

УДК 358.211

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ПОКРИТТЯ ПОЛЬОВИХ ФОРТИФІКАЦІЙНИХ СПОРУД ДО УДАРНО- ВИБУХОВОЇ ДІЇ СУЧАСНОЇ РАКЕТНОЇ ЗБРОЇ

О.І. Волощенко¹,

канд. військ. наук, старший дослідник

В.С. Косенко¹,

канд. військ. наук

О.Ю. Ковбаса¹,

ад'юнкт

І.В. Черних²,

канд. військ. наук, доцент

І.О. Капля²,

ад'юнкт

¹ *Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України*² *Національний університет оборони України*

DOI: 10.32347/2410-2547.2023.111.178-187

Метою статті є оприлюднення методичного підходу щодо визначення стійкості конструкцій покриття польових фортифікаційних споруд до ударно-вибухової дії сучасної ракетної зброї, зокрема крилатих і балістичних ракет.

Результати аналізу свідчать про те, що наразі найбільш небезпечним засобом вогневого ураження для військ є крилаті й балістичні ракети великого радіуса та ударно-вибухової дії. За таких умов найбільш ефективним способом захисту військ є їхнє укриття у польових фортифікаційних спорудах, конструкції покриття яких є стійкими до ударно-вибухової дії цих ракет.

У статті наведено методичний підхід щодо визначення стійкості конструкцій покриття польових фортифікаційних споруд до ударно-вибухової дії крилатих і балістичних ракет та результати розрахунків необхідної товщини покриття цих споруд, яке влаштоване з найбільш доступних у польових умовах будівельних матеріалів – ґрунту, піску, глини, каменю, бетону та залізобетону.

Наукова новизна запропонованого методичного підходу полягає у комплексному врахуванні низки показників, які кількісно характеризують основні тактико-технічні характеристики сучасних крилатих і балістичних ракет, параметри їхнього польоту і траєкторії, а також показників, що враховують найбільш важливі властивості матеріалів покриття польової фортифікаційної споруди на проникнення і викид.

Ключові слова: польові фортифікаційні споруди, ракетна зброя, стійкість.

Вступ

На підставі результатів аналізу бойових дій російсько-української війни можна констатувати, що наразі одним із найбільш небезпечних засобів вогневого ураження військ¹ є крилаті та балістичні ракети (КР та БР) великого радіуса та ударно-вибухової дії [1]. За таких умов найбільш ефективним способом захисту військ є їхнє укриття у польових фортифікаційних спорудах (ФС), конструкції покриття яких є стійкими до ударно-вибухової дії цих ракет [2], [3].

За досвідом, з початку вторгнення в Україну російські окупанти для ураження наших військ використовують КР та БР з вагою бойової частини (БЧ) від 300 до 960 кг (рис. 1–9).

Існуючий методичний апарат з визначення стійкості конструкцій польових ФС бере свій початок у працях з польової фортифікації Ф. Ласковського, у яких розглядаються загальні питання щодо будівництва довготривалих польових укріплень і споруд, Е. Миклашевського, С. Хмелькова з питань будівництва бетонних і залізобетонних захисних польових ФС для військ, С. Зайцева, Д. Шора, С. Давидова, Ф. Борисова,

¹ Під військами у статті мають на увазі особовий склад частин та підрозділів, їхнє озброєння та військову техніку (ОВТ), матеріально-технічні засоби (МтЗ).

М. Штейха з питань стійкості конструкцій підземних захисних ФС та споруд загальної польової фортифікації, С. Ананіча, П. Бузника, А. Сухарєва, І. Балаганського, Л. Мержієвського з питань глибини проникнення БЧ звичайних боєприпасів (артилерійських снарядів, мінометних мін та авіаційних бомб) у ґрунт і бетон, [4], [8]–[10], В. Косенка, О. Волощенка, М. Кушніренка з питань стійкості фортифікаційних споруд до ударної хвилі ядерного вибуху [7], а також В. Коцюруби, І. Даценка, А. Білика з питань фізичного (інженерного) захисту об'єктів військ від безпілотних літальних апаратів [5], [6].



Рис. 1. Балістична ракета “Іскандер-М” (вага БЧ до 480 кг)



Рис. 2. Балістична ракета “Точка-У” (вага БЧ до 480 кг)



Рис. 3. Крилата ракета “Калібр” (вага БЧ до 450 кг)



Рис. 4. Крилата ракета “Х-101” (вага БЧ до 430 кг)



Рис. 5. Аеробалістична ракета “Кинджал” (вага БЧ до 500 кг)



Рис. 6. Крилата ракета “Х-22” (вага БЧ до 960 кг)



Рис. 7. Крилата ракета “Х-59” (вага БЧ до 310 кг)



Рис. 8. Крилата ракета “Онiкс” (вага БЧ до 300 кг)



Рис. 9. Крилата ракета “Х-55” (вага БЧ до 450 кг)

За результатами цих праць та виконаних на їхній основі експериментів отримано емпіричні формули, які дозволяють визначати стійкість конструкції покриття польової ФС до ударно-вибухової дії артилерійських снарядів, мінометних мін та авіаційних бомб.

