

УДК 623.2:746.083.2

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРАХУНКУ ПОЛЬОВИХ ФОРТИФІКАЦІЙНИХ СПОРУД НА ДІЮ ПРОНИКАЮЧОЇ РАДІАЦІЇ

В.С. Косенко,

канд. військ. наук, старший дослідник

О.І. Волощенко,

канд. військ. наук, старший дослідник

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України

DOI: 10.32347/2410-2547.2024.112.285-293

Метою статті є оприлюднення методичного підходу до розрахунку польових фортифікаційних споруд на дію проникаючої радіації.

Досвід російсько-української війни свідчить про загострення потенційних ядерних загроз з боку російської федерації, у разі реалізації яких забезпечення живучості наших військ за радіаційним фактором під час бойових дій буде суттєво ускладнено. Такий розвиток подій вимагає від Сил оборони України постійної готовності до дій в умовах застосування противником ядерної зброї, посилення спроможностей військ щодо захисту від уражаючих факторів ядерного вибуху.

Найбільш ефективним способом захисту військ в умовах застосування ядерної зброї є їхнє укриття у польових фортифікаційних спорудах, конструкції та покриття яких дозволять запобігти або максимально знизити дію уражаючих факторів ядерного вибуху, зокрема і проникної радіації.

Суть запропонованого методичного підходу полягає у послідовному визначенні дози гама-випромінювання та нейтронів всередині польової фортифікаційної споруди з урахуванням низки показників, що дасть можливість зробити висновок про відповідність покриття та конструкції цієї фортифікаційної споруди існуючим вимогам щодо захисту військ.

Наукова новизна наведеного методичного підходу до розрахунку польових фортифікаційних споруд на дію проникаючої радіації полягає у комплексному врахуванні показників, які кількісно характеризують основні характеристики ядерного вибуху, умови обстановки, властивості різних матеріалів покриття та конструкції польових фортифікаційних споруд.

Ключові слова: польові фортифікаційні споруди, проникаюча радіація, гама-випромінювання, нейтрони.

Вступ

Досвід російсько-української війни свідчить про загострення потенційних ядерних загроз, у разі реалізації яких Сили оборони України можуть опинитись у складних умовах обстановки та зазнати суттєвих втрат [1].

Наразі російська федерація (рф) має один з найбільших ядерних арсеналів у світі, який орієнтовно налічує до п'яти з половиною тисяч ядерних боєприпасів різного типу. Вона залишається у трійці лідерів, після Сполучених Штатів Америки та Китайської Народної Республіки, за витратами на модернізацію ядерної зброї. У 2022 році рф витратила на це майже 10 млрд. доларів [2].

У посланні до федеральних зборів 29 лютого 2024 року президент рф, використовуючи застарілу кремлівську риторику, попередив про готовність до застосування ядерної зброї. Подібні погрози російського диктатора та його підопічних, у тому числі й у бік України, з'являються час від часу. Як зазначають аналітики, основні цілі таких заяв – викликати страх перед так званою “могутністю” рф та послабити підтримку України з боку її західних партнерів.

Водночас, відповідно до заяв представника Головного управління розвідки Міністерства оборони України, ймовірність застосування рф тактичної ядерної зброї в Україні у 2022 році була дуже високою. Так, з метою підготовки до цього, у засобах масової інформації рф посилювалися фейки про нібито застосування Силами оборони України “брудної бомби” на великій висоті з метою радіоактивного зараження певних територій та звинувачення у цьому рф.

Такий можливий розвиток подій вимагає від нашої держави, зокрема від Сил оборони України, постійної готовності до дій в умовах застосування противником ядерної зброї, посилення спроможностей військ щодо захисту від уражаючих факторів ядерного вибуху [3].

За твердженнями військових фахівців, одним із можливих варіантів застосування противником тактичної ядерної зброї є використання як її носіїв крилатих і балістичних ракет повітряного, наземного та морського базування, які за досвідом бойових дій у російсько-

українській війні активно застосовуються в звичайному спорядженні для ураження військ і об'єктів критичної інфраструктури держави (рис. 1–6).



