

О. А. Макогон, О. Г. Акіншин, В. М. Щокін, А. П. Пономаренко, О. О. Кумпан, Є. М. Шпінда
Військовий інститут танкових військ НТУ «ХПІ», Харків, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ПЕРЕВІРКИ СТАТИЧНИХ ГІПОТЕЗ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСОБІВ ПОЖЕЖОГАСІННЯ ЗРАЗКА ОБТ

Предметом вивчення в статті є процес запобігання вибуху паливноповітряних сумішей і боєкомплекту в заброньованому об'язі з допомогою протипожежного обладнання броне об'єктів. **Метою дослідження** є науково-технічне обґрунтування заходів щодо підвищення живучості бронеоб'єктів та екіпажу від впливом пожежі шляхом удосконалення методики визначення порогової температури спрацювання системи пожежогасіння. **Задачі:** проаналізувати статистичні дані щодо ефективності застосування засобів пожежогасіння при ураженні бронеоб'єкта бронебійним та кумулятивним снарядом; надати формалізацію задачі визначення оптимального моменту прийняття рішення про запобігання пожежі; обґрунтувати функціонал вимірювальної системи з регулюємим порогом спрацювання у системи протипожежного обладнання. Використовуваними є **методи** обробки статистичних даних за допомогою апарата перевірки статистичних гіпотез та континуального лінійного програмування. Отримані такі **результати**. Час охолодження броні до температури, нижче температури займання палива, можна вважати випадковою величиною, підкореною нормальному закону розподілу. Дана задача в математичній постановці формулюється як задача перевірки однієї статистичної гіпотези проти декількох альтернатив. За результатами математичного моделювання можна зробити висновок, що використання рандомізованого правила дозволяє приймати вірне рішення у 96% випадків при завданні рівня значущості 0,1. Запропонований підхід надасть змогу підвищити ефективність роботи системи ППО без зниження рівня надійності. Технічно це можливо досягнути шляхом організації вимірювальної системи з регулюємим порогом спрацювання у складі ППО об'єктів БТОТ. **Висновки.** Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному. Для визначення оптимального моменту прийняття рішення про запобігання пожежі - спрацювання термодатчиків, датчиків вібрації, системи вентиляції повітря та відкачування палива запропоновано застосувати відомий апарат теорії імовірності та перевірки статистичних гіпотез за даними спостережень бойових дій в районі проведення АТО. За критерієм Неймана-Пірсона визначаються помилки першого та другого роду при помилковому спрацюванні апаратури та пропуску пожежі відповідно, а також потужність критерію. Дана задача в математичній постановці сформульована як задача перевірки однієї статистичної гіпотези проти декількох альтернатив. В залежності від конкретних умов експлуатації зразка БТОТ можна розширити множину розв'язуваних задач: наприклад, використовуючи з байесовські критерії, що засновані на функції середнього ризику. Показано, що у якості інструмента для перевірки статистичних гіпотез доцільно використовувати континуальне лінійне програмування.

Ключові слова: система пожежогасіння на бронеоб'єкті, перевірка статистичних гіпотез, континуальне лінійне програмування.

Вступ

Постановка проблеми та завдання дослідження. Наявність ефективної системи пожежогасіння на бронеоб'єктах є однією з вимог щодо забезпечення комплексного захисту танків. За рахунок облаштування на бронеоб'єктах автоматичних пристроїв захисту від займання, раціонального розміщення баків з паливом, боєукладки, силової установки знижується займість об'єкта. Це в кінцевому рахунку підвищує його живучість шляхом впливу на фактор відновлюваності через скорочення тривалості ремонту. При цьому скорочуються і економічні витрати на ремонт.

Забезпечення пожежевибухобезпеки машини є однією з важливих складових збереження живучості екіпажу і машини. Надійність системи пожежогасіння істотно впливає на час відновлення машини після її ураження. Не менш важливим є забезпечення пожежної безпеки в умовах експлуатації машини поза бойових дій. Особливо це актуально при експлуатації бойових машин в регіонах з жарким кліматом.

В даний час захист бронеоб'єктів від пожежі здійснюється автоматичними протипожежними засобами, що включені до комплексної системи захисту. Принцип їх дії полягає в ізолюванні вогнища пожежі від повітря, в якому є кисень, за рахунок припинення циркуляції повітря і витіснення його вогнегасною сумішшю (галогенуглеводородний

склад). З цієї метою глушать двигун, вимикають нагнітач і вентилятори, герметизують силове відділення і подають вогнегасящі суміш до джерела вогню.

Специфічні вимоги до системи пожежогасіння бойової машини викликані тим, що не завжди є можливі здійснити евакуацію екіпажу з відділень машини. Це стосується підводного водіння танка, може бути викликано умовами бойових дій, пораненням екіпажу і т.п.