Найбільшого практичного використання для вирішення такого типу завдань набули формули Забудського, Березанська та Березанська II. Так, формулу Забудського часто застосовують для визначення глибини проникнення БЧ звичайного боєприпасу у матеріал покриття ФС за умови, коли кінцева швидкість її руху знаходиться у діапазоні 400–500 м/с, м:

$$h_{np} = \frac{q \cdot \sin \theta_c}{2AB\Phi S} \ln \left(\frac{1 + BV_c^2}{1 + BV^2} \right), \quad (1)$$

де q – вага БЧ боєприпасу, кг; θ_c – кут зустрічі БЧ з покриттям ФС; A і B – коефіцієнти, які чисельно характеризують властивості матеріалу покриття ФС [3]; Φ –

коефіцієнт форми БЧ [$\Phi=(1,15\dots 0,20) h_{БЧ}/d$, де $h_{БЧ}$ – довжина БЧ, м; d – калібр боеприпасу, м;]; S – міделевий перетин БЧ, м; V – кінцева швидкість руху БЧ, м/с; V_c – швидкість руху БЧ усередині матеріалу покриття ФС, м/с.

Більш зручною, з точки зору практики, є Березанська формула, яку виведено за результатами експериментальних артилерійських стрільб на острові Березань поблизу Очакова у 1912 році. За цією формулою глибину проникнення БЧ звичайного боеприпасу у матеріал захисного покриття польової ФС визначають так, м:

$$h_{np} = k_{np} \frac{q}{d^2} \cdot V_c \cos \psi_0, \quad (2)$$

де q – вага БЧ, кг; d – калібр боеприпасу, м; V_c – кінцева швидкість руху БЧ у момент зустрічі з ціллю, м/с; ψ_0 – кут зустрічі БЧ з покриттям ФС; k_{np} – коефіцієнт проникнення матеріалу покриття ФС.

На думку авторів, недоліком цієї формули для вирішення завдання щодо визначення глибини проникнення БЧ сучасної ракетної зброї у матеріал захисного покриття польової ФС є обмежений діапазон її застосування, а саме для БЧ з кінцевою швидкістю руху менше 400 м/с.

Більш коректні результати надає формула Березанська II, яка додатково враховує форму БЧ різних типів боеприпасів та можливе викривлення траєкторії їхнього польоту, м:

$$h_{np} = \lambda k_{np} \frac{q}{d^2} \cdot V_c \frac{\cos(n\psi_0)}{\sqrt{\cos \psi_0}}, \quad (3)$$

де $\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2$ – коефіцієнт форми БЧ, ($\lambda_1 = 0,5 + 0,4\sqrt[3]{(H_{Г}/d)^2}$ визначається залежністю показників довжини та калібру БЧ, а $\lambda_2 = 2,8\sqrt[3]{d} - 1,3\sqrt{d}$ показником калібру); k_{np} – коефіцієнт проникнення матеріалу покриття ФС [3]; $\psi_0 = 90^\circ / (2n - 1)$ – кут зустрічі БЧ з покриттям ФС; n – коефіцієнт викривлення траєкторії польоту БЧ ($n=1,82$ – для далекобійних боеприпасів, $n=2,62$ – для інших) [3]; $H_{Г}$ – довжина БЧ боеприпасу, м; d – калібр боеприпасу, м; V_c – швидкість руху БЧ усередині матеріалу покриття ФС, м/с.

За умови, коли БЧ боеприпасу має надзвукову швидкість руху², для визначення глибини її проникнення у матеріал покриття польової ФС використовують таку формулу [3], м:

$$h_{np} = \lambda \frac{q}{d^2} k_{np} (V_c/\alpha_0) 10^4, \quad (4)$$

де $\lambda = (0,45\dots 1)(H_{Г}/d)$; $k_{np}(V_c/\alpha_0) = 24(V_c/\alpha_0) \exp 6,65(V_c/\alpha_0)$; α – кут зустрічі БЧ з покриттям ФС.

