

УДК 623.438

С. П. БІСИК, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

Аналіз протитанкових мін Російської Федерації методами кластерного аналізу

Представлені результати кластерного аналізу протитанкових мін Російської Федерації за обраними класифікаційними ознаками та масою вибухової речовини. Отримані групи кластерів протитанкових мін можна використовувати при формуванні вимог до рівня протимінного захисту вітчизняних бойових броньованих машин.

Ключові слова: протитанкові міни, кластерний аналіз, протимінний захист.

Представлены результаты кластерного анализа противотанковых мин Российской Федерации по выбранным классификационным признакам и массой взрывчатого вещества. В результате анализа получены группы кластеров противотанковых мин, которые можно использовать при формировании требований к уровню противоминной защиты отечественных боевых бронированных машин.

Ключевые слова: противотанковые мины, кластерный анализ, противоминная защита.

Від початку збройного конфлікту на сході України зростає кількість підривів бойових броньованих машин (ББМ) на протитанкових мінах (ПТМ). Велика номенклатура існуючих зразків ПТМ обумовлює необхідність їх групування за функціональним призначенням та основними технічними характеристиками для подальшого формування вимог до протимінного захисту ББМ. Таке узагальнення виявляє структуру в сукупності зразків ПТМ. Відомо, що єдине, упорядковане та формалізоване узагальнення інформації надає класифікація [1, 2].

Визначення необхідного (достатнього) рівня протимінної стійкості ББМ є передумовою проведення досліджень протимінної стійкості ББМ, актуальність яких визначена в роботах [3–7].

На сьогоднішній день рівні протимінного захисту ББМ визначено погоджено зі стандартизацією НАТО STANAG 4569 [8], що базується на аналізі ПТМ різних країн світу. Однак в умовах агресії Російської Федерації (РФ) актуальним є питання аналізу ПТМ цієї країни та наступного формування вимог до протимінного захисту вітчизняних ББМ. Зважаючи на те, що РФ постачає незаконним збройним формуванням на території Донецької та Луганської областей озброєння та військову техніку, що вже зняті з озброєння збройних сил РФ, до уваги прийняті й ПТМ, що вже не знаходяться на озброєнні Російської Федерації.

Традиційно класифікація ПТМ здійснюється за окремими ознаками. За даними роботи [9] встановлено, що ББМ уражатимуться з більшою імовірністю мінами фугасної дії в порівнянні з іншими типами ПТМ, а активна система протимінного захисту не виключає імовірності підриву ББМ, оскільки 74% мін обладнанні контактним датчиком цілі. Тому основним показником при класифікації ПТМ та подальшому формуванні вимог до рівня протимінного захисту ББМ є маса вибухової речовини (ВР), приведена до тротилового (ТНТ) еквіваленту. Класифікацію ПТМ можна провести з використанням кластерного аналізу, який дозволяє об'єднати зразки ПТМ у групи з максимальною подібністю між собою та максимальними відмінностями між групами.

Метою роботи є класифікація ПТМ Російської Федерації методами кластерного аналізу.

При проведенні кластерного аналізу прийнята класифікація ПТМ за основними ознаками (рис. 1):

спосіб завдання збитку ББМ (протибусеничні, протиднищеві, протибортові, комбінованої дії (ПТМ з кумулятивною воронкою, що має й значну фугасну дію);

уражаючий фактор, яким визначається основна дія: фугасні, кумулятивно-фугасні, кумулятивні, типу «ударне ядро»;

тип датчика цілі, що використовується: контактний, неконтактний;

спосіб встановлення: вручну, дистанційно, комбіновано, засобами механізації.

Для проведення аналізу використано технічні характеристики ПТМ РФ, що наведені в табл. 1 [10, 11].

На першому етапі дані аналізуються методом послідовної кластеризації. У результаті проведеного аналізу отримано дендрограму (рис. 2), що однозначно описує

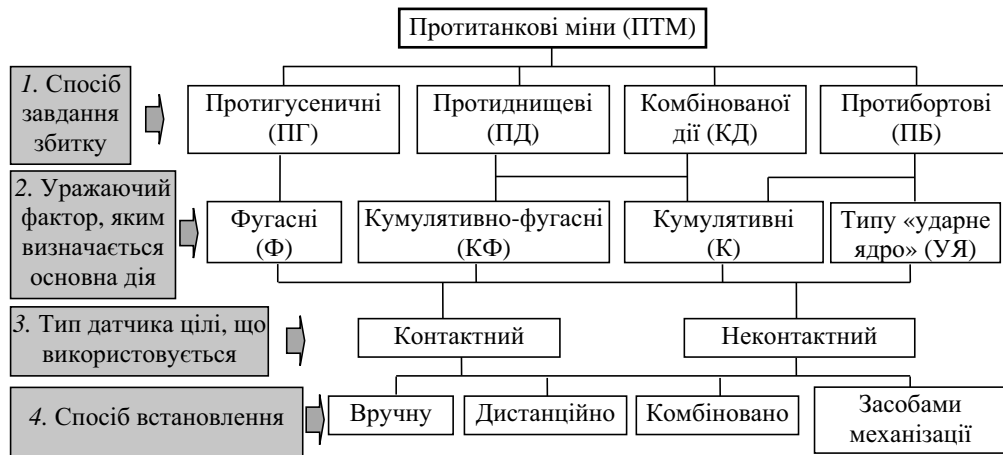


Рис. 1. Класифікація протитанкових мін

Таблиця 1. Тактико-технічні характеристики протитанкових мін РФ [10, 11]