Існуючі системи пожежогасіння не повною мірою задовольняють сучасним вимогам збереження живучості екіпажу і машини. З досвіду недавніх бойових конфліктів відомо, що через наявність великої кількості засобів боротьби з танками ураження машини здійснюється багаторазово, а спрацювання системи пожежогасіння відбувалося із запізненням або було хибним.

Час зниження температури броні в області пробійної до значень, коли займання парів паливоповітряної суміші і матеріалів, безпосередньо розташованих поблизу пробійної, не відбувається, визначає необхідну тривалість ізоляції даної зони за допомогою засобів пожежогасіння від кисню з метою уникнення займання парів палива.

Вищевказане свідчить про необхідність подальшого розвитку теорії та прикладних аспектів пристрою системи пожежогасіння бронеоб'єктів. Метою роботи є науково-технічне обґрунтування захо-

дів щодо підвищення живучості броньованих об'єктів та екіпажу від впливом пожежі шляхом удосконалення методики визначення порогової температури спрацювання системи пожежогасіння.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З аналізу як вітчизняних так і закордонних засобів протипожежного захисту бойових машин встановлено, що роботи з удосконалення систем ППО тривають і в даний час. Дані роботи спрямовані на зменшення ймовірності спрацювання системи ППО від хибних сигналів, зменшення часу спрацювання системи та створення умов для виживання екіпажу.

Системи ППО вітчизняних броньованих машин, які стоять на озброєнні, за типом вогнегасної рідини і її витратам відповідають закордонним зразкам. Разом з тим, необхідно здійснити подальше удосконалення системи за рахунок підвищення ефективності роботи системи ППО без зниження рівня надійності [1-3].

На підставі аналізу типів поразок броньованих об'єктів в бойових діях встановлено, що у разі прямого попадання в танк кумулятивного снаряда ймовірність ураження екіпажу від кумулятивного струменя значно поступається ймовірності загибелі екіпажу в разі виникнення пожежі в бойовому відділенні, викликаного попаданням снаряда.

Виявлення вогнищ займання і боротьба з пожежею усередині машини ускладнюється великим числом різних факторів. У першу чергу це висока пожежонебезпека внаслідок наявності великої кількості горючих та вибухових матеріалів.

Своєчасно не виявлене і не погашене вогнище загорання всередині танка, враховуючи таку кількість пожежонебезпечного і високоенергетичного матеріалу, з високою ймовірністю призведе до втрати бойової машини навіть без детонації боєкомплекту внаслідок її руйнування під впливом високої температури, а при певному поєднанні несприятливих факторів і до загибелі екіпажу. І все ж покладати на екіпаж обов'язок контролювати внутрішні відділення танка на предмет загорання і забезпечувати гасіння пожежі, незважаючи на всю важливість цього

завдання, не представляється можливим. Причиною тому - висока компактність розміщення вузлів і агрегатів в заброньованому просторі.

Таким чином, оцінка пожежної стійкості сучасного танка, а також специфіка конструкції і умов роботи членів екіпажу свідчать про необхідність використання на машині вискоелективної в плані виявлення і боротьби з вогнем системи пожежогасіння.

Метою статті є науково-технічне обґрунтування заходів щодо підвищення живучості броньованих та екіпажу від впливом пожежі шляхом удосконалення методики визначення порогової температури спрацювання системи пожежогасіння.

Виклад основного матеріалу

Пробоїна як джерело пожежі. В області зіткнення снаряда з бронєю утворюється високотемпературна зона. Як результат, потрібна оцінка часу зниження температури броні в області пробоїни до значень, коли займання парів паливоповітряної суміші і матеріалів, безпосередньо розташованих поблизу пробоїни, не відбувається. Цей час визначає необхідну тривалість ізоляції даної зони за допомогою засобів пожежогасіння від окислювача - кисню з метою уникнення займання парів палива.

Склад танкової броні відрізняється на різних ділянках об'єкта, у багатьох місцях є неоднорідним, складним за просторовою структурою. Існує величезне різноманіття умов зіткнення снаряда з бронєю, викликане відмінністю типу снаряда, швидкістю і кутом зіткнення снаряда з бронєю, товщиною броні в області зіткнення, тощо. Ударне стиснення броні призводить не тільки до зростання тиску в області стиснення, але і її нагрівання. [4,5]

Тому доцільно провести оцінку часу охолодження бронеплит різної товщини в умовах миттєвого локального виділення тепла в області зіткнення снаряда з бронєю. Статистичну вибірку, що підлягає дослідженню, можна вважати обмежено репрезентативною, але достатньою для статистичної обробки.

