

УДК 623.2:451.746

ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД ДО УДАРНО-ВИБУХОВОЇ ДІЇ КОРЕГОВАНИХ АВІАЦІЙНИХ БОМБ

О. І. Волощенко¹,

канд. військ. наук, старший дослідник

В. С. Косенко¹,

канд. військ. наук, старший дослідник

В. І. Корінний²¹ *Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України*² *Київський національний університет будівництва і архітектури*

DOI: 10.32347/2410-2547.2025.114.241-248

Метою статті є оприлюднення порядку визначення стійкості підземних споруд до ударно-вибухової дії корегованих авіаційних бомб.

Перебіг російсько-української війни свідчить про те, що наразі одним із найбільш небезпечних засобів ураження наших військ на оборонних позиціях є кореговані авіаційні бомби. За таких умов ефективним способом захисту особового складу та матеріально-технічних засобів від ударів противника є їх укриття в підземних спорудах, які мають бути стійкими до ударно-вибухової дії цієї зброї.

У статті наведено порядок визначення стійкості підземних споруд до ударно-вибухової дії корегованих авіаційних бомб, зокрема ФАБ-500 М62 з універсальним модулем планування та корегування, за допомогою розрахунків необхідної величини захисної ґрунтової товщі підземних споруд, які складаються з визначення глибини проникнення корегованої авіаційної бомби у ґрунт та обчислення радіуса сфери зруйнування ґрунтової товщі споруди.

Наукова новизна запропонованих розрахунків полягає у комплексному врахуванні показників, чисельні значення яких характеризують: кінцеву швидкість авіаційної бомби у момент удару; глибину її проникнення з урахуванням похилого положення у захисній ґрунтовій товщі підземної споруди; радіус сфери зруйнування захисної ґрунтової товщі цієї споруди з урахуванням коефіцієнта заглиблення бомби; тактико-технічні характеристики ФАБ-500 М62.

Практична значущість отриманих результатів полягає в отриманому формалізованому описі послідовності розрахунків з визначення стійкості підземних споруд до ударно-вибухової дії корегованих авіаційних бомб та можливості командирів (начальників), органів управління військами більш коректно визначати стійкість зазначених споруд та оперативно ухвалювати відповідні рішення щодо ефективного укриття і захисту особового складу та матеріально-технічних засобів від ударів противника.

Ключові слова: кореговані авіаційні бомби, захисна ґрунтова товща, підземні споруди, глибина проникнення, радіус зруйнування.

Вступ

Досвід російсько-української війни підтверджує, що наразі одним із найбільш небезпечних засобів для ураження військ є фугасні авіаційні бомби (ФАБ) великої руйнівної дії. Результати аналізу свідчать, що з початку 2023 року противник для завдання масованих авіаційних ударів застосовує ФАБ-500 М62, оснащені універсальним модулем планування та корегування (УМПК) [1]. ФАБ-500 М62 є авіаційною бомбою вільного падіння звичайного спорядження з фугасною боеголовкою [2]. УМПК ФАБ-500 М62 складається з приладу корегування траєкторії падіння бомби та спеціальних крил, що розкриваються під час її польоту. У спеціалізованій літературі ФАБ-500 М62 з УМПК мають умовну назву “кореговані авіаційні бомби” (КАБ).

Корпус бомби виготовляється з чавуна та заповнюється тротилом. Для приведення КАБ у дію зазвичай застосовують контактний підривач миттєвої дії (для цілей, розташованих на поверхні землі) або уповільненої дії (для цілей, які знаходяться під землею чи всередині об'єктів). Ураження цілі здійснюється у результаті вибуху заряду вибухової речовини бомби, розльоту осколків її корпусу та розповсюдження ударної хвилі.

Основні тактико-технічні характеристики ФАБ-500 М62 наведено у табл. 1, а зовнішній вигляд ФАБ-500 М62 з УМПК під крилом фронтового винищувача-бомбардувальника Су-34 зображено на рис. 1.