Найменування міни	ТМ-62М	ТМ -62ПЗ	ТМ-62Д	ТМ-62П2	ТМ-62П	ТМ-62Т	ТМ-46	ТМ-57
Загальний вигляд								
Тип	ПГ	ПГ	ПГ	ПГ	ПГ	ПГ	ПГ	ПГ
Спосіб впливу на об'єкт	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф
Маса міни, кг	9,5–10	8–8,7	11,3–13	9,4–10	9–11	7,9–8,1	8,5	9–9,5
Маса ВР, кг: тротил суміш МС або ТГА	7,0 7,5	6,5 7,2	6,5 або 10,3 7,6 або 11,1	6,5 7,0	7,6 8,0	7,0 7,9	5,7	6,5 7
Тип підричника	Мех. Н	Мех. Н	Мех. Н	Мех. Н	Мех. Н	Мех. Н	Мех. Н	Мех. Н
Броньбійність, мм, ураження, що завдається ББМ	3–5 траків, каток, пошкоджує балансир		5–9 траків, каток, балансир	3–5 траків, каток, пошкоджує балансир				
Спосіб встановлення	Комбіновано							
Найменування міни	ТМ-72	ТМ-83	ТМ-89	ТМК-2	ПТМ-1	ПТМ-3	ПТМ-4	
Загальний вигляд								
Тип	ПД	ПБ	Комб.	ПД	ПГ	ПД	ПД	
Спосіб впливу на об'єкт	К	К	КФ	К	Ф	К	КФ	
Маса міни, кг	6,0	20,4	11,5	12	1,6	4,9	3,25	
Маса ВР, кг: тротил суміш МС або ТГА	2,5 (ТГ-40)	9,6	6,7 (ТГ-40)	6	1,1 (ПВВ-12С)	1,8 1,8	1,4 (ТГ-40)	
Тип підричника	Маг.	С, ІЧ	Мех. Н, Маг.	Штир.	ГМех.	Маг.	Маг.	
Броньбійність, мм, ураження, що завдається ББМ	100 1–2 траки	100	200	60	1–2 траки	1–2 траки	100	
Спосіб встановлення	Комбіновано			Вручну	Комбіновано	Дистанційно		

С – сейсмичний; ІЧ – інфрачервоний; ГМех. – гідромеханічний; М – магнітний; Мех. Н – механічний натискний; Маг. – магнітний; Штир. – штировий; Комб. – комбінованої дії.

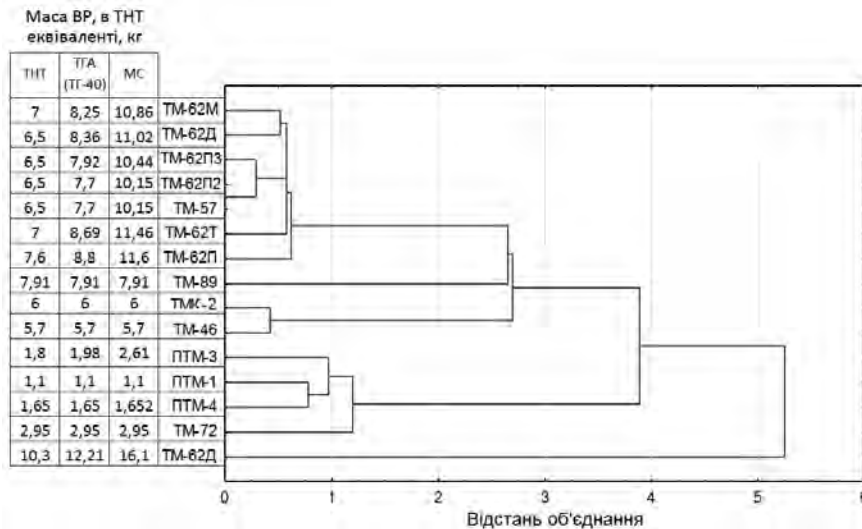


Рис. 2. Дендрограми для даних, наведених в табл. 1, побудовані на основі методу одиничного зв'язку

матрицю відстаней між елементами. Для класифікації ПТМ у задану кількість кластерів використаний метод *k* середніх, в якому переміщення об'єктів у різні кластери відбувається з метою мінімізації різноманітності всередині кластера та максимізації різниці між кластерами.