Отримані дані не мають «проколів». Результати статистичної вибірки наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Статистичні дані спрацювання термодатчиків (оптичних датчиків) системи ППО броньованого об'єкта при ураженні броньованим снарядом

Місце ураження броньованого об'єкта	Спрацювання системи ППО	Час до спрацювання системи ППО, с	Частота хибних спрацювань на 10 випадків	Частота відмов на 10 випадків
Ураження корпусу	Передня група паливних баків	170 (20)	4 (4)	4 (4)
	Задня група паливних баків	180 (180)	4 (4)	4 (3)
	Пошкодження АБ	40 (20)	2 (3)	3 (3)
	Пошкодження масляного баку	60 (25)	5 (6)	3 (2)

Аналіз зібраних даних дозволяє вважати, що для випадку пробою лише через 2 хвилини температура броні в області пробоїни знизиться нижче температури самозаймання дизельної суміші в повітрі, яка складає $T_{CB} \approx 495K$ (рис. 1, 2). Як бачимо, час охолодження броні в області пробоїни є випадковою величиною, що підкорена нормальному закону розподілу. Будемо вважати, що швидкість, діаметр і масою

броньованого снаряда, товщиною броні, часткою енергії снаряда, затрачуваної на нагрівання броньованого листа, зумовлюють випадковий характер необхідно мінімального часу ізоляції пробоїни від парів палива з метою уникнення займання суміші. лежить в діапазоні 0,5 ... 2,5 хвилин. Середні значення часу зниження температури броні в області пробоїни до температури самозаймання палива наведені у табл. 2.

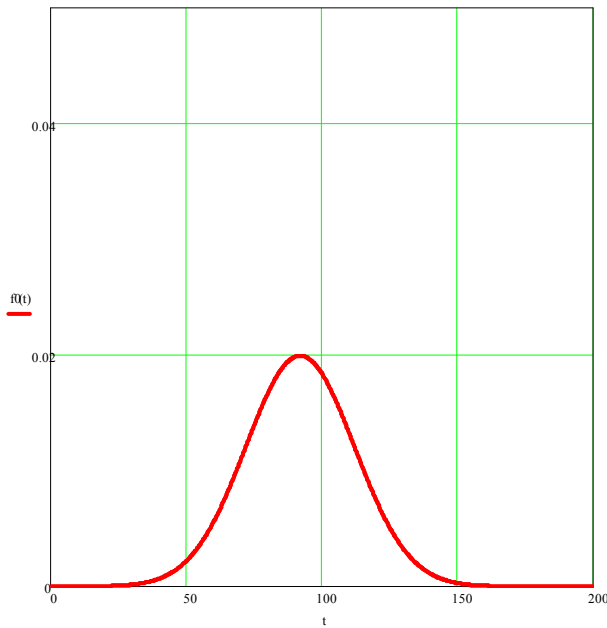


Рис. 1. Розподіл часу охолодження броні в області пробиття бронебійним підкаліберним снарядом радіусом до 0,015 м

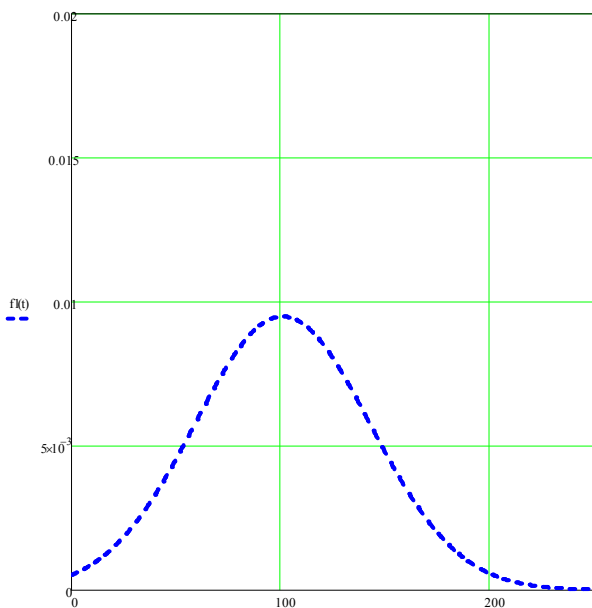


Рис. 2. Розподіл часу охолодження броні в області пробиття бронебійним підкаліберним снарядом радіусом до 0,1 м

Таблиця 2 – Час зниження температури броні в області пробійної до температури самозаймання палива при різних умовах пробією бронебійним снарядом

№ п/п	Час $t_{св}, c$	Умови			
		Ма-са, кг	Швид-кість, м/с	Діа-метр, м	Товщина броні, м
1	130	6	1400	0,03	0,3
2	75	6	1200	0,03	0,3
3	150	6	1200	0,03	0,2
4	30	4	1500	0,04	0,2
5	140	4	1500	0,04	0,1

У цих же умовах, час зниження температури броні в області пробійної до порога температури спалаху дизельного палива ($T_{en} \approx 330K$) перевершує 5 хвилин.

Таким чином, якщо протягом не більше 5 хвилин в область пробійної потраплять пари дизельного палива в межах концентрації займання, то це може призвести до їх спалаху. Протягом перших двох хвилин ймовірність займання наближається до ста відсотків.