Таблиця 1
Основні тактико-технічні
характеристики ФАБ-500 М62

Маса ФАБ-500 М-62, кг	500
Маса вибухової речовини, кг	213
Довжина, м	2,142
Діаметр, м	0,392
Дальність застосування, км	близько 70
Висота скиду, м	1000–12 000
Швидкість скиду, км/год	500–1900

Джерело: розроблено авторами за матеріалами [2].



Рис. 1. ФАБ-500 М62 з УМПК під крилом Су-34

Як засоби доставки КАБ до цілей противник застосовує широку лінійку літаків, які має на озброєнні, основні з яких зображено на рис. 2–7.



Рис. 2. Фронтовий винищувач-бомбардувальник Су-34



Рис. 3. Фронтовий бомбардувальник Су-24



Рис. 4. Штурмовий літак Су-39



Рис. 5. Багатоцільовий винищувач Су-27СМ



Рис. 6. Багатоцільовий винищувач Су-35С



Рис. 7. Багатоцільовий винищувач дального радіуса дії МиГ-31БМ

З огляду на зазначене найбільш ефективним способом захисту особового складу та матеріально-технічних засобів (МтЗ) від ударів КАБ противника є їх укриття в підземних спорудах (ПС), які мають бути стійкими до ударно-вибухової дії цієї зброї.

Підземними є споруди, що улаштовуються підземним способом та мають над собою недоторканий захисний шар ґрунту. ПС використовуються військами як командні та медичні пункти, польові вузли зв'язку, укриття для особового складу та запасів МтЗ тощо.

Проаналізувавши наукові праці щодо стійкості ПС до ударно-вибухової дії боєприпасів різних типів [3]–[10], автори з'ясували, що цим дослідженням приділялось багато уваги. Зокрема, у [3] розглядалися питання щодо розвитку польових фортифікаційних споруд, прийоми та способи розрахунків їхніх захисних конструкцій від уражаючих факторів боєприпасів різних типів; у працях [4], [5] досліджувався вплив вибухових явищ засобів ураження і боєприпасів осколкової, кумулятивної, фугасної та проникаючої дії на стійкість об'єктів, наведено оцінку характеристик і наслідків уразливості цих об'єктів по відношенню до уражаючих факторів зазначених засобів; у [6] та [7] представлено основи механіки військово-інженерних фортифікаційних споруд, їхні характеристики та будівельні матеріали, які використовуються під час обладнання цих споруд; у [8] обґрунтовано вимоги щодо зведення

захисних споруд шляхом улаштування підземних виробіток вибуховим способом; дослідження [9] присвячено розробленню науково-методичного підходу щодо розрахунку багатошарових захисних ПС; у роботі [10] запропоновано методичний підхід до визначення стійкості конструкцій покриття польових фортифікаційних споруд до ударно-вибухової дії сучасної ракетної зброї, зокрема крилатих і балістичних ракет.

Однак у наведених наукових працях питання щодо визначення стійкості ПС до ударно-вибухової дії таких потужних боеприпасів, як ФАБ, зокрема ФАБ-500 М62, досліджено недостатньо, що підкреслює актуальність цієї статті. Крім цього, необхідність проведення розрахунків щодо визначення стійкості ПС до ударно-вибухової дії ФАБ-500 М62 обумовлюється їх модернізацією, а саме дообладнанням УМПК, що дало противнику змогу з початку 2023 року розпочати масовані авіаційні удари цими удосконаленими бомбами по позиціях сил оборони та об'єктах критичної інфраструктури практично без ризиків для засобів доставки (літаків) за рахунок збільшення дальності їх застосування.

Метою статті є визначення стійкості ПС до ударно-вибухової дії КАБ.

