

Експериментальне дослідження стійкості базових колісних платформ до впливу вибухонебезпечних предметів

Т. Л. Куртсейтов, В. О. Дачковський*, Я. О. Кізяк, О. І. Угринович

Національний університет оборони України імені Івана Черняховського

*Corresponding author. E-mail: 1903vova@ukr.net

Paper received 13.12.18; Accepted for publication 20.12.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-186VI22-15>

Анотація. У роботі досліджено вплив вибухонебезпечних предметів на базові колісні платформи. Для перевірки базових колісних платформ на стійкість до вибухонебезпечних предметів запропонована методика експериментального дослідження. На основі експериментальних даних отриманих під час лабораторного дослідження побудовано математичну модель впливу вибухонебезпечних предметів на базові колісні платформи, яка надає можливість оцінювати рівень їх захищеності та відновлюваності.

Ключові слова: експериментальне дослідження, базові колісні платформи, вибухонебезпечні предмети.

Вступ. Експериментальні дослідження стійкості базових колісних платформ до впливу вибухонебезпечних предметів мають вирішальне значення для обґрунтування достовірності розроблених методів і способів їх захисту, що пропонуються.

З метою отримання відомостей щодо оцінки відносних властивостей стійкості базових колісних платформ до уражаючої енергії вибухонебезпечних предметів, на першому етапі дослідження необхідно провести експериментальні випробування, які стануть основою для отримання емпіричних даних про поведінку багатьох елементів, критичних до енергії вибухонебезпечних предметів.

Отримані в ході експериментального дослідження дані допоможуть перевірити висунуту гіпотезу щодо захисту базових колісних платформ від уражаючої енергії, яка виникає в наслідок ініціювання заряду вибухової речовини цим самим призводить до виходу їх з ладу.

За результатами проведених попередніх досліджень з'ясовано, що параметри енергії вибуху в тій чи іншій мірі впливають на відновлюваність базових колісних платформ, які отримали пошкодження, це призводить до невиконання поставленого завдання та незабезпечення необхідного рівня технічної готовності. В основі зазначеного механізму впливу лежить комплекс фізичних процесів, які супроводжують процес отримання пошкоджень.

Аналіз публікацій. В роботах [1–2], що присвячені дослідженню стійкості базових колісних платформ, визначені параметри пробивної здатності вибухонебезпечних предметів, в роботі [3] присвяченій визначенню шляхів захисту від вибухонебезпечних предметів приведено результати спостереження щодо визначення ступеня пошкодження базових колісних платформ, які отримали ураження від вибухонебезпечних предметів, але не визначено, як саме залежить відновлюваність зразків від ступені отриманих пошкоджень в залежності від маси вибухонебезпечних предметів, їх відстані до об'єкта ураження, кута нахилу захисних екранів, товщини захисних екранів, тощо. В роботі [4] на основі теоретичних досліджень побудовано математичну модель захищеності базових колісних платформ від вибухонебезпечних предметів. Визначено гранично допустимі межі енергії вибухової речовини під дією якої зразок отримує пошкодження, які впливають на рівень його відновлюваності.

Однак, невирішеним залишається питання, перевірки рівня захищеності базових колісних платформ на стійкість до впливу енергії вибуху за тих же умов, що і в роботі [4]. Також становить інтерес питання рівня відновлюваності базових колісних платформ, які отримали

пошкодження.

Визначення рівня захищеності базових колісних платформ доцільно проводити за допомогою зручних у використанні експериментально-статистичних методів математичного моделювання процесу впливу енергії вибуху на базові колісні платформи.

Мета. Тому, метою даної статті є викладення основних підходів щодо розроблення методики експериментального дослідження впливу енергії вибуху на базові колісні платформи, вибір плану експериментального дослідження та побудова, на основі обробки експериментальних даних, математичної моделі стійкості базових колісних платформ. Це дасть змогу провести порівняльну оцінку стійкості базових колісних платформ із застосуванням захисних екранів та без них.

Результати та їх обговорення. Енергія спрацювання вибухонебезпечних предметів супроводжується комплексом взаємозалежних параметрів та явищ і може розглядатися як складна система зі значним числом взаємозалежних параметрів. Крім того, при вивченні цього процесу часто доводиться стикатися з невизначеністю, викликану низкою причин (відсутністю можливості врахувати усі фактори, що впливають, випадковий характер ряду зовнішніх впливів, недосконалість засобів вимірювання та контролю, тощо). При дослідженні такої системи на основі детерміністичного підходу, коли досліджується механізм всіх явищ, створюється теорія процесу, на підставі якої система задається суворо детерміністичною моделлю, зазвичай у вигляді диференціальних рівнянь. Такі дослідження вимагають значної витрати часу і коштів, тому при вивченні такого роду явищ найчастіше використовують стохастичний підхід, при якому абстрагуються від ряду явищ, які відбуваються в системі. У цьому випадку застосовують експериментально-статистичні методи досліджень, при яких реальні процеси розглядаються, як процеси ймовірності, а сам об'єкт дослідження представляється у вигляді кібернетичної системи, що досліджується за допомогою математичного моделювання [5].