Використання методів статистичних рішень для удосконалення системи пожежогасінні зразка бронетанкового озброєння. Для визначення оптимального моменту прийняття рішення про запобігання пожежі - спрацювання термодатчиків, датчиків вібрації, системи вентиляції повітря та відкачування палива пропонуємо застосувати відомий апарат теорії імовірності та перевірки статистичних гіпотез [6]. Будемо вважати температуру в місці пробиття броні випадковою величиною, підкореною нормальному закону розподілу. Це припущення дозволить робити розрахунки за даними існуючої статистичної вибірки. За класичною теорією перевірки статистичних гіпотез приймаємо:

H_0 – гіпотеза, яка полягає в тому, що температура в області пробійної нижче температури самозапалення палива. Цю гіпотезу будемо перевіряти проти двох альтернатив (рис. 3).

H_1 – гіпотеза, яка полягає в тому, що мало місце ураження броні бронебійним підкаліберним снарядом з відповідним підвищенням температура броні в області пробійної.

H_2 – гіпотеза, яка полягає в тому, що мало місце ураження броні кумулятивним снарядом, теж з певним підвищенням температура броні в області пробійної. Априорні імовірності реалізації відповідних гіпотез $P(H_i), i=0,1,2$ будемо вважати відомими.

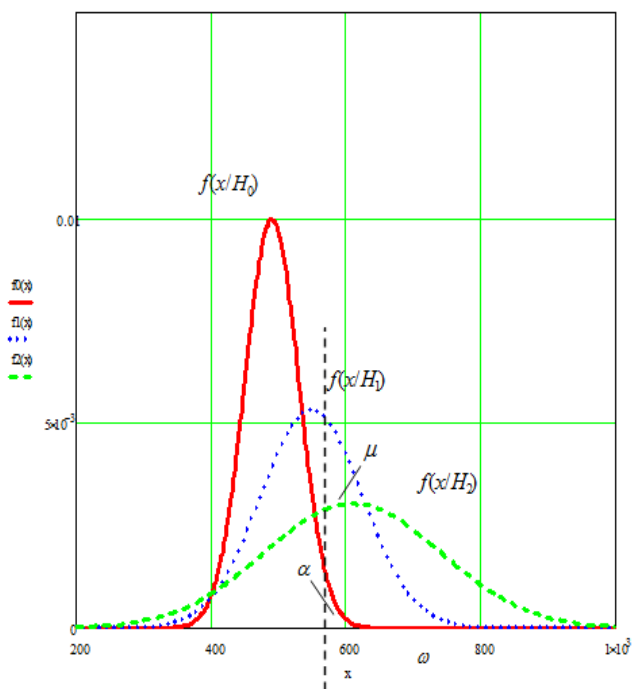


Рис. 4. Задача перевірки статистичних гіпотез

Завдання полягає у побудові статистичного критерію, який дозволяє на основі спостережень прийняти рішення про прийняття тієї чи іншої гіпотези. Такий критерій будемо будувати у вигляді критичної області, при попаданні в яку параметра, що спостерігається, приймається чи відхиляється гіпотеза H_0 .

Температура у заброньованому просторі $x \in \Omega$ є випадковою величиною зі щільністю розподілу $f(x/H_0)$, якщо вірна гіпотеза H_0 і, відповідно $f(x/H_1)$ та $f(x/H_2)$, коли вірні альтернативні гіпотези H_1 та H_2 відповідно. Введемо критичну область $\omega \in \Omega$, при попаданні в яку параметра x , гіпотеза H_0 відхиляється. Ймовірність помилки першого роду ("хибна тривога") буде визначатися виразом

$$\alpha = \int_{\omega} f(x/H_1) dx. \quad (1)$$

Відповідно, ймовірність помилки другого роду ("пропуск пожежі") має вигляд:

$$\beta = 1 - \int_{\omega} f(x/H_i) dx, \quad i = 1, 2. \quad (2)$$

Зрозуміло, що розширення області ω призведе до збільшення α , але зменшення β . З іншого боку, звуження критичної області призводить до протилежних результатів. Природно поставити завдання визначення критичної області, найкращої в якомусь певному сенсі.

Дуже часто задача перевірки гіпотези H_0 проти альтернатив H_1, H_2 зводиться до відшукування критичної області ω , для якої потужність критерію максимальна

$$\mu = 1 - \beta = 1 - \int_{\omega} f(x/H_i) dx \Rightarrow \max \quad (3)$$

при заданій величині $\alpha = \alpha_0$.

Такий критерій називають критерієм Неймана-Пірсона. (детерміноване вирішальне правило).