Сутність та наукова новизна запропонованого порядку визначення стійкості ПС до ударно-вибухової дії КАБ полягає у комплексному врахуванні показників, чисельні величини яких характеризують: кінцеву швидкість КАБ у момент зустрічі з ціллю; глибину проникнення КАБ у ґрунтову товщу ПС з урахуванням похилого положення бомби; радіус сфери зруйнування ґрунтової товщі ПС, який враховує коефіцієнт заглиблення КАБ; тактико-технічні характеристики ФАБ-500 М62 з УМПК (КАБ) противника.

Отримані результати визначення стійкості ПС до ударно-вибухової дії КАБ є виключно теоретичними та потребують експериментального підтвердження.

Викладення основного матеріалу дослідження

Для визначення стійкості ПС до ударно-вибухової дії КАБ потрібно розрахувати необхідну величину захисної ґрунтової товщі ПС (M), яка, відповідно до [3], складається з глибини проникнення КАБ у ґрунт (h_{np}) та радіуса сфери зруйнування ґрунтової товщі (r_s) (рис. 8). Крім цього, за експериментальними дослідженнями та досвідом військ, під час цих розрахунків необхідно врахувати коефіцієнт запасу стійкості ПС, який має бути не менш як 1,2.

Отже, розглянемо теоретичні основи визначення стійкості ПС до ударно-вибухової дії КАБ, зокрема розрахунки необхідної величини захисної ґрунтової товщі ПС, та наведемо порядок цих розрахунків.

Захисна ґрунтова товща ПС – це природна недоторкана товща ґрунту, яка знаходиться над спорудою та має забезпечувати стійкість ПС до ударно-вибухової дії засобів ураження і, відповідно, захист особового складу та МтЗ.

Необхідна величина захисної ґрунтової товщі ПС для її стійкості від ударно-вибухової дії КАБ має відповідати такій вимозі [3], м:

$$M \geq 2h_{np}, \quad (1)$$

де h_{np} – глибина проникнення КАБ у захисну ґрунтову товщу ПС, м.

Під час удару по ПС КАБ проникає у захисну ґрунтову товщу на певну глибину та, втративши енергію на подолання її спротиву, зупиняється і вибухає. У момент удару КАБ має певну швидкість польоту (кінцеву швидкість), яка розраховується за таким виразом, отриманим емпіричним шляхом, м/с:

$$V = \sqrt{20H} - \frac{H}{100}, \quad (2)$$

де H – висота скиду КАБ, м.

Згідно з положеннями, які викладено у [3, 9, 10]

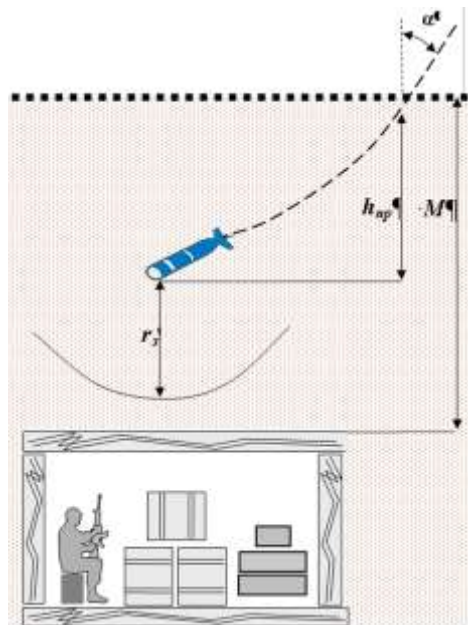


Рис. 8. Основні показники розрахунку необхідної величини захисної ґрунтової товщі ПС

Джерело: розроблено авторами за матеріалами [3].

глибину проникнення КАБ у захисну ґрунтову товщу ПС можна визначити таким чином, м:

$$h_{np} = \lambda \cdot k_{np} \cdot \frac{P}{d^2} \cdot V \cdot \cos \alpha, \quad (3)$$

де λ – коефіцієнт форми головної частини КАБ (відповідно до [3] приймається 1,3); k_{np} – коефіцієнт податливості захисної ґрунтової товщі ПС проникненню КАБ (табл. 2); P – маса КАБ, кг; d – діаметр КАБ, м; α – кут зустрічі КАБ із захисною ґрунтовою товщею ПС.