Рис. 1. Балістична ракета “Искандер”



Рис. 2. Аеробалістична ракета “Кинжал”



Рис. 3. Крилата ракета X-59



Рис. 4. Крилата ракета X-22



Рис. 5. Крилата ракета П-800 “Оникс”



Рис. 6. Крилата ракета “Калибр”

У разі використання цих носіїв для доставки ядерної зброї найбільш ефективним способом захисту військ є їхнє укриття у польових фортифікаційних спорудах (ФС), конструкції та покриття яких дозволять запобігти або максимально знизити уражаючу дію цієї зброї, зокрема від проникаючої радіації [4, 5].

Захисту військ від уражаючих факторів різних видів зброї за допомогою ФС присвячено низку наукових праць [4]–[8], однак питання щодо розрахунків польових ФС на дію проникаючої радіації ядерного вибуху вивчені недостатньо, що може негативно вплинути на дії військ в умовах застосування противником ядерної зброї. Це свідчить про актуальність і важливість дослідження цієї проблеми, розв'язання якої дозволить забезпечити живучість наших військ під час бойових дій за радіаційним фактором.

Суть запропонованого методичного підходу до розрахунку польових ФС на дію проникаючої радіації та його наукова новизна полягає у послідовному визначенні її дози всередині цих споруд з урахуванням комплексного застосування низки показників, величини яких кількісно характеризують потужність ядерного вибуху, відстані від епіцентру (R_e) та центру (R_n) ядерного вибуху до ФС, висоту ядерного вибуху (H), дозу проникаючої радіації на поверхні землі біля ФС (D_γ , D_n), а також вплив пори року на дозу проникаючої радіації (k_γ , k_n). Крім цього, під час розрахунків застосовуються величини, які характеризують значення товщ шарів половинного послаблення доз проникаючої радіації різних матеріалів покриття та конструкції польової ФС ($w_{\gamma n}$, $w_{\gamma k}$, w_{np} , w_{nk}) та характеристики цих матеріалів – товща елементів конструкції (W_k) і товща покриття (W_n).

Обчислена за допомогою зазначених показників доза проникаючої радіації дасть можливість зробити висновок про відповідність покриття та конструкції ФС існуючим вимогам щодо допустимої дози опромінення особового складу, який перебуває всередині цієї споруди.

Метою статті є оприлюднення методичного підходу до розрахунку польових ФС на дію проникаючої радіації.

Результати розрахунків за запропонованим методичним підходом є теоретичними та потребують експериментального підтвердження.

Викладення основного матеріалу дослідження

Проникаюча радіація – це потік гама-випромінювання та нейтронів. Ці два види випромінювання розповсюджуються від епіцентру ядерного вибуху та, проходячи крізь живу

тканину, викликають іонізацію атомів і молекул, які входять до складу клітин, що призводить до порушень життєвих функцій окремих органів і систем та розвитку в організмі людини променевої хвороби. Ступінь іонізації визначається дозою проникаючої радіації, одиницею виміру якої служить рад [9].

Характерною особливістю проникаючої радіації є те, що її дія значно послаблюється з віддаленням від центру ядерного вибуху. Головним чином це обумовлено тим, що зі збільшенням відстані збільшується площа поверхні сфери довкілля, через яку проходить потік гама-квантів і нейтронів, та, відповідно, зменшується кількість енергії випромінювання, яке падає на 1 см² цієї сфери. Також показники дози проникаючої радіації залежать від потужності ядерного вибуху [10] (табл. 1).

Таблиця 1

Дози гама-випромінювання та нейтронів залежно від потужності ядерного вибуху та відстані до його центру