Наприклад, при визначенні порогової температури за $T=470$ K, ймовірність "хибної тривоги" становитиме 0,2, а потужність критерію – 0,86

Застосування не детермінованого підходу. Далі, в залежності від конкретних умов експлуатації зразка БТОТ можна використовувати розширити множину розв'язуваних задач. Наприклад, використовуючи з байесовські критерії, що засновані на функції середнього ризику.

Введемо рандомізоване вирішальне правило $0 \leq B(x) \leq 1$, що має сенс імовірності відхилення гіпотези H_0 , при спостереженні величини x .

Тоді безумовна імовірність помилки першого роду:

$$\alpha(B) = P(H_0) \int_{\omega \in \Omega} f(x/H_0) \cdot B(x) dx; \quad (3)$$

$$0 \leq B(x) \leq 1.$$

Потужність критерію

$$\mu(B) = \int_{\Omega} \sum_{i=1}^2 P(H_i) f(x/H_i) \cdot B(x) dx =$$

$$= \sum_{i=1}^2 P(H_i) (1 - \beta_i). \quad (4)$$

Задамо тепер набір $r_i, i=0, 1, 2$, чисел, що характеризують втрати (ризик), зв'язані з виникненням відповідних помилок. Тоді функція середнього ризику визначається таким виразом:

$$R(B) = r_0 P(H_0) \int_{\Omega} f(x/H_0) \cdot B(x) dx +$$

$$+ \sum_{i=1}^2 P(H_i) \int_{\Omega} f(x/H_i) \cdot (1 - B(x)) dx = \quad (5)$$

$$= \sum_{i=1}^2 r_i P(H_i) + \int_{\Omega} r(x) B(x) dx$$

де $r(x) = r_0 P(H_0) f(x/H_0) + \sum_{i=1}^2 r_i P(H_i) (1 - \beta_i)$

за умови $0 \leq B(x) \leq 1, x \in \Omega$.

Наведені співвідношення дають змогу сформулювати, наприклад задачу:

- прийняття рішення за критерієм максимальної потужності при фіксованій безумовній ймовірності помилки першого роду;
- прийняття рішення за критерієм максимальної потужності при обмеженому середньому ризику;
- прийняття рішення за критерієм мінімуму середнього ризику за умови

$$0 \leq B(x) \leq 1, x \in \Omega, \quad (6)$$

Для визначення порогової температури спрацювання протипожежного обладнання за умови ураження бронебійним або кумулятивним снарядом задачу перевірки однієї гіпотези проти двох альтернатив пропонується формулювати у такий спосіб:

Знайти набір функцій $R^* = \{R_i^*(x)\}$, таких що мінімізують функціонал

$$G(R) = \sum_{i=1}^2 \int_{X_{\Pi}}^{X_K} \sum_{j=1}^2 g_{ij} f_i(x/H_j) R_i dx =$$

$$= \sum_{i=1}^2 \int_{X_{\Pi}}^{X_K} c_i R_i(x) dx \quad (7)$$

та задовольняють обмеженням

$$\sum_{i=1}^2 R_i = 1, x \in [X_H, X_K], R_i(x) \geq 0. \quad (8)$$

Позначимо $c_i = \sum_{j=1}^2 g_{ij} f_i(x/H_j), i = 1, 2, \{g_{ij}\}$,

$i = 1, 2, j = 1, 2$ – набір чисел, що характеризує збитки при виникненні помилки (i, j) -го типу другого роду. При цьому шляхом дискретизації дана задача трансформується до задачі розподільного лінійного програмування:

Знайти набір змінних $R = [r_{ij}]$, що мінімізує функцію

$$L(R) = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 c_{ij} r_{ij}$$

та задовольняє умовам:

$$\sum_{i=1}^2 \lambda_{ij} \leq b_j, \sum_{j=1}^2 r_{ij} \leq a_i, r_{ij} \geq 0, i = 1, 2, j = 1, 2, \quad (9)$$

і може бути розв’язана відомими методами, реалізованими за допомогою сучасних програм.

Таблиця 3 – Порогове значення температури спрацювання термодатчиків

Ймовірність “хибної тривоги”	Потужність критерію	Місце встановлення датчика	Порогове значення спрацювання T, K
0,29	0,9	на правому передньому паливному баку	480
0,6	0,79	на правому борті поряд із стележем балонів ППО	520
0,2	0,86	на лівому і правому бортах під конвєсром МЗ,	470
0,43	0,85	на правому борті поряд з підігрівачем,	500
0,3	0,91	на днищі поряд задніх паливних баків під конвєсром МЗ	482
0,29	0,9	на лівому задньому паливному баку,	480
0,6	0,7	на стележі акумуляторних батарей,	520
0,2	0,6	поряд з водовікачувальним насосом на лівому борту,	560
0,43	0,85	на масляному баку поряд правого борту	500
0,6	0,75	поряд з лівою КП,	530
0,18	0,605	на кронштейні кріплення повітроочисника	560

Як бачимо, для підвищення ефективності роботи системи протипожежного обладнання танка необхідна організація вимірювальної системи з регульованим порогом спрацювання у складі ППО.