Для побудови дендрограми та кластерів за методом *k* середніх використано програмний продукт Statistica [12, 13].

При максимізації відстаней між кластерами беруться об'єкти для початкового розташування кластерів; вибір проводиться так, щоб максимізувати початкові кластерні відстані. А саме: вибираються перші *N* спостережень (кількість кластерів), що служать центрами кластерів; наступні спостереження замінюють раніше обрані центри, якщо їх найменша відстань до будь-якого з них більше, ніж найменша відстань між кластерами; якщо це не так, то наступні спостереження замінюють початкові центри, якщо їх найменша відстань від кластерного центра більше відстані цього центра від інших центрів. У результаті цієї процедури максимізуються початкові відстані між кластерами. Зауважимо, що процедура може дати кластери з єдиним зразком, якщо він явно виділяється серед даних.

Якщо $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ – множина *n* зразків ПТМ, кожна з яких характеризується *m* ознаками, тоді кожна ПТМ може розглядатись як точка в *m*-вимірному просторі. Тоді вихідні дані можуть бути подані матрицею [13]

$$X = \begin{pmatrix} x_1^1 & x_1^2 & \dots & x_1^m \\ x_2^1 & x_2^2 & \dots & x_2^m \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n^1 & x_n^2 & \dots & x_n^m \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де x_j^i – значення *i*-ї ознаки *j*-го зразка ПТМ.

Таким чином, *i*-й рядок цієї матриці повністю характеризує зразок x_i та інтегрується як точка в *m*-вимірному просторі $I^m(X)$.

Близькості між зразками множини *X* можуть бути подані у формі матриці [13]

$$D = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{n1} & d_{n2} & \dots & d_{nn} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

де d_{ij} – близькість зразків x_i та x_j .

Як характеристику близькості прийнято евклідову метрику [13]

$$d_{ij} = \left(\sum_{l=1}^m (x_i^l - x_j^l)^2 \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (3)$$

У всіх випадках маса ВР приводилась до тротилового еквіваленту (ТНТ).

Однією з проблем при кластерному аналізі ПТМ виробництва РФ є те, що ці міни можуть споряджатись різними ВР. Тому в роботі кластерний аналіз ПТМ проведений за умови їх спорядження тротилом (ТНТ) (перший тип спорядження), ТГА (ТГ-40) (другий тип спорядження) та МС (третій тип спорядження) окремо для кожної ВР та для всіх трьох типів спорядження (рис. 3). У всіх випадках маса ВР в ПТМ приведена до тротилового еквіваленту маси (ТГА (ТГ-40) – 1,1; МС – 1,45) [14].

Дендрограма об'єднання ПТМ для кожного типу спорядження наведена на рис. 2. Вона є типовою для кожного окремого з трьох типів спорядження ПТМ (ТНТ, ТГА (ТГ-40), МС). Однак формально, у зв'язку із можливістю спорядження деяких ПТМ різними ВР, що мають різні ТНТ еквіваленти, ці міни ввійдуть до різних груп, тому їх можна вважати різними мінами. Проаналізовані дані табл. 1 з використанням методу Варда. При цьому аналізі ПТМ, що можуть споряджатись різними ВР, розділено як різні ПТМ (загальна кількість зразків складає 33 од.). У результаті проведеного аналізу отримано дендрограму (рис. 4).

Розподіл маси ВР ПТМ РФ в залежності від прийнятої класифікації за основними ознаками наведений на рис. 5. До комбінованого способу встановлення