Потужність ядерного вибуху, кт	Відстані до центру ядерного вибуху, км								
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	
1	30000	4000	900	280	90	32	18	3	
	100000	13000	2000	400	90	28	5	---	
2	60000	8000	1800	560	180	70	30	14	
	190000	24000	4000	750	190	48	15	2	
3	80000	13000	2800	800	280	100	40	18	
	>200000	40000	6000	1200	300	72	20	5	
5	150000	25000	5800	1500	500	200	76	32	
	>200000	60000	10000	2000	480	120	32	12	
10	>200000 >200000	50000	12000	3200	1000	400	160	70	
		125000	20000	4000	780	280	68	24	
150000		32000	8000	2400	850	320	160		
>200000		40000	6800	1600	400	120	36		
30		52000	15000	3600	1400	520	240		
		60000	14000	3000	720	200	64		
50		80000	24000	7000	2400	820	400		
		100000	20000	5000	1200	360	100		
100		>200000	>200000	>200000	6000	2000	680	240	90
		>200000	>200000	18000	4000	800	240	600	200
200		160000	50000	18000	6800	2400	800	280	
		80000	18000	4000	1000	360	100		
300		>200000	95000	36000	14000	5000	1400	500	
		>200000	150000	32000	7000	1900	560		
500	>200000	180000	68000	28000	9000	2800	900		
	>200000	76000	16000	3800	1000				
	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0		
1	---	---	---	---	---	---	---		
2	3	---	---	---	---	---	---		
3	6	1	---	---	---	---	---		
5	15	5	1	---	---	---	---		
10	32	15	5	1	---	---	---		
20	70	32	16	5	1	---	---		
	13	---	---	---	---	---	---		
30	110	50	28	14	5	1	---		
	24	5	---	---	---	---	---		
50	190	90	48	28	14	5	1		
	36	15	3	---	---	---	---		
100	400	180	90	48	28	14	5		
	64	28	10	1	---	---	---		
200	1000	440	200	95	50	28	14		
	120	44	17	5	---	---	---		
300	1800	760	360	195	85	45	28		
	180	70	28	10	1	---	---		
500	3600	1500	600	300	150	75	40		
	320	120	44	18	4	---	---		

Примітка: у чисельнику – доза гама-випромінювання (рад), у знаменнику – доза нейтронів (рад).

Джерело: розроблено авторами за матеріалами [11].

Крім цього, на показники доз гама-випромінювання та нейтронів суттєвий вплив мають окремі метеорологічні характеристики оточуючого природного середовища. Так, у літню пору

року, коли щільність повітря менша ніж узимку, доза проникаючої радіації буде більшою [11]. Коефіцієнти впливу пори року (зима) на дозу проникаючої радіації залежно від відстані до центру ядерного вибуху наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Коефіцієнти впливу пори року (зима) на дозу проникаючої радіації
залежно від відстані до центру ядерного вибуху

Відстань до центру ядерного вибуху, км														
0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
Значення коефіцієнта впливу пори року на дозу гама-випромінювання (k_γ)														
0,9	0,8	0,65	0,6	0,5	0,4	0,35	0,3	0,25	0,22	0,2	0,18	0,15	0,12	0,1
Значення коефіцієнта впливу пори року на дозу нейтронів (k_n)														
0,9	0,6	0,5	0,4	0,35	0,25	0,2	0,17	0,14	0,1	0,08	0,06	0,04	---	---

Джерело: розроблено авторами за матеріалами [11].

Гама-випромінювання та нейтрони ядерного вибуху діють на будь-який об'єкт практично одночасно. Тому уражаюча дія проникаючої радіації визначається їхньою сумарною дозою.

Зважаючи на зазначене, дози гама-випромінювання та нейтронів, не дивлячись на їхню високу проникаючу здатність, суттєво послаблюються повітрям. У речовинах з великою щільністю послаблення дії проникаючої радіації відбувається ще сильніше. Це обумовлено тим, що чим більша щільність речовини, тим більше в одиниці її об'єму атомів і тим більшу кількість разів взаємодіють з ними гама-кванти та нейтрони. Відповідно до цього втрачається енергія, що призводить до зменшення дози [11].

Отже, розглянемо дію проникаючої радіації на польові ФС, конструкції яких, за досвідом бойових дій, зазвичай виконують з деревини, металу, бетону або залізобетону, а покриття – з обсіпки рослинного ґрунту, який залишається після обладнання споруди.

У результаті ядерного вибуху потік проникаючої радіації, зокрема гама-випромінювання та нейтронів, проходить крізь покриття ФС товщиною W_π та елементи її конструкції W_κ (рис. 7).

Отже, за допомогою положень, які викладені у [4], [9]–[11], послідовно виконуємо розрахунки польових ФС на дію проникаючої радіації.