Більш простою для визначення глибини проникнення БЧ у матеріал покриття фортифікаційної споруди є формула, яку наведено в [9], м:

$$h_{np} = \frac{P}{d^2} \cdot V, \quad (5)$$

де P – вага БЧ боеприпасу, кг; d – калібр боеприпасу, м; $V = \sqrt{20H} - H/100$ – кінцева швидкість руху БЧ, м/с; H – висота, з якої здійснюється вільне падіння БЧ, м.

Основною перевагою цієї формули є мінімально потрібна кількість вихідних даних та відносна доступність їх отримання в умовах бойових дій. Однак, зважаючи на те, що більшість сучасних КР та БР мають відмінні від звичайних боеприпасів параметри, зокрема вагу БЧ, її траєкторію польоту та кінцеву швидкість руху, результати розрахунків з визначення стійкості конструкцій покриття польових ФС до ударно-

² Надзвукова швидкість руху – більше 1236 км/год.

вибухової дії цих ракет за формулами (1)–(5) мають суттєві похибки, що може призвести до руйнування зазначених конструкцій та, як наслідок, ураження особового складу, знищення ОВТ, МтЗ.

У статті вирішується завдання щодо розроблення методичного підходу щодо визначення стійкості конструкцій покриття польових ФС до ударно-вибухової дії сучасної ракетної зброї.

Суть запропонованого методичного підходу полягає у врахуванні показників, величини яких кількісно характеризують форму БЧ КР та БР, траєкторію їхнього польоту, кут зустрічі, кінцеву швидкість руху у момент влучання цих ракет у матеріал покриття польової ФС, а також показників, що характеризують матеріал цього покриття на проникнення й викид. Кількісні величини цих показників визначено за тактико-технічними характеристиками КР та БР, а також шляхом безпосередніх вимірів руйнувань будівель і споруд у результаті влучання цих ракет.

У статті наведено результати розрахунків з визначення необхідної товщини покриття польових ФС з різного матеріалу, яка забезпечує потрібну стійкість конструкції цього покриття до ударно-вибухової дії БР “Іскандер-М”. Результати розрахунків є теоретичними та потребують експериментального підтвердження.

Викладення основного матеріалу дослідження

Теоретичні та практичні дослідження з питань стійкості польових ФС до ударно-вибухової дії засобів вогневого ураження свідчать про те, що у момент влучання боеприпасу у покриття польової ФС його БЧ проникає у матеріал цього покриття на певну глибину та, втративши енергію на подолання його спротиву, зупиняється. У польовій фортифікації це явище йменують глибиною проникнення боеприпасу [3], [9], [11]–[14] та, згідно з [9], визначають за такою формулою, м:

$$h_{np} = \lambda \cdot k_{np} \cdot \frac{P}{d^2} \cdot V \cdot \cos \alpha, \quad (6)$$

де λ – коефіцієнт форми БЧ боеприпасу (для бетонобійного $\lambda=1,3$, для інших $\lambda=1$); k_{np} – коефіцієнт проникнення матеріалу покриття ФС; α – кут зустрічі БЧ з покриттям ФС.

Кут зустрічі БЧ з покриттям ФС залежить від нахилу поверхні цього покриття і кута зустрічі БЧ з ціллю, тобто є кутом між горизонтальною площиною покриття і віссю траєкторії польоту БЧ у точці їхньої зустрічі (рис. 10).

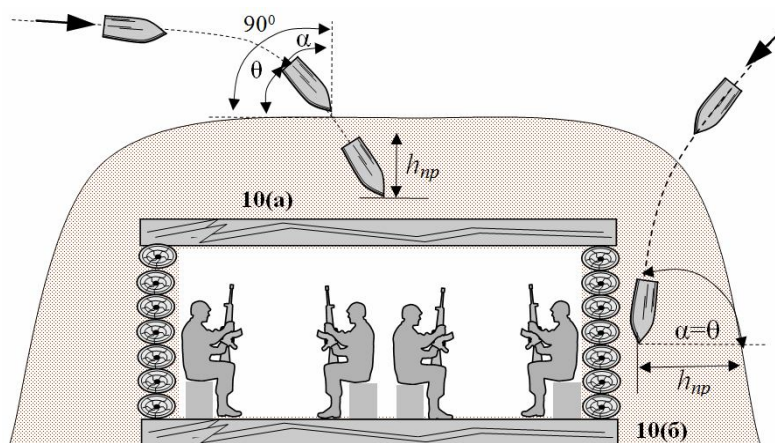


Рис. 10

Якщо покриття ФС має горизонтальну площину (рис. 10 (а)), тоді сума кутів зустрічі (α) і падіння БЧ (θ) буде дорівнювати 90°. Коли покриття вертикальне