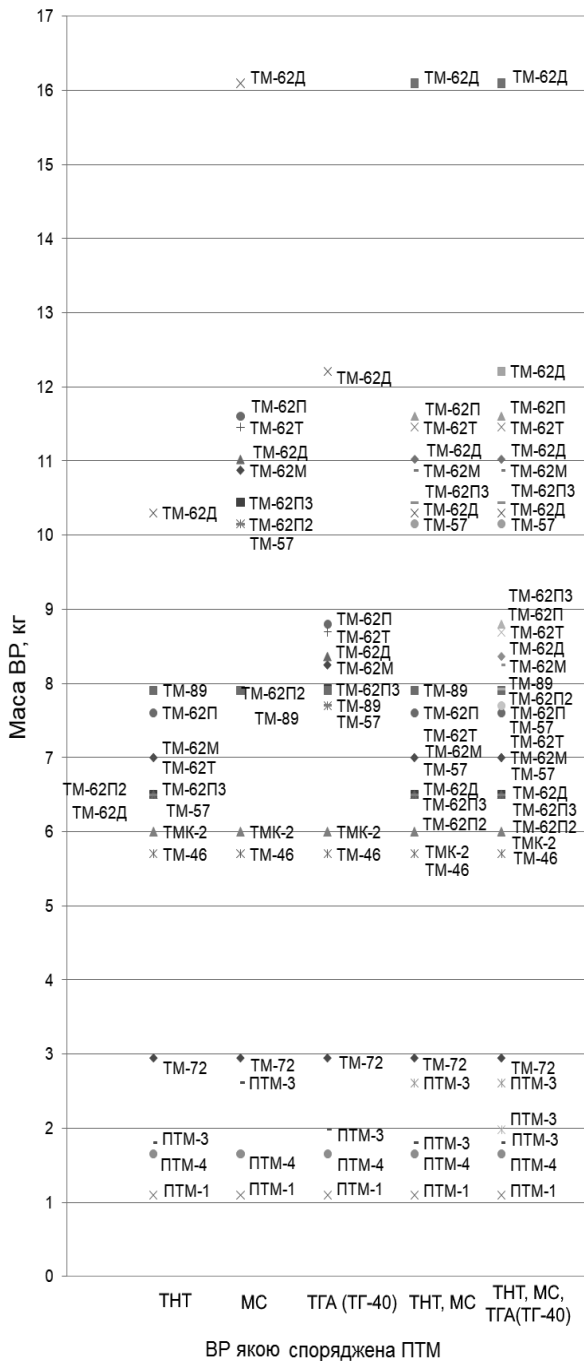


Рис. 3. Розподіл маси ВР ПТМ залежно від ВР якою споряджена ПТМ

віднесені міні, що встановлюються вручну та з використанням засобів механізації. Якщо ПТМ можливо встановлювати вручну і дистанційно, то їх віднесено до групи «дистанційно».

Аналізуючи дані, показані на рис. 2–5, можна встановити, що маси ВР у ПТМ розподіляються нерівномірно по групах. На основі дендрограми (рис. 2), що враховує не тільки масу ВР, а й інші класифікаційні ознаки, такий розподіл також легко виявити на відстані об'єднання більше одиниці. Залежно від відстані об'єднання ПТМ можна об'єднати в різну кількість груп. Так, для відстані об'єднання 1 кількість груп складає 6.

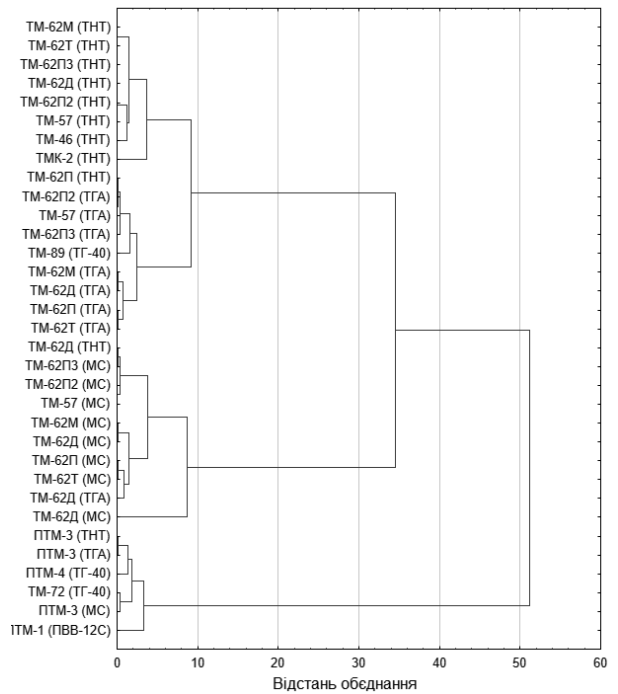


Рис. 4. Дендрограми для даних, наведених у табл. 1, побудовані на основі методу Варда

До першої групи входять ПТМ: TM-62М, TM-62Д, TM-62П3, TM-62П2, TM-57, TM-62Т, TM-62П. Другий кластер ПТМ: TM-89. Третя група: ТМК-2, TM-46. Четверта група: ПТМ-1, ПТМ-3, ПТМ-4. П'ятий кластер: TM-72. Шостий кластер: TM-62Д. Поступово ПТМ об'єднуються в меншу кількість кластерів.

На думку автора, логічне об'єднання ПТМ в п'ять кластерів. Так, до першої групи можна віднести міні серії ПТМ, що дистанційно встановлюються, та ПТМ TM-72. Міна TM-62Д при її спорядженні ВР МС відноситься до окремого кластера. Міні серії TM-62 також утворюють групу, до якої може бути приєднана ПТМ TM-89. Міні ТМК-2 та TM-46 відносяться до окремої групи через значення маси ВР, якою вони споряджені. Взагалі, кількість груп, в які об'єднується ПТМ, може бути вибрана більшою або меншою залежно від прийнятих вихідних даних.

Результати проведеного кластерного аналізу з об'єднання ПТМ в шість, п'ять, чотири та три кластери за значеннями центрів мас ВР в кластері при максимізації відстаней між ними показані на рис. 6. Отримані значення центрів мас ВР в кластері при максимізації відстаней між ними наведені в табл. 2.