Спочатку, за допомогою показників відстані від епіцентру ядерного вибуху до ФС (R_e) та висоти ядерного вибуху (H), розраховується відстань від центру ядерного вибуху до ФС, км:

$$R_{\text{ц}} = \sqrt{R_e^2 + H^2}. \quad (1)$$

Після цього, відповідно до табл. 1, знаходимо дози гама-випромінювання (D_γ) та нейтронів (D_n) на поверхні землі біля ФС залежно від потужності ядерного вибуху та відстані до його центру.

Далі, за необхідності, за табл. 2 визначаємо коефіцієнти впливу пори року (зима) на дози гама-випромінювання (k_γ) та нейтронів (k_n) залежно від відстані до центру ядерного вибуху, які використовуємо для корегування дози гама-випромінювання (D'_γ) та нейтронів (D'_n) на поверхні землі біля польової ФС, рад:

$$D'_\gamma = D_\gamma \cdot k_\gamma; \quad D'_n = D_n \cdot k_n. \quad (2)$$

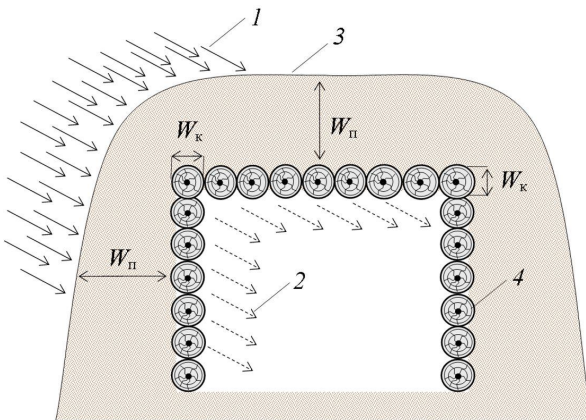


Рис. 7. Потік проникаючої радіації до покриття ФС (1). Потік проникаючої радіації у ФС (2). Покриття ФС (3). Елементи конструкції ФС (4)

Після цього, залежно від товщі покриття (W_n) та товщі елементів конструкції (W_k) польової ФС, кількості шарів, з яких вони складаються, їхньої товщі та матеріалу, розраховуємо дози гама-випромінювання та нейтронів всередині польової ФС.

Покриття та елементи конструкції польової ФС можуть складатися з декількох шарів, кожен з яких буде послаблювати дозу гама-випромінювання та нейтронів у два рази. Такі шари матеріалів називаються шарами половинного послаблення [4], [11], значення яких наведено у табл. 3.

Таблиця 3
Значення шару половинного послаблення доз гама-випромінювання та нейтронів залежно від матеріалу та його товщі [11]

Матеріал	Шар половинного послаблення, м	
	гама-випромінювання	нейтрони
Деревина	0,31	0,1
Грунт	0,13	0,09
Залізобетон	0,1	0,08
Вода	0,21	0,03
Цегла	0,13	0,1
Броня	0,04	0,12

Розглянемо розрахунки доз проникаючої радіації всередині польової ФС на прикладі визначення дози гама-випромінювання після проходження покриття.

Припустимо, що покриття польової ФС складається із декількох шарів половинного послаблення дози гама-випромінювання (I, II, ..., n). Перший (I) – товщю w_1 , другий (II) – товщю w_2 , та інші (n) – товщю w_i . Загальна товща покриття польової ФС дорівнює: $W_n = w_1 + w_2 + \dots + w_i$ (рис. 8).

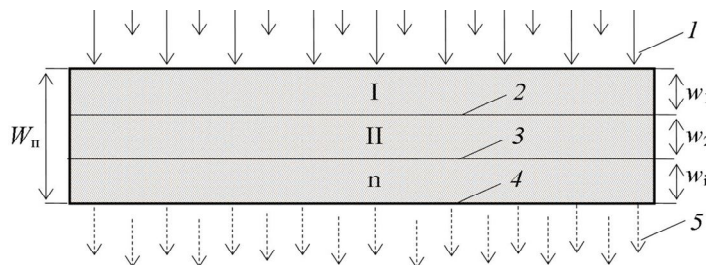


Рис. 8. 1. Доза гама-випромінювання (D'_γ) до проходження покриття ФС 2. Доза гама-випромінювання ($D'_{\gamma I}$) на кордоні I та II шарів покриття ФС 3. Доза гама-випромінювання ($D'_{\gamma II}$) на кордоні I та n шарів покриття ФС 4. Доза гама-випромінювання ($D'_{\gamma n}$) на кордоні кожного наступного шару покриття ФС 5. Доза гама-випромінювання ($D'_{\gamma n}$) після проходження покриття ФС