(рис. 10 (б)), тоді кут зустрічі дорівнює куту падіння $\alpha = \theta$. У разі коли БЧ влучає у покриття ФС перпендикулярно (рис. 11), напрямок її руху не змінюється і вважається прямолінійним. У такому разі (рис. 11 (а)) кут зустрічі $\alpha = 0^\circ$, $\cos \alpha = 1$, і формула (6) матиме такий вигляд, м:

$$h_{np} = \lambda \cdot k_{np} \cdot \frac{P}{d^2} \cdot V. \quad (7)$$

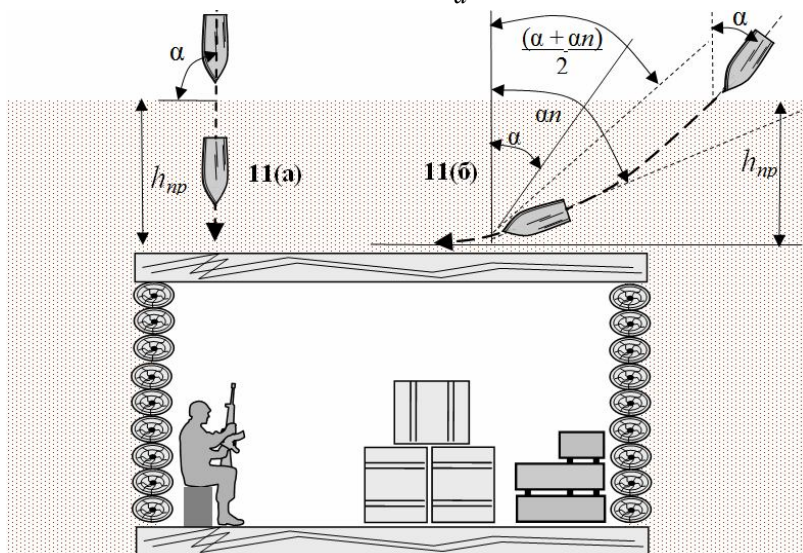


Рис. 11

Якщо ж БЧ влучає у покриття ФС під деяким кутом зустрічі α (рис. 11 (б)), тоді у кінці проникнення кут між його віссю і перпендикуляром до поверхні покриття буде більше кута зустрічі у n разів та дорівнюватиме $n \cdot \alpha$.

Таким чином, у формулу (6) замість кута зустрічі (α) потрібно підставити середнє значення напівсуми цих кутів з урахуванням розвороту БЧ у матеріалі покриття (n). За цієї умови формула (6) матиме такий вигляд:

$$h_{np} = \lambda \cdot k_{np} \cdot \frac{P}{d^2} \cdot V \cdot \cos \frac{\alpha + n\alpha}{2}, \quad (8)$$

де n – коефіцієнт розвороту БЧ у матеріалі покриття, величина якого, за даними експерименту, для засобів ураження з довгою бойовою частиною дорівнює $n=1,5$, з короткою $n=2$, а для інших приймається $n=1$ [2].

На відміну від БЧ звичайного боеприпасу, КР та БР мають дещо інший характер проникнення. Це пояснюється їхніми відмінностями та відсутністю розвороту ракети навколо своєї осі під час проникнення (рис. 12).

Отже, виразом $\cos \frac{\alpha + n\alpha}{2}$ формули (8) можна знехтувати та розглядати проникнення ракети у покриття ФС за допомогою двох складових: глибини викиду матеріалу покриття ФС від вибуху БЧ ракети та глибини проникнення у це покриття її осколків, м:

$$H_{np} = k_e \cdot \sqrt[3]{C} + \lambda \cdot k_{np} \cdot \frac{P}{d^2} \cdot V \cdot \cos \alpha, \quad (9)$$

де k_e – коефіцієнт податливості матеріалу на викид [9]; C – маса БЧ ракети, кг; k_{np} – коефіцієнт податливості матеріалу на проникнення [9].

Приклад. Визначити стійкість конструкції польової ФС до ударно-вибухової дії БР “Іскандер-М”, покриття якої влаштовано зі свіжонасапаного сипкого ґрунту, за

наступними вихідними даними: тактико-технічні характеристики БР “Іскандер-М” (табл. 1); значення коефіцієнта податливості матеріалів на проникнення (табл. 2) та викид (табл. 3); кут зустрічі ракети з цілью $\alpha = 40^\circ$, $\cos \alpha = 0,7$.