Недоліком розбиття ПТМ на групи за значеннями центрів мас ВР у кластері при максимізації відстаней між ними є те, що для групи вказується не максимальне значення ВР в ній. Що, у свою чергу, не відобразить тих реальних загроз, які існують для ББМ. Тому проведено розподіл ПТМ на групи за максимальним значенням маси ВР в групі (рис. 7). Об'єднання ПТМ в групи, як і раніше, проведено з використанням дендрограми (рис. 2) за відстанню об'єднання та обраною кількістю кластерів. Отримані значення мас ВР у кластері при їх максимальному значенні наведені в табл. 3.

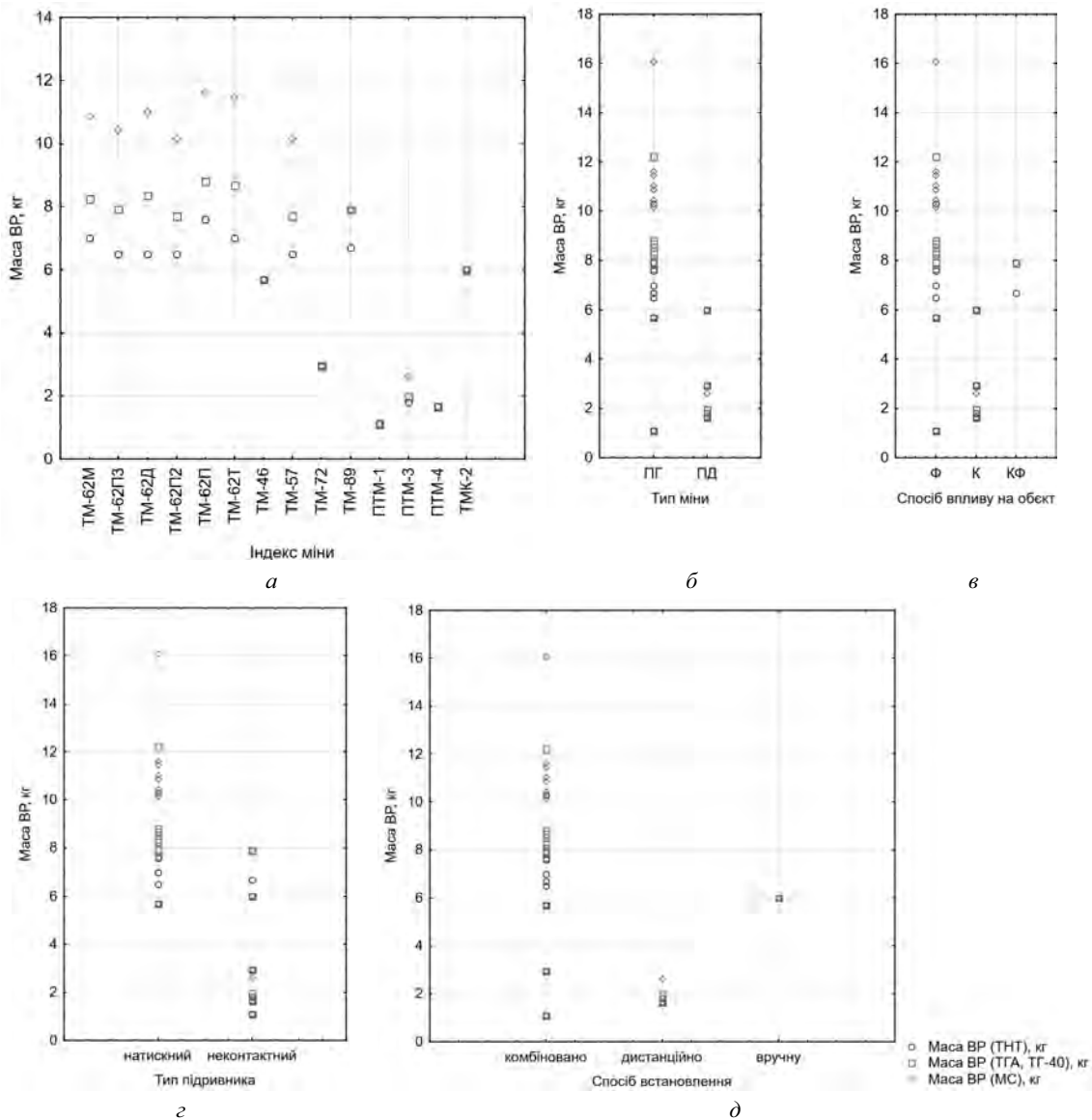


Рис. 5. Загальний розподіл маси ВР в ПТМ РФ (а) та залежно від типу міни (б), способу впливу на об'єкт (в), типу підіривника (г) та способу встановлення (д)