Для розрахунку моделі потрібно в процесі експерименту накопичити інформацію про значення відгуку, який досліджується в обраній області факторного простору. Найбільш ефективно це можна зробити за допомогою активного експерименту на основі багатофакторного планування [6–7]. Внаслідок зазначеного експерименту є можливість побудови математичної моделі з метою однозначного визначення

значень показників X і y .

Таким чином, в основу методики покладений експериментально-статистичний метод математичного моделювання процесу впливу енергії вибухонебезпечних предметів на базові колісні платформи, при якому експеримент розглядається як основне джерело інформації про процес, а методи теорії ймовірності та математичної статистики – основним засобом обробки результатів експерименту.

Експериментальні дослідження включають досить великий комплекс взаємозалежних послідовних операцій, які можна розбити на кілька етапів [8]. Логічна послідовність проведення експериментального дослідження показана на рис. 1. Слід зазначити, що спланований експеримент може бути успішним тільки за низки умов.

Перш за все, об'єкт дослідження повинен бути керованим, тобто повинна бути можливість однозначного встановлення зазначених факторів в обраній області і однозначного визначення відповідних їм відгуків. Крім того, вихідні показники (відгуки) повинні бути кількісними і підлягати вимірюванню при будь-якому можливому поєднанні обраних рівнів факторів. Фактори повинні бути незалежні один від одного, однозначні і сумісні. Досліджуваний процес має здійснюватись у всій області обраного факторного

простору, тобто у всьому діапазоні зміни обраних факторів. Крім того, об'єкт дослідження повинен задовольняти вимогу відтворюваності при багаторазовому повторенні одного і того ж досліду а його відгуки повинні мати розкид, що не перевищує деякої заданої величини.

Задача розрахувувалась знаходженням мінімуму функції відгуку. Для отримання вказаних функцій проведено експериментальне дослідження.

В дослідженні змінними прийняті наступні фактори:

m – маса вибухової речовини ; L – відстань до захисного екрану; h – товщина стінки екрану.

В якості параметрів оптимізації прийнятий припуск на обробку. На основі апріорної інформації були вибрані рівні інтервали варіювання факторів.

Для отримання моделі процесу у вигляді поліному другого ступеня реалізовано не композиційний план другого порядку.

Обрана матриця планування задовольняє загальним властивостям матриць планування, що дозволяє швидко розрахувати цільову функцію.

Симетричність відносно нульового рівня, тобто алгебраїчна сума елементів стовпця кожного фактора, дорівнює нулю.