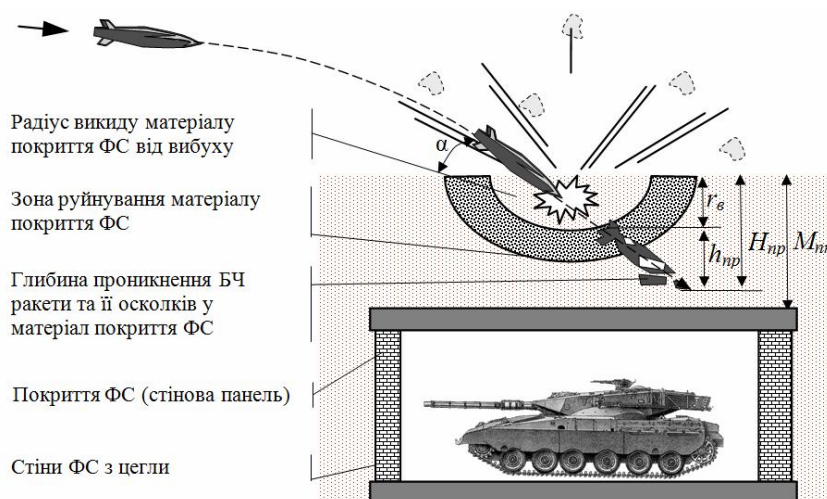


Рис. 12

Таблиця 1

Основні ТТХ балістичної ракети “Іскандер-М”

Діаметр, м	0,92
Стартова маса, кг	3800
Маса бойової частини, (кг/тип)	480 кг/проникаюча, осколково-фугасна
Дальність застосування, км	450
Швидкість польоту, м/с	2100
Маса бойової частини, кг	480

Таблиця 2

Значення коефіцієнта податливості матеріалів на проникнення [9]

Матеріал	k_{np}
Свіжонасипаний сипкий ґрунт	0,0000130
Глина середньої густини, ґрунт перемішаним з камінням	0,0000070
Вологий пісок	0,0000065
Щільний рослинний ґрунт	0,0000065
Суглинок	0,0000060
Супісь	0,0000050
Соснові колоди	0,0000050
Щільний пісок	0,0000045
Мерзлий ґрунт	0,0000045
Кам'янистий ґрунт	0,0000040
Булижний камінь зі щільним укладенням і засипкою піском	0,0000030
Цегляна кладка на цементному розчині	0,0000025
Кам'яна кладка на цементному розчині	0,0000020
Скеля вапнякова або піщана	0,0000020
Скеля гранітна або гнейсова	0,0000016
Бутобетон	0,0000016
Бетон	0,0000010

Підставивши вихідні дані у (9), отримуємо глибину проникнення БР “Іскандер-М” у свіжонасипаний сипкий ґрунт покриття польової ФС:

$$H_{np} = 0,63 \cdot \sqrt[3]{480} + 1 \cdot 0,0000130 \cdot \frac{3800}{0,92^2} \cdot 61,2 \cdot 0,7 = 7,8 \text{ м.}$$

Таблиця 3

Значення коефіцієнта податливості матеріалів на викид [9]

Матеріал	k_e
Свіжонасипаний сипкий ґрунт	0,63
Рослинний ґрунт	0,50
Щільний пісок	0,48
Супісь	0,47
Суглинок, глина	0,46
Кам’янистий ґрунт	0,45
Скеля вапнякова або піщана	0,25
Скеля гранітна або гнейсова	0,20
Сосна, дуб, бук, ясен	0,30
Цегляна кладка на цементному розчині	0,24
Кам’яна кладка насухо	0,25
Кам’яна кладка на цементному розчині	0,20
Бутобетон	0,18
Залізобетон марки 400	0,13
Фортифікаційний залізобетон із гнучким противідколом	0,12
Фортифікаційний залізобетон із жорстким противідколом	0,12

Отже, для забезпечення потрібної стійкості конструкції польової ФС до ударно-вибухової дії БР “Іскандер-М” товщину її покриття із свіжонасипаного сипкого ґрунту, згідно з [9], потрібно збільшити на 25%, тобто на 1,95 м, і мати не менше 9,75 м.

На рис. 13 наведено результати розрахунків щодо визначення необхідної товщини покриття польових ФС, яка забезпечує потрібну стійкість конструкції цього покриття до ударно-вибухової дії БР “Іскандер-М”. Матеріалом для влаштування покриття є свіжонасипаний сипкий ґрунт (1), суглинок (2), вологий пісок (3), супісок (4), глина (5), кам’янистий ґрунт (6), цегляна та кам’яна кладки на цементному розчині (7, 8), бутобетон (9), бетон та фортифікаційний залізобетон (10, 11).