Значення коефіцієнтів податливості для різних типів захисних ґрунтових товщ ПС проникненню КАБ наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів податливості для різних типів захисних ґрунтових товщ ПС проникненню КАБ

Типи захисних ґрунтових товщ ПС	Коефіцієнт податливості проникненню КАБ, k_{np}
Глина середньої щільності, ґрунт перемішаний з камінням	0,0000070
Вологий пісок, щільний рослинний ґрунт	0,0000065
Суглинок	0,0000060
Супісь	0,0000050
Щільний пісок, мерзлий ґрунт	0,0000045
Кам'янистий ґрунт	0,0000040
Скеля вапнякова або піщана	0,0000020
Скеля гранітна або гнейсова	0,0000016

Джерело: розроблено авторами за матеріалами [3].

Кут зустрічі КАБ із ґрунтовою товщею ПС (α) – це кут між віссю бомби в точці удару (зустрічі) та перпендикуляром до поверхні захисної ґрунтової товщі ПС у цій самій точці (див. рис. 8). Аналіз попередніх досліджень свідчить про те, що величину цього кута для КАБ можна прийняти орієнтовно 45° .

Беручи до уваги те, що під кінець руху в ґрунтовій товщі ПС КАБ буде знаходитись у похилому положенні, глибину її проникнення слід обчислювати так, м:

$$h'_{np} = h_{np} - \frac{L}{2} \cdot \cos \alpha, \quad (4)$$

де L – довжина КАБ, м.

Відповідно до [3, 9, 10] радіус сфери зруйнування ґрунтової товщі ПС дорівнює, м:

$$r_3 = k_3 \sqrt[3]{C}, \quad (5)$$

де k_3 – коефіцієнт податливості ґрунтової товщі ПС зруйнуванню від вибухової дії КАБ (табл. 3); C – маса вибухової речовини КАБ, кг.

Значення коефіцієнтів податливості для різних типів захисних ґрунтових товщ ПС зруйнуванню від вибухової дії КАБ наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Значення коефіцієнта податливості для різних типів захисних ґрунтових товщ ПС зруйнуванню від вибухової дії КАБ

Типи захисних ґрунтових товщ ПС	Коефіцієнт податливості зруйнуванню від вибухової дії КАБ, k_3
Глина середньої щільності, ґрунт перемішаний з камінням	0,60
Вологий пісок, щільний рослинний ґрунт	0,65
Суглинок	0,60
Супісь	0,62
Щільний пісок, мерзлий ґрунт	0,63

Кам'янистий ґрунт	0,58
Скеля вапнякова або піщана	0,56
Скеля гранітна або гнейсова	0,53

Джерело: розроблено авторами за матеріалами [3].

Під час вибуху КАБ у ґрунтовій товщі ПС руйнівна дія вибуху буде значно більшою ніж на відкритій місцевості. Зазначене необхідно врахувати під час визначення радіуса сфери зруйнування за допомогою введення коефіцієнта заглиблення КАБ у ґрунтову товщу ПС (Q) (табл. 4), величина якого залежить від показника ступеня заглиблення (w) – відношення глибини проникнення КАБ у ґрунтову товщу ПС (h'_{np}) до радіуса сфери її зруйнування (r_3):

$$w = \frac{h'_{np}}{r_3}. \quad (6)$$

Таблиця 4

Залежність коефіцієнта заглиблення КАБ у захисну ґрунтову товщу ПС від показника ступеня заглиблення

Показник ступеня заглиблення (w)	0,24 та менше	0,25–0,49	0,50–0,74	0,75–0,99	1 та більше
Коефіцієнт заглиблення (Q)	1	1,35	1,41	1,44	1,65

Джерело: розроблено авторами за матеріалами [3].