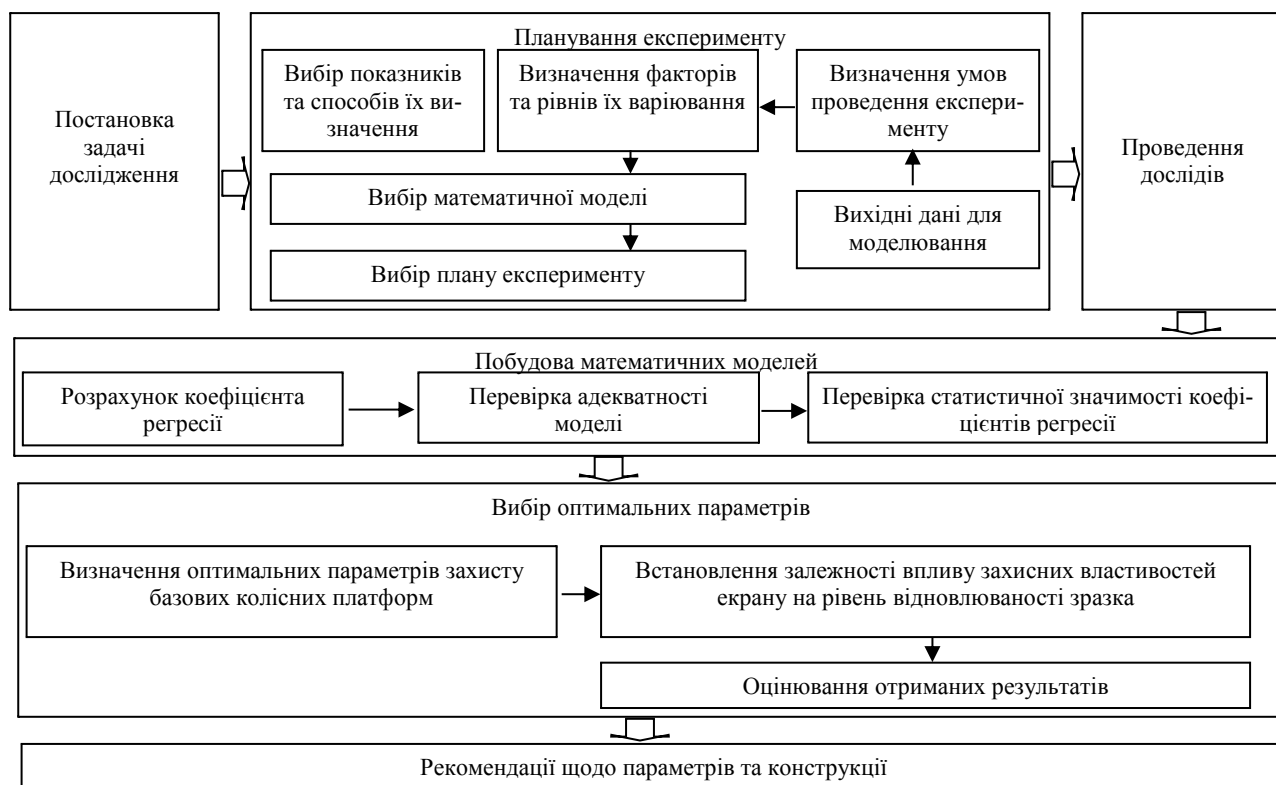


Рис. 1. Методика експериментального дослідження впливу енергії вибухонебезпечних предметів на базові колісні платформи

Сума квадратів елементів стовпця кожного із факторів дорівнює кількості дослідів (властивість нормування).

Добуток будь-яких двох різних вектор-стовпців факторів дорівнює нулю.

Дисперсії передбачених значень параметра оптимізації однакові на рівних відстанях від нульового рівня (властивість ротатабельності матриці планування).

Рівняння регресії запишемо у вигляді:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 \quad (1)$$

Таблиця 1. Допоміжна таблиця для розрахунку дисперсії S_y^2

Номер дослідів в центрі плану	y	\bar{y}	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$
5	80,3	80,5	-0,2	0,04000
10	80,5		0	0,00000
15	80,7		0,2	0,04000

Визначення коефіцієнтів моделі:

$$b_0 = 80, b_1 = 0,7, b_2 = 0,725, b_3 = 0,725, b_{12} = -0,275, b_{13} = -0,425, b_{23} = -0,175, b_{11} = 0,96250, b_{22} = 1,36250, b_{33} = 1,76250$$

Дисперсію s_y^2 параметра оптимізації знаходимо за результатами дослідів в центрі плану (досліди 5, 10, 15). Для розрахунку дисперсії складаємо допоміжну табл. 1.

$$S_E = (y_5 - \bar{y}_{5,10,15})^2 + (y_{10} - \bar{y}_{5,10,15})^2 + (y_{15} - \bar{y}_{5,10,15})^2 = 0,08$$

$$s^2\{y_z\} = \frac{S_E}{3-1} = 0,04000$$

Дисперсія коефіцієнтів регресії буде становити:

$$s^2\{b_0\} = \frac{1}{3} s_y^2 = 0,496521$$

$$s^2\{b_i\} = \frac{1}{8} s_y^2 = 0,304056$$

$$s^2\{b_{ii}\} = \frac{1}{4} s_y^2 = 0,43$$

$$s^2\{b_{ii}\} = \frac{13}{48} s_y^2 = 0,447558$$

Згідно рівняння регресії всі коефіцієнти перераховуємо з використанням метода найменших квадратів.

Після розрахунку даної системи рівнянь отримуємо наступні коефіцієнти:

$$b_0 = 81,338462, b_1 = 0,7, b_2 = 0,725, b_3 = 0,725, b_{12} = -0,275, b_{13} = -0,425, b_{23} = -0,175, b_{11} = 0,8576923, b_{22} = 1,36250, b_{33} = 1,657692$$

1. Рябов Д.М. Методы снижения поражающего воздействия на экипаж броневомобиля при подрыве/Д.М. Рябов, А.А. Смирнов, Д.О. Бутарович//Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. – 2011. - №52. – С. 43-46.