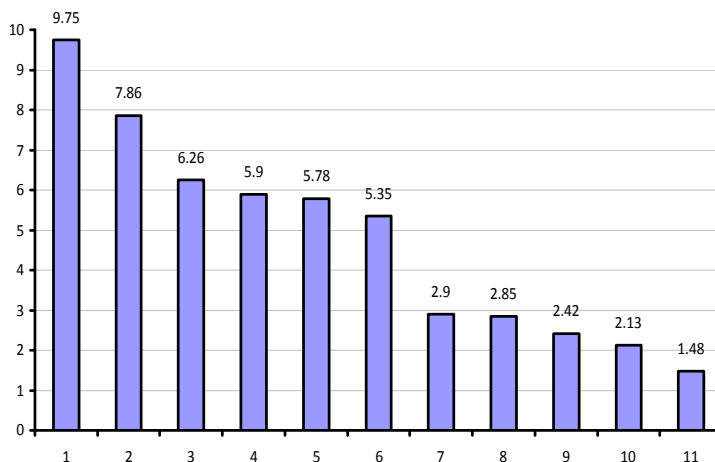


Рис. 13

Висновки

У статті наголошується на необхідності захисту військ у польових ФС, конструкції покриття яких мають бути стійкими до ударно-вибухової дії крилатих і балістичних ракет.

Наведено методичний підхід щодо визначення стійкості покриття польових ФС до ударно-вибухової дії крилатих і балістичних ракет та результати розрахунків щодо визначення необхідної товщини цього покриття, що влаштовано з найбільш доступних у польових умовах будівельних матеріалів – ґрунту, піску, глини, каменю, бетону та залізобетону.

Перспективним напрямом подальших досліджень є розроблення на основі запропонованого методичного підходу методики з визначення стійкості покриття польових ФС до ударно-вибухової дії сучасної ракетної зброї.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Воєнно-історичний опис російсько-української війни. Вип. 13: березень 2023 року / МО України, ГШ ЗС України. – Київ, МО України, 2023. – 178 с.
2. Эффективность ракетных комплексов: учебное пособие. Кн. 2 / С. Н. Ельцин; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2018. 117 с.
3. Балаганский И.А., Мерзиевский Л.А. Действие средств поражения и боеприпасов. Учебник. Новосибирск. НГТУ. 2004. 408 с.
4. Волощенко О.І., Кушніренко М.Г., Черних І.В. Удосконалення методики розрахунку конструкцій покриття закритих польових фортифікаційних споруд для забезпечення живучості військ у сучасному збройному конфлікті. *Опір матеріалів і теорія споруд*: 2020. № 106. С. 282–295.
5. Kotsiuruba V. I., Datsenko I. P., Dachkovsky V. O., Cherevko R. M., Androshchuk O. V., Tsybizov A. L., Kryvtun V. I. Methodological and scientific approach into the process of calculation a multilayer underground protective structure. *Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-andtechnical collected articles*. Kyiv: KNUBA, 2021. Issue 107. P. 159–169.
6. Kotsiuruba V.I., Datsenko I.P., Dachkovsky V.O., Tkach M.Y., Holda O.L., Holda M.A., Klontsak M.Y., Mykhailova A.V. Justification of the requirements for the construction of protective structures by means underground workings in an explosive manner // *Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles*. – Kyiv: KNUBA, 2021. – Issue 106. – P. 129–140.
7. Косенко В., Волощенко О.І., Кушніренко М.Г. Визначення стійкості конструкцій польових фортифікаційних споруд закритого типу від ударної хвилі ядерного вибуху // *Опір матеріалів і теорія споруд*: 2022. № 109. С. 387–402.
8. Волощенко О.І., Ковбаса О.Ю. Методика оцінювання спроможностей військ з фортифікаційного обладнання своїх позицій в операції (бойових діях). *Збірник наукових праць ЦНДІ ЗС України*. Київ, 2020. № 1(92). С. 94–100.
9. Ананич С.А., Бузник П.К., Сухарев А.И. Фортификация. Учебник для военно-инженерных училищ. Москва, 1992. 452 с.
10. Войсковые фортификационные сооружения. Москва: Военное издательство, 1984. 720 с.
11. Кушніренко М.Г., Ворович Б.О., Лісневський В.В. Будівельні матеріали, конструкції та основи механіки військово-інженерних споруд. Київ: НАОУ, 2000. 67 с.
12. Малаховский Е. К. Стрельба на поражение опорных пунктов. Москва: Военное издательство, 1978. 112 с.
13. У. Бейкер, П. Кокс, П. Уэстайн, Дж. Кулеш, П. Стрелюу. Взрывные явления. Оценка и последствия. Часть 1. Москва: Издательство «Мир», 1986. 319 с.
14. Зелена книга з питань захисту критичної інфраструктури в Україні: зб. матеріалів міжнар. експерт. нарад / Упоряд. Д. С. Бірюков, С. І. Кондратов; за заг. ред. О.М. Суходолі. Київ. НІСД, 2016. 176 с.

