже, імовірність безвідмовної роботи пожежного насоса ПН-40 дорівнює $R(t)=0,997$, за коефіцієнта готовності $K_s(t)=0,976$. Аналогічно визначено значення тривалості напрацювання на відмову, параметри форм кривої розподілів, внаслідок чого встановлено закони розподілу для кожного розглянутого приладу або спорядження пожежної техніки. Результати цих розрахунків наведено в табл. 2.

Табл. 2. Закони розподілу і параметри форм розподілів пожежної техніки та спорядження

№ з/п	Назва приладу або спорядження	Одиниця виміру T_B	Напрацювання на відмову T_B	Параметр форми розподілу b	Закон розподілу
1	Двигун та акумулятор автомобіля	км	4937	1,08	Експоненційний
2	Коробка передач автомобіля	км	5324	1,44	Вейбулла
3	Карданна передача автомобіля	км	4002	1,438	Вейбулла
4	Шасі та ходова частина	км	4975	2,4	Нормальний
5	Коробка відбору потужності	год	143	1,875	Вейбулла
6	Насос типу НЦП-5/80	год	110	1,21	Вейбулла
7	Розгалуження рукавні	цикл	383	1,07	Експоненційний
8	Стволи пожежні ручні	цикл	464	2,43	Нормальний
9	Колонка пожежна	цикл	309	1,422	Вейбулла
10	Водозбирач рукавний	цикл	349	1,495	Вейбулла

Висновки:

1. Використання методу статистичного моделювання надійності дає змогу встановити закони розподілу для всіх основних типів пожежної техніки і спорядження, що надає можливість, з точністю до 5 %, визначити імовірність її безвідмовної роботи.
2. Запропонований метод визначення законів розподілу дає змогу визначити напрацювання на відмову основної пожежної техніки та спорядження, яка використовується на відповідних технологічних операціях. Тому цей показник необхідно враховувати під час проведення оперативних дій з гасіння пожежі.
3. Використання методу статистичного моделювання дало змогу визначити напрацювання на відмову та параметри форм розподілів пожежної техніки та

спорядження, внаслідок чого встановили закони розподілу, яким вони підпорядковуються.

Література

1. Гуліда Е.М. Надійність технології гасіння пожежі на машинобудівних підприємствах / Е.М. Гуліда, І.О. Мовчан // Науковий вісник УкрНДДПБ : зб. наук. праць. – К. : Вид-во УкрНДДПБ. – 2004. – № 2 (10). – С. 42-48.
2. Дзюба Л.Ф. Основи надійності машин / Л.Ф. Дзюба, Ю.В. Зима, С.М. Лютий. – Львів : Вид-во "Логос", 2003. – 204 с.
3. Решетов Д.Н. Надежность машин / Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев. – М. : Изд-во "Высш. шк.", 1988. – 238 с.
4. Гуліда Е.М. Визначення показників надійності пожежної техніки методом статистичного моделювання / Е.М. Гуліда, І.О. Мовчан, Л.Ф. Дзюба // Пожежна безпека : зб. наук. праць, 2006. – № 8. – С. 116-121.
5. Мовчан І.О. Забезпечення надійності технології гасіння пожежі на машинобудівному підприємстві : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 21.06.02 "Пожежна безпека" / І.О. Мовчан. – Харків : Вид-во УЦЗУ, 2007. – 20 с.
6. Повзик Я.С. Пожарная тактика / Я.С. Повзик, П.П. Клос, А.М. Матвейкин. – М. : Изд-во "Стройиздат", 1990. – 335 с.
7. Иванников В.П. Справочник руководителя тушения пожара / В.П. Иванников, П.П. Клос. – М. : Изд-во "Стройиздат", 1987. – 288 с.
8. Яковенко Ю.Ф. Техническая диагностика пожарных автомобилей / Ю.Ф. Яковенко, Ю.С. Кузнецов. – М. : Изд-во "Стройиздат", 1989. – 289 с.
9. Надежность и эффективность в технике : справочник / под ред. И.В. Апполонова. – В 10-ти т. – Т. 7. – М. : Изд-во "Машиностроение", 1989. – 280 с.
10. Державні стандарти України (зб.). Пожежна безпека, Продукція протипожежного призначення. – К. : Вид-во "Пожінформтехніка", 2000. – 640 с.
11. ДСТУ 2302-93 Батареї акумуляторні свинцеві стартерні. Приймання до ремонту і видача. – К. : Держстандарт України, 2000. – 18 с.

Надійшла до редакції 21.06.2016 р.

Гуліда Е.Н., Мирзоев В.А., Марчишин М.Т.-Т. Определение параметров распределения времени наработки на отказ пожарной техники и снаряжения с использованием метода статистического моделирования

На основании метода статистического моделирования определены наработки на отказ и параметры форм распределений, что позволило установить законы распределения для основной пожарной техники и снаряжения. Результаты исследований показали, что каждый тип пожарной техники или снаряжения подчиняется только определенному закону распределения. Например, если коробка передач пожарного автомобиля подчиняется закону распределения Вейбулла, то стволы пожарные ручные – нормальному.

Ключевые слова: пожар, пожарная техника и снаряжение, надежность пожарной техники, параметры форм распределения, законы распределения.

Hulida Ye.M., Mirzoyev V.O., Marchishin M.T.-T. The Timing of the Distribution Parameters MTBF of Fire Equipment and Equipment Using the Method of Statistical Modeling

Based on statistical modeling we have identified difference between failure and forms of distribution parameters, which allowed establishing the distribution laws for basic fire fighting equipment and gear. The results showed that each type of fire fighting equipment, or equipment is subject only to a specific distribution law. For example, if the fire box car transmission obeys the Weibull distribution, the fire hand guns – normal.

Keywords: fire, fire fighting equipment and gear, safety of fire fighting equipment, the parameters of the distribution of forms, distribution laws.