За допомогою отриманого у (6) показника ступеня заглиблення (w) за табл. 4 визначаємо коефіцієнт заглиблення КАБ у захисну ґрунтову товщу ПС (Q) та з його урахуванням обчислюємо радіус сфери зруйнування за умов заглиблення КАБ, м:

$$r'_3 = r_3 \cdot Q. \quad (7)$$

За допомогою обчислених у (4) та (7) показників розраховуємо необхідну величину захисної ґрунтової товщі ПС [3], м:

$$M = h'_{np} + 1,2r'_3 - \frac{L}{3}. \quad (8)$$

Отриману необхідну величину захисної ґрунтової товщі для стійкості ПС оцінюємо відповідно до (1) та (4). За умови дотримання $M \geq 2h'_{np}$ можна дійти висновку, що глибина ґрунтової товщі забезпечує стійкість ПС до ударно-вибухової дії КАБ та захист особового складу і МтЗ, які знаходяться у цій споруді.

Приклад. Розрахувати стійкість ПС до ударно-вибухової дії КАБ (ФАБ-500 М62 з УМПК) за такими вихідними даними.

Вихідні дані.

Висота скиду ФАБ-500 М62 – 10 000 м; коефіцієнт форми головної частини КАБ – 1,3; ґрунт – суглинок; коефіцієнт податливості ґрунту на проникнення – 0,0000060; коефіцієнт податливості ґрунту на зруйнування – 0,60; маса КАБ – 500 кг; діаметр КАБ – 0,392 м; довжина КАБ – 2,142 м; кут зустрічі КАБ з ціллю – 45° ; маса вибухової речовини КАБ – 213 кг.

Рішення.

1. Згідно з (2) кінцева швидкість ФАБ-500 М62 у момент зустрічі з ціллю – 347 м/с.
2. Відповідно до (3) глибина проникнення КАБ у захисну ґрунтову товщу ПС – 6,24 м, а з урахуванням похилого положення бомби у ґрунті згідно з (4) – 5,48 м.
3. Радіус сфери зруйнування ґрунтової товщі ПС відповідно до (5) – 3,58 м.
4. Показник ступеня заглиблення КАБ у захисну ґрунтову товщу ПС згідно з (6) – 1,53, а коефіцієнт заглиблення КАБ у ґрунт – 1,65 (табл. 4).
5. Радіус сфери зруйнування ґрунтової товщі ПС за умов заглиблення КАБ відповідно до (7) – 5,91 м.
6. Згідно з (8) необхідна величина ґрунтової товщі ПС для забезпечення її стійкості до ударно-вибухової дії КАБ – 11,86 м.
7. Вимога (1) виконується.

Таким чином, відповідно до прийнятих вихідних даних, для забезпечення стійкості конструкцій ПС до ударно-вибухової дії КАБ і надійного захисту особового складу та МтЗ необхідна величина захисної ґрунтової товщі ПС має бути не менш як 11, 86 м.

Висновки

У статті викладено актуальне в сучасних умовах ведення бойових дій питання щодо визначення стійкості ПС до ударно-вибухової дії КАБ для захисту особового складу та МтЗ. Теоретичні дослідження свідчать про те, що цей процес найбільш доцільно розглядати крізь призму обчислення необхідної величини захисної ґрунтової товщі ПС у такому порядку: розрахунок глибини проникнення КАБ у ґрунтову товщу ПС; розрахунок радіуса сфери зруйнування ґрунтової товщі ПС.

Під час розрахунків було використано показники, величини яких чисельно характеризують: кінцеву швидкість КАБ у момент удару; похиле положення КАБ у захисній ґрунтовій товщі ПС; коефіцієнт заглиблення КАБ у захисну ґрунтову товщу ПС; тактико-технічні характеристики ФАБ-500 М62 з УМПК (КАБ) противника, що дозволило отримати більш точні результати.