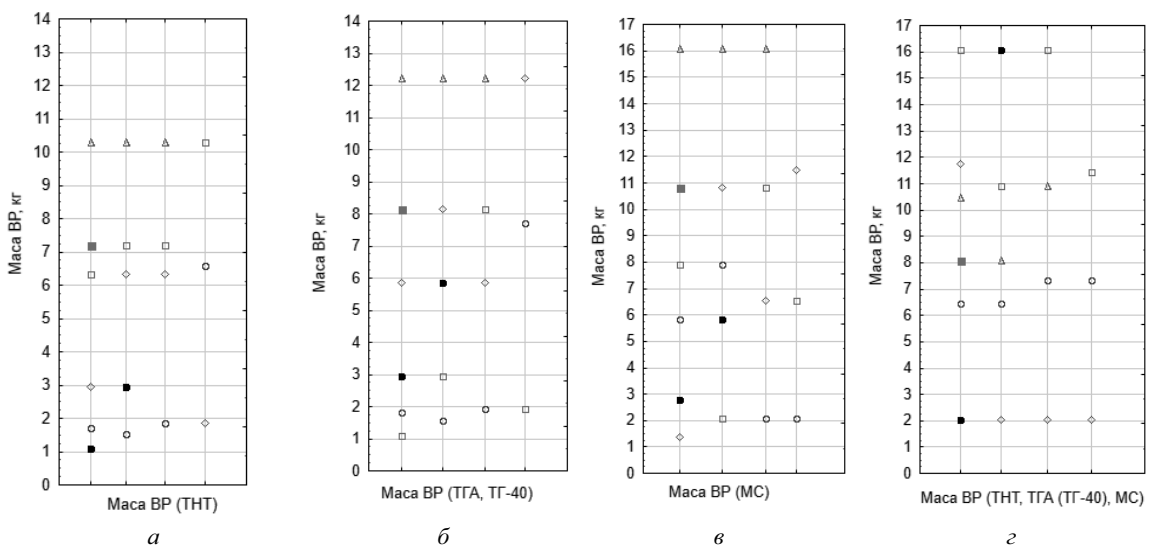


Рис. 6. Розподіл груп кластерів ПТМ у соряджені різними ВР при максимізації відстаней між кластерами: а – ТНТ; б – ТГА (ТГ-40); в – МС; г – ТНТ, ТГА (ТГ-40), МС

Таблиця 2. Значення центрів мас ВР в кластері при максимізації відстаней між ними

Марка ВР	Номер кластера					
	1	2	3	4	5	6
6 кластерів						
ТНТ	1,1	1,72	2,95	6,34	7,2	10,3
ТГА (ТГ-40)	1,1	1,82	2,95	5,85	8,17	12,21
МС	1,38	2,78	5,85	7,91	10,81	16,10
ТНТ, ТГА (ТГ-40), МС	2,02	6,46	8,10	10,49	11,76	16,10
5 кластерів						
ТНТ	1,52	2,95	6,34	7,2	10,3	
ТГА (ТГ-40)	1,58	2,95	5,85	8,17	12,21	
МС	2,08	5,85	7,91	10,81	16,10	
ТНТ, ТГА (ТГ-40), МС	2,02	6,46	8,10	10,91	16,10	
4 кластери						
ТНТ	1,88	6,34	7,2	10,3		
ТГА (ТГ-40)	1,92	5,85	8,17	12,21		
МС	2,08	6,54	10,81	16,10		
ТНТ, ТГА (ТГ-40), МС	2,02	7,33	10,91	16,1		
3 кластери						
ТНТ	1,88	6,6	10,3			
ТГА (ТГ-40)	1,92	7,70	12,21			
МС	2,08	6,54	11,47			
ТНТ, ТГА (ТГ-40), МС	2,02	7,33	11,43			