Кожен шар покриття польової ФС послаблює дозу гама-випромінювання D'_γ у два рази. Тоді на кордоні I та II шарів (рис. 8) доза гама-випромінювання $D'_{\gamma I}$ буде складати, рад:

$$D'_{\gamma I} = D'_\gamma / 2. \quad (3)$$

Далі, на кордоні II та n шарів покриття польової ФС (рис. 8) доза гама-випромінювання $D'_{\gamma II}$ буде дорівнювати, рад:

$$D'_{\gamma II} = D'_{\gamma I} / 2. \quad (4)$$

Таким саме чином розраховується доза гама-випромінювання $D'_{\gamma n}$ на кордоні кожного наступного шару покриття польової ФС.

Отже, у загальному вигляді послаблення дози гама-випромінювання покриттям польової ФС загальною товщею W_n буде пропорційне $2^{W_n/w_i}$. Звідси доза гама-випромінювання після проходження покриття польової ФС ($D'_{\gamma n}$) буде розраховуватись за виразом, рад:

$$D'_{\gamma n} = D'_\gamma / 2^{W_n/w_i}. \quad (5)$$

Аналогічно здійснюються розрахунки дози нейтронів після проходження покриття польової ФС ($D'_{\text{нп}}$) та дози проникаючої радіації після проходження елементів конструкції польової ФС ($D'_{\gamma\text{к}}, D'_{\text{нк}}$).

Якщо товща захисту ФС складається з декількох шарів різних матеріалів, як у нашому випадку, то для визначення загального показника послаблення необхідно показники послаблення дози гама-випромінювання та нейтронів кожного шару ($2^{W_{\text{п}}/w_{\gamma}}$) перемножити між собою. У цьому випадку вирази для визначення дози гама-випромінювання (D'_{γ}) та нейтронів ($D'_{\text{н}}$) після проходження покриття та елементів конструкції польової ФС будуть мати наступний вигляд, рад:

$$D'_{\gamma} = \frac{D'_{\gamma}}{2^{W_{\text{п}}/w_{\gamma\text{п}}} \cdot 2^{W_{\text{к}}/w_{\gamma\text{к}}}}; \quad D'_{\text{н}} = \frac{D'_{\text{н}}}{2^{W_{\text{п}}/w_{\text{нп}}} \cdot 2^{W_{\text{к}}/w_{\text{нк}}}}, \quad (6)$$

де D'_{γ} – доза гама-випромінювання на поверхні землі біля польової ФС; $D'_{\text{н}}$ – доза нейтронів на поверхні землі біля польової ФС; $W_{\text{п}}$ – товща покриття польової ФС; $W_{\text{к}}$ – товща елементів конструкції польової ФС; $w_{\gamma\text{п}}$ – товща шару половинного послаблення дози гама-випромінювання покриттям польової ФС (табл. 3); $w_{\gamma\text{к}}$ – товща шару половинного послаблення дози гама-випромінювання елементами конструкції польової ФС (табл. 3); $w_{\text{нп}}$ – товща шару половинного послаблення дози нейтронів покриттям польової ФС (табл. 3); $w_{\text{нк}}$ – товща шару половинного послаблення дози нейтронів елементами конструкції польової ФС (табл. 3).

Використовуючи розраховані за виразами (6) дози гама-випромінювання та нейтронів, визначаємо дозу проникаючої радіації всередині польової ФС, рад:

$$D_{\text{пр}} = D'_{\gamma} + D'_{\text{н}}. \quad (7)$$

Отриманий результат порівнюємо з даними табл. 4, в якій зазначено дози проникаючої радіації та їхній вплив на особовий склад [12], робимо відповідні висновки та, за необхідності, надаємо рекомендації щодо посилення покриття та конструкції цієї ФС для забезпечення відповідного захисту.