Практична значущість отриманих результатів полягає в отриманому формалізованому описі послідовності розрахунків з визначення стійкості ПС до ударно-вибухової дії КАБ, а також у можливості командирів (начальників), органів управління військами більш коректно визначати стійкість зазначених споруд та оперативно ухвалювати відповідні рішення щодо ефективного укриття і захисту особового складу та МтЗ від ударів противника.

Перспективним напрямом подальших досліджень є розроблення методики визначення стійкості ПС до ударно-вибухової дії сучасних КАБ противника.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Военно-историчный опис російсько-української війни. Вип. 24: лютий 2024. МО України. Апарат ГК ЗС України. ГШ ЗС України та Центр досліджень воєнної історії ЗС України. Київ. 2024. 213 с.
2. Энциклопедия современной военной авиации / Харвест, Москва. 2001. 720 с.
3. Ананич С. А., Бузник П. К., Сухарев А. И. Фортификация. Учебник для военно-инженерных училищ. Москва, 1992. 452 с.
4. Балаганский И. А., Мерзиевский Л. А. Действие средств поражения и боеприпасов. Учебник. Новосибирск. НГТУ. 2004. 408 с.
5. У. Бейкер, П. Кокс, П. Уэстайн, Дж. Кулеш, Р. Стрелов. Взрывные явления. Оценка и последствия. Часть 1. Москва: Издательство «Мир», 1986. 319 с.
6. Войсковые фортификационные сооружения. Москва: Военное издательство, 1984. 720 с.
7. Кушніренко М. Г., Воронич Б. О., Лісневський В. В. Будівельні матеріали, конструкції та основи механіки військово-інженерних споруд. Київ: НАОУ, 2000. 67 с.
8. 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. – Issue 106. – K.: KNUBA, 2021. – P. 129-140.
9. 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. – Issue 107. – K.: KNUBA, 2021. – P. 159-169.
10. 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. Вип. 111. – К.: КНУБА, 2023. – С. 178–187.

REFERENCES

1. Voienno-istorychnyi opys rosiisko-ukrainskoi viiny: Vup. 24: lyuty 2024 roku (Military-historical description of the Russian-Ukrainian war. Vol. 24: lyuty 2024) / MO Ukrainy, Apparat HK ZS Ukrainy, HSH ZS Ukrainy ta Tsentr doslidzhen voyennoye istoriyi ZS Ukrainy. Kyiv. 2024. 213 s. (in Ukrainian).
2. Entsiklopediya suchnasnoyi viyskovoyi aviatsiyi / Harvest, Moskva, 2001. 720 s. (in Russian).
3. Ananych S.A., Buznyk P.K., Sukharev A. I. Fortyfikatsiya. Uchebnyk dlia voenno-ynzhenemnykh uchylshch. (Fortification. Textbook for military engineering colleges) Moskva, 1992. 452 s. (in Russian).
4. Balahanskii Y. A., Merzhyevskiy L. A. Deistvie sredstv porazheniya y boeprypasov: Uchebnyk (Action of weapons of destruction and ammunition: Textbook). Novosybyrsk. NHTU. 2004. 408 s. (in Russian).
5. U. Beiker, P. Koks, P. Uestain, Dg. Kulesh, R. Strelou. Vzryvnye yavleniya. Otsenka i posledstviya. Chast 1 (Explosive events. Assessment and consequences. Part 1). Moskva: Izdatelstvo «Mir», 1986. 319 s. (in Russian).
6. Voiskovyye fortifikatsyonnye sooruzheniya. (Military fortifications) Moskva: Voennoe izdatelstvo, 1984. 720 s. (in Russian).

7. *Kushnirenko M. H., Vorovykh B. O., Lisnevskiy V. V.* Budivelni materialy, konstruktsii ta osnovy mekhaniky viiskovo-inzhenernykh sporud (Building materials, constructions and basics of mechanics of military engineering structures). Kyiv: NAOU, 2000. 67 s. (in Ukrainian).
8. *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 – Issue 106.* – K.: KNUBA, 2021. – P. 129–140. (in Ukrainian).
9. *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-and- technical collected articles. – Issue 107.* – K.: KNUBA, 2021. – P. 159–169. (in Ukrainian).
10. *Voloshchenko O.I., Kosenko V.S., Kovbasa O.Y., 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. – Issue 111.* – K.: KNUBA, 2023. – P. 178–187. (in Ukrainian).