REFERENCES

1. Voienno-istorychnyi opys rosiisko-ukrainskoi viiny (Military-historical description of the russian-Urainian war): Vup. 13: berezen 2023 roku / MO Ukrainy, HSh ZS Ukrainy. – Kyiv, MO Ukrainy, 2023. – 178 s. (in Ukrainian).
2. Effektivnost raketnykh kompleksov: uchebnoe posobyе. Kn. 2 (Effectiveness of missile complexes: textbook. Book 2)/ S.N. Eltsyn; Balt. hos. tekhn. un-t. – SPb. 2018. 117 s. (in Russian).
3. Balahanskyi Y. A., Merzhyevskiy L. A. Deistviye sredstv porazheniya y boeprypasov: Uchebnyk (Action of weapons of destruction and ammunition: Textbook). Novosybyrsk. NHTU. 2004. 408 s. (in Russian).
4. Voloshchenko O. I., Kushnirenko M. H., Chernykh I. V. Udoskonalennia metodyky rozrakhunku konstruksii pokryttia zakrytykh polovykh fortyfikatsiinykh sporud dlia zabezpechennia zhyvuchosti viisk u suchasnomu zbroynomu konflikti (Improvement of the methodology for calculating the structures of the cover of closed field fortifications to ensure the survivability of troops in a modern war conflict). *Opir materialiv i teoriia sporud*: 2020. № 106. S. 282–295. (in Ukrainian).

5. Kotsiuruba V. I., Datsenko I. P., Dachkovsky V. O., Cherevko R. M., Androshchuk O. V., Tsybizov A. L., Kryvtsun V. I. Methodological and scientific approach into the process of calculation a multilayer underground protective structure. *Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-andtechnical collected articles*. Kyiv: KNUBA, 2021. Issue 107. P. 159–169. (in Ukrainian).
6. Kotsiuruba V. I., Datsenko I. P., Dachkovsky V. O., Tkach M. Y., Holda O. L., Holda M. A., Klontsak M. Y., Mykhailova A. V. Justification of the requirements for the construction of protective structures by means underground workings in an explosive manner // *Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles* – Kyiv: KNUBA, 2021. – Issue 106. – P. 129–140. (in Ukrainian).
7. Kosenko V. S., Voloshchenko O. I., Kushnirenko M. G. Determination of the enclosed-type field fortifications structures resistance against the nuclear explosion shock wave. *Opir materialiv i teorii sporud*: 2022. № 109. S. 387–402. (in Ukrainian).
8. Voloshchenko O. I., Kovbasa O. Y. Metodyka otsiniuvannya spromozhnosti viisk z fortyfikatsiinoho obladnannya svoikh pozytsii v operatsii (boiovykh diiakh) (Methodology for assessing the capabilities of the troops from the fortification equipment of their positions in the operation (combat operations)). *Zbirnyk naukovykh prats TsNDI ZS Ukrainy*. Kyiv, 2020. № 1 (92). S. 94–100. (in Ukrainian).
9. Ananych S. A., Buznyk P. K., Sukharev A. I. Fortyfykatsiya. Uchebnyk dlia voenno-ynzhenerykh uchyllyshch. (Fortification. Textbook for military engineering colleges) Moskva, 1992. 452 s. (in Russian).
10. Voiskovyie fortyfykatsyonnyie sooruzheniya. (Military fortifications) Moskva: Voennoe izdatelstvo, 1984. 720 s. (in Russian).
11. Kushnirenko M. H., Vorovykh B. O., Lisnevskiy V. V. Budivelni materialy, konstruktsii ta osnovy mekhaniky viiskovo-ynzhenerykh sporud (Building materials, constructions and basics of mechanics of military engineering structures). Kyiv: NAOU, 2000. 67 s. (in Ukrainian).
12. Malakhovskiy E. K. Strelba na porazhenye opornykh punktov (Shooting to destroy strongholds). Moskva: Voennoe izdatelstvo, 1978. 112 s. (in Russian).
13. U. Beiker, P. Koks, P. Uestain, Dg. Kulesh, R. Strelou. Vzryvnye yavleniya. Otsenka i posledstvyia. Chast 1 (Explosive events. Assessment and consequences. Part 1). Moskva: Izdatelstvo «Mir», 1986. 319 s. (in Russian).
14. Zelena knyha z pytan zakhystu krytychnoi infrastruktury v Ukraini: zb. materialiv mizhnar. ekspert. narad / Uporiad. D. S. Biriukov, S. I. Kondratov; za zah. red. O. M. Sukhodoli. – Kyiv. NISD, 2016. – 176 s. (in Ukrainian).