Таблиця 4

Дози проникаючої радіації та їхній вплив на особовий склад

Вплив на особовий склад	Дози проникаючої радіації, мрад
Не завдає шкоди здоров'ю	до 0,026
Перевищення норми, шкідливо для здоров'я при тривалому впливі	від 0,026 до 0,12
Набагато перевищує норму, становить небезпеку	більше 0,12

Приклад. Згідно з вихідними даними (табл. 5) визначити дозу проникаючої радіації всередині польової ФС.

Таблиця 5

Вихідні дані для визначення дози проникаючої радіації всередині польової фортифікаційної споруди

Вихідні дані	Значення
Потужність ядерного вибуху, кт	50
Висота ядерного вибуху H , км	0,5
Відстань від епіцентру ядерного вибуху до ФС $R_{\text{е}}$, км	1,5
Пора року	зима
Матеріал конструкції ФС	дерев'яний брус
Товща конструкції ФС $W_{\text{к}}$, м	0,4 (0,2x2)
Покриття ФС	грунт
Товща покриття ФС $W_{\text{п}}$, м	2,5

Рішення.

1. Згідно з (1) відстань від центру ядерного вибуху до ФС становить: $R_{\text{е}} = 1,58$ км.

2. За табл. 1 знаходимо дози гама-випромінювання та нейтронів на поверхні землі біля ФС при потужності ядерного вибуху 50 кт та відстані до його центру 1,58 км: $D_\gamma = 400$ рад; $D_n = 100$ рад.

3. За табл. 2 визначаємо коефіцієнти впливу пори року (зима) на дози гама-випромінювання та нейтронів на поверхні землі біля ФС на відстані 1,58 км до центру ядерного вибуху: $k_\gamma = 0,3$; $k_n = 0,17$.

4. Ураховуючи визначені коефіцієнти впливу пори року, дози гама-випромінювання та нейтронів на поверхні землі біля ФС становитимуть: $D'_\gamma = 120$ рад; $D'_n = 17$ рад.

5. Відповідно до (6) розраховуємо дози гама-випромінювання та нейтронів після проходження покриття та елементів конструкції польової ФС: $D''_\gamma = 0,00008$ рад; $D''_n = 0,00000004$ рад.

6. За допомогою (7) визначаємо дозу проникаючої радіації всередині польової ФС: $D_{пр} = 0,00008$ рад = 0,08 мрад.

Таким чином, згідно з прийнятими вихідними даними, доза проникаючої радіації всередині польової ФС буде дорівнювати 0,08 мрад, що є перевищенням норми (табл. 4) та у разі тривалої дії може негативно позначитись на здоров'ї особового складу, який у цій споруді перебуває.

Розрахунки свідчать про те, що при збільшенні товщі покриття польової ФС на 0,25 м доза проникаючої радіації всередині польової ФС буде дорівнювати 0,021 мрад, що відповідатиме встановленим нормам. Отже, в заданих умовах, для забезпечення необхідного захисту особового складу від проникаючої радіації ядерного вибуху необхідно збільшити товщу покриття польової ФС на 10%, тобто мати її не менше 2,75 м.

Висновки

У статті викладено методичний підхід до розрахунку польових ФС на дію проникаючої радіації.

Основна ідея цього підходу полягає у визначенні дози проникаючої радіації всередині ФС за допомогою комплексного застосування низки показників, зокрема відстані від центру ядерного вибуху до польової ФС, доз гама-випромінювання та нейтронів на поверхні землі біля неї, значення шарів половинного послаблення матеріалів покриття та конструкції ФС, а також коефіцієнтів впливу пори року.

Матеріали статті можуть становити певну практичну цінність для органів управління, які під час планування застосування військ виконуватимуть відповідні розрахунки щодо підвищення їхньої живучості в умовах застосування противником ядерної зброї.