Стаття надійшла 04.03.2025

Voloshchenko O.I., Kosenko V.S., Korinnyi V. I.

DETERMINATION OF THE RESISTANCE OF UNDERGROUND STRUCTURES TO THE IMPACT-EXPLOSIVE EFFECT OF ADJUSTED AIRCRAFT BOMBS

The purpose of the article is to publish the procedure for determining the resistance of underground structures to the shock-explosive action of adjusted aircraft bombs.

The course of the Russian-Ukrainian war shows that currently one of the most dangerous means of defeating our troops in defensive positions are adjusted aerial bombs. Under such conditions, an effective way to protect personnel and material and technical means from enemy strikes is to shelter them in underground structures that must be resistant to the shock-explosive action of these weapons.

The article presents the procedure for determining the resistance of underground structures to the shock-explosive action of adjusted aviation bombs, in particular FAB-500 M62 with a universal planning and adjustment module, using calculations of the required value of the protective of the soil layer of underground structures, which consists of determining the depth of penetration of a corrected aircraft bomb into the soil and calculating the radius of the sphere of destruction of the soil layer of the structure.

The scientific novelty of the proposed calculations lies in the comprehensive consideration of indicators, the numerical values of which characterize: the final velocity of the aircraft bomb at the moment of impact; the depth of its penetration, taking into account the inclined position in the protective soil layer of an underground structure; radius of the sphere of destruction of the protective soil the thickness of this structure, taking into account the bomb penetration coefficient; tactical and technical characteristics of the FAB-500 M62.

The practical significance of the results obtained lies in the obtained formalized description of the sequence of calculations for determining the resistance of underground structures to the shock-explosive action of adjusted aviation bombs and the ability of commanders (chiefs), military command bodies to more correctly determine the stability of the specified structures and promptly make appropriate decisions regarding effective shelter and protection of personnel and material and technical means from enemy strikes.

Keywords: adjusted aerial bombs, protective soil layer, underground structures, penetration depth, destruction radius.

УДК 623.2:451.746

Волющенко О.І., Косенко В.С., Корінний В.І. Визначення стійкості підземних споруд до ударно-вибухової дії корегованих авіаційних бомб // *Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-техн. збірн.* – Вип. 114. – К.: КНУБА, 2025. – С. 241–248.

Запропоновано порядок визначення стійкості підземних споруд до ударно-вибухової дії корегованих авіаційних бомб за допомогою розрахунку необхідної величини захисної ґрунтової товщі цих споруд.

Табл. 4. Іл. 8. Бібліогр. 10 назв.

UDC 623.2:451.746

Voloshchenko O.I., Kosenko V.S., Korinnyi V.I. Determination of the resistance of underground structures to the impact-explosive effect of adjusted aircraft bombs // *Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles. – Issue 114.* – K.: KNUBA, 2025. – P. 241–248.

A procedure for determining the resistance of underground structures to the shock-explosive action of adjusted aircraft bombs is proposed by calculating the required value of the protective soil layer of these structures.

Табл. 4. Fig. 8. Ref. 10.

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): кандидат військових наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник 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.

E-mail: vaikiev63@gmail.com

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

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): кандидат військових наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник 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.

E-mail: kvc1973@meta.ua

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

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): старший викладач кафедри технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці Київського національного університету будівництва і архітектури, КОРИННИЙ Володимир Ілліч.

Адреса робоча: 03037 Україна, м. Київ, проспект Повітряних Сил, 31, Київський національний університет будівництва і архітектури, Корінний Володимир Ілліч.

E-mail: 0935227307kvi@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8486-7493>