Стаття надійшла 04.09.2023

Voloshchenko O.I., Kosenko V.S., Kovbasa O.Yu., Chernykh I.V., Kaplia I.O.

METHODICAL APPROACH TO DETERMINING THE RESISTANCE OF FIELD FORTIFICATION COATING STRUCTURES BUILT TO THE SHOCK-EXPLOSIVE IMPACT OF MODERN MISSILE WEAPONS

The purpose of the article is to publicize a methodical approach to determining the stability of cover structures of field fortifications to the shock-explosive action of modern missile weapons, in particular cruise and ballistic missiles.

The purpose of this article is to present a methodological approach for determining the resistance of the cover structures of field fortifications to the impact and explosive effects of modern missile weapons, in particular cruise and ballistic missiles.

The analysis shows that currently, the most dangerous means of fire destruction for troops are long-range cruise and ballistic missiles with high explosive effect. Under such conditions, the most effective way to protect troops is to shelter them in field fortifications, the cover structures of which are resistant to the impact and explosive effects of these missiles.

The article presents a methodological approach to determining the resistance of the cover structures of field fortifications to the impact and explosive effects of cruise and ballistic missiles and the results of determining the required thickness of the cover of these structures, which are made of the most readily available building materials in the field – soil, sand, clay, stone, concrete and reinforced concrete.

The scientific novelty of the proposed methodological approach lies in the comprehensive consideration of a set of indicators quantifying the main tactical and technical characteristics of modern cruise and ballistic missiles, their flight and trajectory parameters, as well as indicators taking into account the most important properties of materials for the construction of a penetration and emission protection cover of a field fortification.

Key words: field fortifications, missile weapons, stability.

УДК 358.211

Волощенко О.І., Косенко В.С., Ковбаса О.Ю., Черних І.В., Капля І.О. Методичний підхід щодо визначення стійкості конструкцій покриття польових фортифікаційних споруд до ударно-вибухової дії сучасної ракетної зброї // Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-техн. збірн. – К.: КНУБА, 2023. – Вип. 111. – С. 178-187. Запропоновано методичний підхід щодо визначення стійкості конструкцій покриття польових фортифікаційних споруд до ударно-вибухової дії сучасної ракетної зброї, зокрема крилатих і балістичних ракет.

Табл. 3. Іл. 13. Бібліогр. 14 назв.

UDC 358.211

Voloshchenko O.I., Kosenko V.S., Kovbasa O.Yu., Chernykh I.V., Kaplia I.O. Methodical approach to determining the resistance of field fortification coating structures built to the shock-explosive impact of modern missile weapons // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific and technical collected articles. – K.: KNUBA, 2023. – Issue 111. – P. 178-187.

A methodological approach is proposed to determine the resistance of coating structures of field fortifications to the shock-explosive effects of modern missile weapons.

Tabl. 13. Fig. 13. Ref. 14.

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): кандидат військових наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник 3 НДУ Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України, ВОЛОЩЕНКО Олександр Іванович.

Адреса: 03049 Україна, м. Київ, Повітрофлотський пр., 28б, Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Волощенко Олександр Іванович.

Мобільний тел.: + 38(063) 325 08 45

E-mail: vaikiev63@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2717-1283>

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): кандидат військових наук, старший науковий співробітник 3 НДУ Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України, КОСЕНКО Віталій Сергійович.

Адреса робоча: 03049 Україна, м. Київ, Повітрофлотський пр., 28б, Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Косенко Віталій Сергійович

Мобільний тел.: + 38(098) 440 28 60

E-mail: kvcl1973@meta.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1724-6918>

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): ад'юнкт Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України, КОВБАСА Олександр Юрійович.

Адреса: 03049 Україна, м. Київ, Повітрофлотський пр., 28, Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Ковбаса Олександр Юрійович.

Мобільний тел.: + 38(068) 639 78 97

E-mail: kolbasey2607@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5854-5896>

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): кандидат військових наук, доцент, заступник начальника інституту логістики і підтримки військ (сил) Національного університету оборони України, ЧЕРНИХ Ігор Вікторович.

Адреса: 03049 Україна, м. Київ, Повітрофлотський пр., 28, Національний університет оборони України, Черних Ігор Вікторович.

Роб. тел.: + 38(044) 2710938

E-mail: igor-chernuh@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5144-6921>

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): ад'юнкт Національного університету оборони України, КАПЛІЯ Ілля Олексійович.

Адреса: 03049 Україна, м. Київ, Повітрофлотський пр., 28, Національний університет оборони України, Капля Ілля Олексійович.

Мобільний тел.: + 38(067) 527 88 65

E-mail: kaplia1607@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1424-4175>