Перспективним напрямом подальших досліджень є розроблення на основі запропонованого методичного підходу методики розрахунку польових ФС на дію проникаючої радіації ядерного вибуху.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Інформаційно-аналітичні матеріали (Звіт № 34). «Уроки російсько-української війни 2022-2023 років: воєнні аспекти. Практичні епізоди російсько-української війни у 2022-2023 роках» (березень 2024 року) / ЦНДІ ЗС України. Київ, 2024. 102 с.
2. Wasted: 2022 global nuclear weapons spending / The International Campaign to Abolish Nuclear Weapons (ICAN). Geneva, 2023. – 89 с.
3. Воєнно-історичний опис російсько-української війни. Вип. 13: березень 2023 року / МО України, ГШ ЗС України. – Київ, МО України, 2023. – 178 с.
4. *Ананіч С. А., Бузнік П. К., Сухарев А. И.* Фортификация. Учебник для военно-инженерных училищ. Москва, 1992. 452 с.
5. Войсковые фортификационные сооружения. Москва.: Военное издательство, 1984. 720 с.
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. *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- and-technical collected articles. – Kyiv: KNUBA, 2021. – Issue 107. – P. 159–169.
8. *Кушніренко М. Г., Ворочив Б. О., Лісневський В. В.* Будівельні матеріали, конструкції та основи механіки військово-інженерних споруд. Київ: НАОУ, 2000. 67 с.
9. Радіаційний, хімічний, біологічний захист підрозділів. *Курс лекцій.* За заг. ред. Гишка Г.Б. Харків: ХУПС, 2007. 260 с.

10. Защита от оружия массового поражения. Библиотека офицера. Под ред. Мясникова В.В. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Воениздат, 1989. 398 с.
11. Ядерное оружие. Пособие для офицеров. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Воениздат, 1987. 168 с.
12. Екологічна енциклопедія: У 3 т. / Редколегія: А.В. Толстоухов (головний редактор) та інш. – К: ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації», 2007. – Т. 1: А – Е. – 432 с.: іл. – (В опр.).

REFERENCES

1. Informasiyno-analitushi materialy (Svit № 34). "Uroku ruziicko-ukrainskoi viunu 2022-2023 rokiv: voenni aspektu. Praktusni episode ruziicko-ukrainskoi viunu y 2022-2023 rokakh" (beresen 2024 roky) (Informational and analytical materials (Report No. 34). "Lessons of the Russian-Ukrainian war of 2022-2023: military aspects. Practical episodes of the Russian-Ukrainian war in 2022-2023" (March 2024)). Kyiv: The Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, 2024. 102 s. (in Ukrainian).
2. Wasted: 2022 global nuclear weapons spending. The International Campaign to Abolish Nuclear Weapons (ICAN). Geneva, 2023. 89 s. (in Switzerland).
3. Voienno-istorychnyi opys rosiisko-ukrainskoi viiny: Vup. 13: berezen 2023 roku (Military-historical description of the Russian-Ukrainian war. Vol. 13: March 2023) / MO Ukrainy, HSh ZS Ukrainy. – Kyiv, MO Ukrainy, 2023. – 178 s. (in Ukrainian).
4. Ananych S.A., Buznyk P.K., Sukharev A. I. Fortyfykatsiya. Uchebnyk dlia voenno-ynzhenernykh uchylshch. (Fortification. Textbook for military engineering colleges) Moskva, 1992. 452 s. (in Russian).
5. Voiskovyye fortyfykatsyonnyie sooruzheniya. (Military fortifications) Moskva: Voennoe izdatelstvo, 1984. 720 s. (in Russian).
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. Kotsiuruba V.I., Datsenko I.P., Dachkovsky V.O., Cherevko R.M., Androshchuk O.V., Tsybizov A. L., Kryvtsum 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).
8. Kushnirenko M.H., Vorovykh B.O., Lisnevskiy V.V. Budivelni materialy, konstruktzii ta osnovy mekhaniky viiskovo-inzhenernykh sporud (Building materials, constructions and basics of mechanics of military engineering structures). Kyiv: NAOU, 2000. 67 s. (in Ukrainian).
9. Radiatsiynyi, khimichnyi, biolohichnyi zakhyst pidrozdiliv. Kurs lektsii. Za zah. red. Hyshka H.B. (Radiation, chemical, biological protection of units. Course of lectures. Under the editorship of Gishka G.B.) Kharkiv: KhUPS, 2007. 260 s. (in Ukrainian).
10. Zashchyta ot oruzhyia massovoho porazheniya. Byblyoteka ofytsera. Pod red. Miasnykova V.V. 2-e yzd., pererab. y dop. (Protection from weapons of mass destruction. Officer's library. Under the editorship of Myasnikov V.V. 2nd ed., revised and additional) Moskva: Voenyndat, 1989. 398 s. (in Russian).
11. Yadernoe oruzhye. Posobyie dlia ofytserov. 4-e izd., pererab. i dop. (Nuclear weapon. Manual for officers. 4th ed., revised and additional) Moskva: Voenyndat, 1987. 168 s. (in Russian).
12. Ekologishna encyklopedia: 3 t. Redkolegia: A. V. Tolctoyhov (golovnyy redactor) ta inhi. Kyiv: TOV "Tsentr ekologishnoi ocvitu ta informancii", 2007. 432 s. (in Ukrainian).