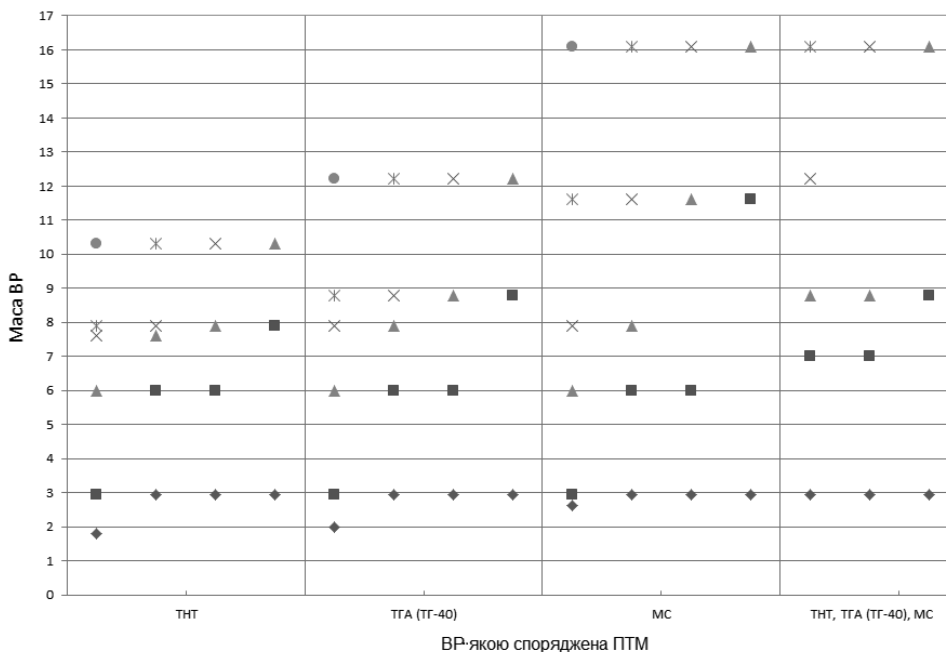


Рис. 7. Розподіл груп кластерів ПТМ у спорядженні різними ВР при їх максимальній масі у кластері

Рівні протимінного захисту ББМ, що визначенні в STANAG 4569, передбачають захист від вибухових пристроїв вагою 6 кг, 8 кг та 10 кг. Сформовані в роботі [9] групи кластерів ПТМ (загальна кількість розглянутих ПТМ – 231 зразок) (рис. 8) передбачають захист від ПТМ вагою 2,5 кг, 6 кг, 8 кг та 11,5 кг. Такі групи кластерів фактично відповідають вимогам STANAG 4569, за винятком найвищого рівня захисту.

Висновки. Отриманні в роботі групи кластерів (рис. 6–7), можуть характеризувати рівні загроз, що виникають для ББМ від підриву на ПТМ в умовах агресії РФ проти України. Так, при максимізації відстаней між кластерами за умови спорядження ПТМ вибуховими речовинами ТНТ, ТГА (ТГ-40) та МС доцільно передбачення захисту ББМ від ПТМ масою 2 кг, 6,5 кг, 8,1 кг, 11 кг та 16 кг. За значенням мас ВР в кластері при

Таблиця 3. Значення мас ВР в кластері при максимальному значенні маси ВР у кластері

Марка ВР	Номер кластера					
	1	2	3	4	5	6
6 кластерів						
ТНТ	1,8	2,95	6	7,6	7,91	10,3
ТГА (ТГ-40)	1,98	2,95	6	7,91	8,8	12,21
МС	2,61	2,95	6	7,9	11,6	16,10
5 кластерів						
ТНТ	2,95	6	7,6	7,91	10,3	
ТГА (ТГ-40)	2,95	6	7,91	8,8	12,21	
МС	2,95	6	7,9	11,6	16,10	
ТНТ, ТГА (ТГ-40), МС	2,95	7	8,8	12,21	16,1	
4 кластери						
ТНТ	2,95	6	7,91	10,3		
ТГА (ТГ-40)	2,95	6	8,8	12,21		
МС	2,95	6	11,6	16,10		
ТНТ, ТГА (ТГ-40), МС	2,95	7	8,8	16,1		
3 кластери						
ТНТ	2,95	7,91	10,3			
ТГА (ТГ-40)	2,95	8,8	12,21			
МС	2,95	11,6	16,10			
ТНТ, ТГА (ТГ-40), МС	2,95	8,8	16,1			

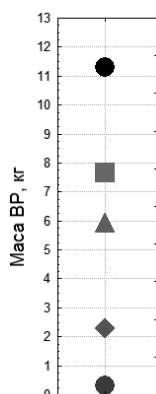


Рис. 8. Розподіл груп кластерів 231 зразка ПТМ за даними роботи [9] (маса ВР приведена до ТНТ еквіваленту)

максимальному значенні маси ВР в кластері доцільно передбачення захисту ББМ від ПТМ масою 3 кг, 6 кг, 8 кг, 11,6 кг та 16,1 кг.

На думку автора, доцільно проводити групування ПТМ за максимальним значенням маси ВР. За умови спорядження ПТМ вибуховою речовиною МС та розподілу ПТМ на п'ять груп отримаємо рівні загрози для ББМ (округливши деякі значення маси ВР до більшого значення):

- 1-а група – 3 кг (міни ПТМ-1, ПТМ-3, ПТМ-4, ТМ-72);
- 2-а група – 6 кг (міни ТМК-2 та ТМ-46);
- 3-я група – 8 кг (міни ТМ-89);
- 4-а група – 12 кг (міни ТМ-62М, ТМ-62Д, ТМ-62П3, ТМ-62П2, ТМ-57, ТМ-62Т, ТМ-62П);
- 5-а група – 16,1 кг (мін ТМ-62Д).