2. Котиев Г.О., Смирнов А.А., Федотов М.В., Бутарович Д.О., Карташов А.Б. Разработка бронетранспортера для внутренних войск/«Вопросы оборонной техники», серия16, выпуск5-6, 2009.

3. Физика взрыва. Под ред. Л.П. Орленко. – Изд. 3-е, испр. –В2 т. Т.1-М.: Физматлит, 2004. –832 с., Т.2-М.6: Физматлит, 2004. – 656 с.

4. Бутарович Д.О. Повышение противоминной защищенности бронированной колесной техники при помощи защитных экранов из пористых энергопоглощающих металлов / Д.О. Бутарович, Д.М. Рябов, А.А. Смирнов // Вопросы оборонной техники. – 2011. – Серия №16, вып. № 1-2. – С.52-57.

5. Зажигаев Л.С. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента / Зажигаев Л.С., Кишьян А.А., Романиков Ю.И. –М.: Атомиздат, 1978. – 232 с.

6. Барабашук В.И. Планирование эксперимента в технике / Барабашук В.И., Креденцер Б.П., Мирошниченко В.И. – К.: Техника, 1984. – 200 с.

7. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. – М.: Наука, 1976. – 280 с.

8. Цивин М.Н. Многофакторный эксперимент: графическая интерпретация данных – К.: ИГиМ, 2002. – 120 с.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ryabov D.M. Metody snizheniya porazhayushchego vozdeystviya na ekipazh broneavtomobilya pri podryve/ D.M. Ryabov, A.A. Smirnov, D.O. Butarovich // Moskovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet im. N.E. Baumana. – 2011. - №52. – S. 43-46.

2. Kotiyev G.O., Smimov A.A., Fedotov M.V., Butarovich D.O., Kartashov A.B. Razrabotka bronetransportera dlya vnutrennikh voysk/«Voprosy oboron-noy tekhniki», seriya16, vypusk5-6, 2009.

3. Fizika vzryva. Pod red. L.P. Orlenko. – Izd. 3-ye, ispr. –V2 t. T.1-М.: Fizmatlit, 2004.-832 s., T.2-М.6: Fizmatlit, 2004. – 656 s.

4. Butarovich D.O. Povysheniye protivominnoy za-shchishchonnosti bronirovannoy kolesnoy tekhniki pri pomo-shchi zashchitnykh ekranov iz poristykh energopoglashchayushchikh metallov /

REFERENCES

Рівняння регресії для отримає вигляд:

$$y = 81,33 + 0,7x_1 + 0,725x_2 + 0,750x_3 - (2)$$

$$- 0,275x_1x_2 - 0,425x_1x_3 - 0,175x_2x_3 + 0,857x_1^2 + 1,362x_2^2 + 1,657x_3^2$$

Адекватність отриманої моделі перевіряємо по F – критерію. Для обчислення дисперсії s_{ad}^2 адекватності знаходимо суму S_R квадратів відхилень розрахункових значень y_a від експериментальних y_a у всіх точках плану

$$s_R = \sum (y_z - y_z)^2 = 0,45113$$

Знаходимо дисперсію адекватності

$$s_{ad}^2 = \frac{S_R - S_E}{N - k' - (n_0 - 1)} = 0,12371055$$

Розрахункове значення F – критерію.

$$F_p = \frac{s_{ad}^2}{s^2\{y_z\}} = 3,092 < F_T = 19,3$$

Отже, отримана математична модель (2) адекватна при 5% рівні значимості так як $F_p < F_T$

Висновки. Аналізуючи виявлену в результаті багатофакторного експерименту закономірність впливу енергії вибуху на базові колісні платформи, можна зробити висновок, що параметри енергії вибухонебезпечних предметів впливають на відновлюваність базових колісних платформ.

Доцільність застосування захисних екранів для підвищення рівня відновлюваності підтверджується отриманими результатами.

Experimental study of stability of base wheel platforms to the influence of explosive objects

T. L. Kurtseitov, V. O. Dachkovskiy, Y. O. Kizyak, O. I. Uhrynovych

Abstract. The effect of explosive objects on basic wheel platforms is investigated in this work. For testing of basic wheel platforms for resistance to explosive objects, the method of experimental research is proposed. On the basis of experimental data obtained during the laboratory research, a mathematical model of the impact of explosive objects on the base wheel platforms was developed, which provides an opportunity to assess the level of their security and restoration.

Keywords: experimental research, base wheel platforms, explosive objects.