Стаття надійшла 10.03.2024

Kosenko V.S., Voloshchenko O.I.

METHODICAL APPROACH TO THE CALCULATION OF FIELD FORTIFICATION STRUCTURE FOR THE ACTION OF PENETRATING RADIATION

The purpose of the article is to publicize a methodical approach to the calculation of field fortification structures for the action of penetrating radiation.

The experience of the Russian-Ukrainian war testifies to the aggravation of potential nuclear threats from the Russian Federation, in the case of which, in the event of their implementation, ensuring the survivability of our troops due to the radiation factor during hostilities will be significantly complicated. This development of events requires the Defense Forces of Ukraine to be constantly ready for action in the event of the enemy's use of nuclear weapons, and to strengthen the capabilities of the troops to protect against the impact factors of a nuclear explosion.

The most effective way to protect troops in the conditions of the use of nuclear weapons is their shelter in field fortifications, the construction and covering of which will prevent or maximally reduce the impact of the impact factors of a nuclear explosion, in particular, penetrating radiation.

The essence of the proposed methodological approach consists in the consistent determination of the dose of gamma radiation and neutrons inside the field fortification structure, taking into account a number of indicators, which will allow us to draw a conclusion about the compliance of the coating and construction of this fortification structure with the existing requirements for the protection of troops.

The scientific novelty of the given methodical approach to the calculation of field fortification structures for the action of penetrating radiation consists in the comprehensive consideration of indicators that quantitatively characterize the main characteristics of a nuclear explosion, the conditions of the environment and the properties of various covering materials and the construction of field fortification structures.

Key words: field fortifications, penetrating radiation, gamma radiation, neutrons.

УДК 623.2:746.083.2

Косенко В.С., Волощенко О.І. Методичний підхід до розрахунку польових фортифікаційних споруд на дію проникаючої радіації // Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-техн. збірн. – К.: КНУБА, 2024. – Вип. 112. – С. 285-293. Запропоновано методичний підхід щодо розрахунку польових фортифікаційних споруд на дію проникаючої радіації, зокрема гама-випромінювання та нейтронів.

Лл. 8. Бібліогр.12 назв.

UDC 623.2:746.083.2

Kosenko V.S., Voloshchenko O.I. Methodical approach to the calculation of field fortification structure for the action of penetrating radiation // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific and technical collected articles. – K.: KNUBA, 2024. – Issue 112. – P. 285-293.

A methodical approach to the calculation of field fortification structures for the effect of penetrating radiation, in particular gamma radiation and neutrons, is proposed.

Fig. 8. Ref. 12.

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): кандидат військових наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник 1 НДЦ Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України, КОСЕНКО Віталій Сергійович.

Адреса робоча: 03049 Україна, м. Київ, проспект Повітряних сил, 286, Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Косенко Віталій Сергійович.

Мобільний тел.: + 38(098) 440 28 60

E-mail: kvc1973@meta.ua

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

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): кандидат військових наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник 1 НДЦ Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України, ВОЛОЩЕНКО Олександр Іванович.

Адреса робоча: 03049 Україна, м. Київ, проспект Повітряних сил, 286, 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>