Принципово це можливо введенням цифрового вимірювального елемента (контролера), який буде аналізувати вхідну інформацію від термодатчиків.

Для перетворення аналогового сигналу у цифровий пропонується введення до функціональної схеми системи ППО аналогово-цифрового перетворювача (АЦП).

У випадку встановлення оптичних датчиків у силовому відділенні танка об’єднання інформації від двох типів датчиків можливо через логічний елемент “АБО” (рис. 4).

Висновки

1. В області зіткнення снаряда з бронею утворюється високотемпературна зона. Як результат, вимагає оцінки час зниження температури броні в області пробіни до значень, коли займання парів паливоповітряної суміші і матеріалів, безпосередньо розташованих поблизу пробіни, не відбувається.

Нехай $R^* = [r_{ij}^*]$, оптимальний розв’язок задачі. Тоді, якщо значення температури x належить до j -го інтервалу, гіпотези $H_i, i = 1, 2$ ухвалені з імовірністю r_{ij}^* відповідно. Додамо, що в теорії континуального лінійного програмування оптимальне розв’язання задачі характеризується тим, що при фіксованому значенні j лише одна із змінних r_{ij}^* дорівнює одиниці (решта дорівнює нулю) [7-9].

Вимірювальна система з регульованим порогом спрацювання у системи ППО. На основі раніше розглянутих даних можна вважати доцільним встановлення порогу спрацювання термодатчиків, встановлених в різні місця танку. Розрахункові порогові значення температури спрацювання термодатчиків в залежності від значень ймовірності “хибної тривоги” та потужності критерію розраховані у табл. 3.

Даний час визначає необхідність застосування засобів пожежогасіння задля ізоляції даної зони за допомогою окислювача - кисню з метою уникнення займання парів палива.

2. Склад танкової броні відрізняється на різних ділянках об’єкта, у багатьох місцях є неоднорідним, складним по просторовій структурі. Відповідно, існує величезне різноманіття умов зіткнення снаряда з бронею, викликане відмінністю типу снаряда, швидкістю і кутом зіткнення снаряда з бронею, товщиною броні в області зіткнення і т.д.

Було проведено оцінку характерного часу охолодження бронеплит різної товщини в умовах миттєвого локального виділення тепла в області зіткнення снаряда з бронею. Отримано, що необхідний мінімальний час ізоляції пробіни від парів палива з метою уникнення займання суміші лежить в діапазоні 0,5 ... 2,5 хвилин.

Результати розрахунку для кумулятивної пробіни показують, що час зниження температури броні в області пробіни до температури самозаймання парів дизельного палива складає близько 30 с, а час до температури займання досягає 1 хвилини.