За умови спорядження ПТМ вибуховими речовинами ТНТ, ТГА (ТГ-40) та МС при розподілі ПТМ на п'ять груп за максимальним значенням маси ВР отримаємо рівні загрози для ББМ (округливши деякі значення маси ВР до більшого значення):

1-а група – 3 кг (міни ПТМ-1, ПТМ-3, ПТМ-4 ТМ-72 всіх можливих варіантів спорядження ВР);

2-а група – 7 кг (міни ТМ-62М (ТНТ), ТМ-62Т (ТНТ), ТМ-62П3 (ТНТ), ТМ-62Д (ТНТ), ТМ-62П2 (ТНТ), ТМ-57 (ТНТ), ТМ-46 (ТНТ), ТМК-2 (ТНТ));

3-я група – 8,8 кг (міни ТМ-62П (ТНТ), ТМ-62П2 (ТГА), ТМ-57 (ТГА), ТМ-62П3 (ТГА), ТМ-89 (ТГ-40), ТМ-62П2 (ТГА), ТМ-62М (ТГА), ТМ-62Д (ТГА), ТМ-62П (ТГА), ТМ-62Т (ТГА));

4-а група – 12,2 кг (міни ТМ-62Д (ТНТ), ТМ-62П3 (МС), ТМ-62П2 (МС), ТМ-57 (МС), ТМ-62М (МС), ТМ-62Д (МС), ТМ-62П (МС), ТМ-62Т (МС), ТМ-62Д (ТГА));

5-а група – 16,1 кг (міна ТМ-62Д (МС)).

Таким чином, зважаючи на масовість мін, що входять до 2-ї, 3-ї та 4-ї груп, актуальним є захист від них. Однак при розробці методики випробувань протимінного захисту ББМ доцільно враховувати спосіб встановлення ПТМ тощо. При подальших дослідженнях доцільно провести оцінку впливу коефіцієнта зменшення маси ВР у залежності від способу встановлення ПТМ та характеристик ґрунту.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Купріненко О. М., Голуб В. А. Обґрунтування тактико-технічних вимог до перспективних зразків озброєння та військової техніки з використанням нечітких множин // Військово-технічний збірник / Академія Сухопутних військ. 2009. № 1. С. 43–46.

2. Купріненко О. М. Обоснование методов моделирования процессов функционирования перспективного вооружения // Військово-технічний збірник / Академія Сухопутних військ. 2011. № 2 (5). С. 31–38.
 3. Бісик С. П. Підхід до оцінки протимінної стійкості корпусів бойових броньованих машин з урахуванням зварних з'єднань // Наука і техніка Повітряних Сил ЗС України / ХНУПС ім. Кожедуба. 2017. Вип. 3 (28). С. 121–127.
 4. Бісик С. П., Давидовський Л. С., Схабицький В. Р. Критерії травмування організму людини при ударному та вибуховому навантаженні // Системи озброєння і військова техніка / ХУПС ім. Івана Кожедуба. 2015. № 1 (41). С. 153–159.
 5. Давидовський Л. С., Бісик С. П., Корбач В. Г. Дослідження енергопоглинаючого елемента протимінного сидіння бойової броньованої машини // Озброєння та військова техніка / ЦНДІ ОБТ ЗСУ. 2017. № 1 (13). С. 24–33.
 6. Бісик С. П., Сливінський О. А., Чепков І. Б., Васьківський М. І., Чернозубенко О. В. Проблеми виготовлення зварних бронекорпусів вітчизняних бойових броньованих машин // Озброєння та військова техніка / ЦНДІ ОБТ ЗСУ. 2017. № 4 (16). С. 29–38.
 7. Бісик С. П., Голуб В. А., Корбач В. Г. Числове вирішення задачі ударно-хвильового навантаження пластини // Військово-технічний збірник / Академія Сухопутних військ. №2(5). С. 3–6.
 8. STANAG 4569 edition 1. Protection levels for occupants of logistic and light armored vehicles, NSA/0533-LAND/4569.
 9. Бісик С. П., Чепков І. Б., Васьківський М. І., Давидовський Л. С., Корбач В. Г., Висоцький О. М., Захаревич Д. М. Теоретична оцінка протимінної стійкості багатоцільового тактичного автомобіля «Козак-2» // Озброєння та військова техніка / ЦНДІ ОБТ ЗСУ. 2016. № 1 (9). С. 26–31.
 10. Противотанковые мины. URL: <http://www.saper.etel.ru/>.
 11. Основні типи мін, їх тактико-технічні характеристики та застосування в збройних (локальних) конфліктах. № 2 (8) / Ю. І. Радковець [та ін.]. К. : Головне управління розвідки, 2001. 106 с.
 12. STATISTICA. URL: www.statsoft.com.
 13. Реброва О. Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. М. : МедиаСфера, 2002. 312 с.
 14. Физика взрыва / под ред. Л. П. Орленко : в 2 т. Т. 1. Изд. 3-е, испр. М. : Физматлит, 2004. 832 с.
- Рецензент С. В. Лапицький**, д-р техн. наук, проф.
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України)