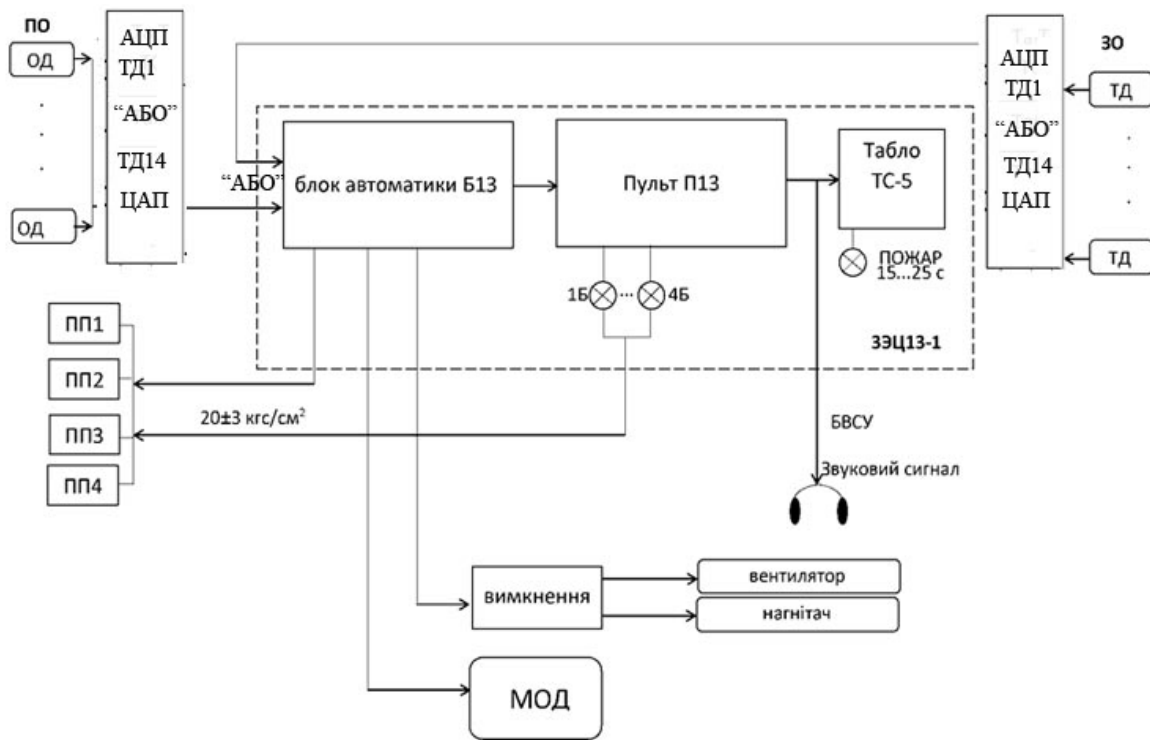


Рис. 4. Об'єднання інформації від двох типів датчиків у функціоналі системи ППО броньованого об'єкта

3. Час охолодження броні до температури, нижче температури займання палива, можна вважати випадковою величиною. Для визначення оптимального моменту прийняття рішення про запобігання пожежі - спрацювання термодатчиків, датчиків вібрації, системи вентиляції повітря та відкачування палива пропонуємо скористатися відомим апаратом теорії імовірності та перевірки статистичних гіпотез за даними спостережень бойових дій в районі проведення АТО. Дана задача в математичній постановці формулюється як задача перевірки однієї статистичної гіпотези проти однієї альтернати. За критерієм Неймана-Пірсона визначаються помилки першого та другого роду при помилковому спрацюванні апаратури та пропуску пожежі відповідно, а також потужність критерія.

4. У якості інструмента для перевірки статистичних гіпотез доцільно використовувати континуа-

льне лінійне програмування. У роботі надається математичне формулювання задачі та розглядається метод її розв'язання. При цьому шляхом дискретизації задача трансформується до задачі лінійного програмування, і може бути розв'язана відомими методами, реалізованими за допомогою обчислювальної техніки.

5. За результатами математичного моделювання можна зробити висновок, що використання рандомізованого правила дозволяє приймати вірне рішення у 96% випадків при завданні рівня значущості 0,1.

6. Запропонований підхід надасть змогу підвищити ефективність роботи системи ППО без зниження рівня надійності. Технічно це можливо досягнути шляхом організації вимірювальної системи з регульованим порогом спрацювання у складі ППО об'єктів БТОТ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стаховський О.В., канд. техн. наук; Назаренко А.А., Коритченко К.В., канд. техн. наук; Сиротенко А.М., канд. техн. наук; Кістерний Ю.І. канд. техн. наук; Напрямки удосконалення систем пожежогасіння броньованих об'єктів // Механіка та машинобудування, 2010, № 2. – с. 200-206.
2. А.А. Назаренко, О.В. Стаховський, К.В. Корытченко, С.П. Данилевский. Оценка взрывопожорной опасности паров топлива во внутреннем объеме броньованного объекта // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил, 2012, випуск 2(31). – с. 138-143.
3. Ребриков В.Д., Сухаревский Л.Н., Ширман Б.А. Пути развития и направления совершенствования систем противопожарного оборудования. Аналитический обзор – М.: Миноборонпром, 1988. – 22с.
4. Борисюк М.Д. Система пожежогасіння танків та БМП, Харків: ХПІ, Механіка та машинобудування, 1997. – №2. – с. 153-161.
5. Борисюк М.Д., Харланова В.П., Беккер Б.Ю. Системы противопожарного оборудования бронетанковой техники. Аналитический обзор № 2062 – М.: Миноборонпром, 1979, – 68с.
6. Венцель Е.С. Теория вероятности. – М.: Наука, 1964. – 576с.
7. Раскин Л.Г., Кириченко И.О. Математические основы исследования операций и анали за сложных систем вооружения ПВО.-Х.: ВИРТА, 1987. -201с.
8. Кириченко И. О., Макогон Е. А. Задача проверки статистических гипотез как задача линейного программирования // Киев: НАОУ, Труды академії. 1999. – Вип. 13.- с.78-82.

9. Макогон О. А. Обчислювальний метод розв'язання задач перевірки однієї статистичної гіпотези проти декількох альтернатив. // Радиоелектроника и информатика. – Х.: ХНУРЕ – 2004., № 1. – С.63-65.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М. І. Адаменко,
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків
Received (Надійшла) 04.06.2018
Accepted for publication (Прийнята до друку) 08.08.2018

Применение методов проверки статистических гипотез для повышения эффективности средств пожаротушения образца ОБТ

Е. А. Макогон, А. Г. Акиншин, В. М. Щекин, А. П. Пономаренко, А. А. Кумпан, Е. М. Шпинда

Предметом изучения в статье является процесс предотвращения взрыва топливовоздушных смесей и боекомплекта в бронированном объеме с помощью противопожарного оборудования бронеобъектов. **Целью** является научно-техническое обоснование мероприятий по повышению живучести бронеобъектов и экипажа от воздействия пожара путем усовершенствования методики определения пороговой температуры срабатывания системы пожаротушения. **Задачи:** проанализировать статистические данные по эффективности применения средств пожаротушения при поражении бронеобъекта бронебойным и кумулятивным снарядом; предоставить формализованную формулировку задачи определения оптимального момента принятия решения о предотвращении пожара; обосновать функционал измерительной системы с регулируемым порогом срабатывания в системы противопожарного оборудования. Используемыми являются **методы** обработки статистических данных с помощью аппарата проверки статистических гипотез и континуального линейного программирования. Получены следующие **результаты**. Время охлаждения брони до температуры, ниже температуры воспламенения топлива, можно считать случайной величиной, в подчинении нормальному закону распределения. Данная задача в математической постановке формулируется как задача проверки одной статистической гипотезы против нескольких альтернатив. По результатам математического моделирования можно сделать вывод, что использование рандомизированного правила позволяет принимать верное решение в 96% случаев при задании уровня значимости 0,1. Предложенный подход позволит повысить эффективность работы системы ППО без снижения уровня надежности. Технически это возможно достичь путем организации измерительной системы с регулируемым порогом срабатывания в составе ППО объектов БТОТ. **Выводы.** Научная новизна полученных результатов заключается в следующем. Для определения оптимального момента принятия решения о предотвращении пожара - срабатывания термодатчиков, датчиков вибрации, системы вентилирования воздуха и откачки топлива предложено использовать известный аппарат теории вероятности и проверки статистических гипотез по данным наблюдений боевых действий в районе проведения АТО. Согласно критерия Неймана-Пирсона определяются ошибки первого и второго рода при ложном срабатывании аппаратуры и пропуска пожара соответственно, а также мощность критерия. Данная задача в математической постановке сформулирована как задача проверки одной статистической гипотезы против нескольких альтернатив. В зависимости от конкретных условий эксплуатации образца БТОТ можно расширить множество решаемых задач: например, используя байесовские критерии, основанные на функции среднего риска. Показано, что в качестве инструмента проверки статистических гипотез целесообразно использовать континуальное линейное программирование.

Ключевые слова: система пожаротушения на бронеобъекте, проверка статистических гипотез, континуальное линейное программирование.

Application the methods of static hypothesis checking for improving of armored fire-protection system

H. Makogon, O. Akinshin, V. Shchokin, A. Kumpan, A. Ponomarenko, Ye. Shpinda

The **subject matter** of the article is the process of preventing the explosion of fuel-air mixtures and ammunition in the booked volume with the help of armored fire-protection system. The **goal** is a scientific and technical justification of activities to increasing the armored survivability and crew by improving the methodology of finding the threshold temperature of armored fire-protection system operation. The **tasks** to be solved are: to analyze statistical data on the effectiveness of the use of fire extinguishing equipment in case of damage to the armor-piercing object by armor-piercing and cumulative projectile; with the help of the apparatus of checking statistical hypotheses to formulate the task of finding the optimal moment of the decision to prevent the fire; to substantiate the functional of the measuring system with the adjustable threshold of fire in the system of fire equipment. The **methods** of statistical data processing with the help of statistical hypothesis testing and continuum linear programming are used. The following **results** are obtained. The cooling time of the armor to a temperature below the fuel ignition temperature can be considered as a random value subordinate to the normal distribution law. This problem in the mathematical formulation is formulated as the task of verifying one statistical hypothesis against several alternatives. According to the results of mathematical modeling, we can conclude that the use of randomized rules allows us to make the correct decision in 96% of cases when the level of significance is 0.1. The proposed approach will enable to improve the efficiency of armored fire-protection system without reducing the level of reliability. Technically, this can be achieved through the organization of a measuring system with a regulated trigger threshold in the armored fire-protection system. **Conclusions.** The scientific novelty of the results obtained is as follows: To find the optimal moment of making a decision on fire prevention, namely the operation of thermal sensors, vibration sensors, air ventilation and fuel pumping system, it is proposed to use the well-known apparatus of the theory of probability and testing of statistical hypotheses according to the observations of combat operations. According to the Neumann-Pearson criterion, the errors of the first and the second kind are determined in case of false operation of the equipment and the passage of the fire respectively, as well as the power of the criterion. This problem in mathematical formulation is formulated as a task of checking one statistic hypothesis against several alternatives. Depending on the specific operating conditions of the armored object, one can extend the range of tasks to be solved: for example, using Bayesian criteria based on the medium-risk function. It is shown that as a tool for checking statistical hypotheses it is expedient to use continuum linear programming.

Keywords: armored fire-protection system, check of statistical hypotheses, continual linear programming.