

Вибухостійкість інженерних боеприпасів зі штирьовими та натяжними датчиками цілі

Explosion resistance of engineering munitions with pin and tension sensors of the target

В'ячеслав Нагачевський^A

Corresponding author: к.т.н., доцент, начальник кафедри, e-mail: slavik.inag@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3362-5210

Viacheslav Nagachevskiy^A

Corresponding author: Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department, e-mail: slavik.inag@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3362-5210

Сергій Голушко^A

ад'юнкт, e-mail: golyshko17@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5678-3305

Sergiy Holushko^A

PhD student, e-mail: golyshko17@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5678-3305

Денис Дикий^B

слухач, e-mail: wilddenkap80@gmail.com, ORCID: 0009-0008-7756-0328

Denys Dykyi^B

student, e-mail: wilddenkap80@gmail.com, ORCID: 0009-0008-7756-0328

^A Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, Україна

^A Hetman Petro Sahaidachny National Army Academy, Lviv, Ukraine

^B Національний університет оборони України, м. Київ, Україна

^B National Defense University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Received: March 28, 2024 | **Revised:** April 25, 2024 | **Accepted:** April 30, 2024

DOI: 10.33445/sds.2024.14.2.14

Мета роботи: є оцінка впливу вибухової ударної хвилі на мінно-вибухові загородження та вибухонебезпечні предмети зі штирьовими та натяжними (обривними) датчиками цілі при ядерному і звичайному вибухах, надання пропозицій щодо підвищення їх вибухостійкості.

Метод: системний аналіз, проведення розрахункових залежностей.

Результати дослідження: запропоновані методи оцінки впливу вибухової ударної хвилі на мінно-вибухові загородження та вибухонебезпечні предмети зі штирьовими та натяжними (обривними) датчиками цілі при ядерному та звичайному вибухах, надання пропозицій щодо підвищення їх вибухостійкості.

Теоретична цінність дослідження: врахування оцінки впливу вибухової ударної хвилі на мінно-вибухові загородження дозволяє прийняти відповідне рішення при їх встановленні для забезпечення живучості, а врахування наданих пропозицій щодо підвищення вибухостійкості інженерних боеприпасів та їх підричників збільшити ефективність їх застосування.

Тип статті: описова та дослідницька.

Purpose: there is assessment of the impact of the explosive shock wave on mine-explosive barriers and explosive objects with pin and tensile (break-off) sensors of the target during nuclear and conventional explosions, providing proposals for increasing their explosion resistance.

Method: system analysis, calculation of dependencies.

Research results: proposed methods of assessing the impact of an explosive shock wave on mine-explosive barriers and explosive objects with pin and tensile (rupture) target sensors in nuclear and conventional explosions, providing proposals for increasing their explosion resistance.

Theoretical value of the research: taking into account the assessment of the impact of an explosive shock wave on mine-explosive barriers allows you to make an appropriate decision when installing them to ensure survivability, and taking into account the suggestions made to increase the explosion resistance of engineering munitions and their detonators to increase the effectiveness of their use.

Papertype: descriptive and research.

Ключові слова: вибухостійкість, вибухонебезпечний предмет, мінно-вибухові загородження, натяжний датчик цілі, штирьовий датчик цілі.

Key words: explosion resistance, explosive object, mine-explosive barriers, tension target sensor, pin target sensor.

Вступ

Протипіхотні, протитанкові та змішані мінні поля як самостійний вид загороджень почали застосовувати в роки Другої світової війни. До цього інженерні міни різного призначення застосовувалися як одиночні засоби, рознесених просторово на великі відстані один від одного. У зв'язку з цим вибух однієї міни не надавав будь-якого впливу на інші міни, і проблеми вибухостійкості для інженерних мін не існувало.

У мінному полі для забезпечення достатньої ймовірності ураження цілей міни повинні розташовуватися на зближених відстанях один від одного. Однак, якщо ці відстані вибрані занадто малими, при вибуху однієї міни внаслідок впливу на неї цілі або, наприклад, при артилерійському обстрілі, може бути викликаний вибух сусідніх мін, а в результаті повторення цього процесу може бути підірвано мінне поле. Такі випадки спостерігалися вперше наприкінці другої світової війни.

Щоб виключити їх, в арміях країн, що воювали, змушені були перейти до більш досконалих схем мінних полів, в яких відстані між мінами були збільшені, за рахунок чого і забезпечувалася вибухостійкість мінного поля.

Відкриття такого впливу вибуху на міни стимулювало розробку вибухового способу пророблення проходів у мінних полях. До цього застосовувалися лише накладні заряди для знищення виявлених мін. У міру розробки та впровадження вибухового способу пророблення проходів поряд із тим почали застосовувати неконтактні заряди, спочатку зосереджені, а потім подовжені, подаючи їх на мінні поля та підриваючи у створах майбутніх проходів. До кінця Другої світової війни вибуховий спосіб виявив себе як найперспективніший. Це призвело до його бурхливого розвитку в післявоєнний час в арміях усіх країн. Це ж вимагало розробки вибухостійких конструкцій інженерних мін. Так виникла проблема вибухостійкості спочатку для протитанкових, а потім і для інших типів інженерних мін, вибухових пристроїв.

Теоретичні основи дослідження

Перші протитанкові міни підвищеного ступеня вибухостійкості були розроблені та прийняті на озброєння в радянській армії у перші повоєнні роки. Підривник МВШ-46 до міни ТМ-46, міна ТМ-56 і підривник МВШ-57 до міни ТМ-57 довгі роки залишалися унікальними вибухостійкими системами. До початку 70-х років в арміях інших держав конструкцій такого ступеня вибухостійкості майже не було [1].

Потужним стимулом у створенні вибухостійких конструкцій інженерних мін стало використання ядерної зброї, оскільки в умовах її масового застосування в мінних полях з мін звичайного ступеня вибухостійкості можуть утворюватися проломи або вони можуть навіть повністю виводитися з ладу [2]. У зв'язку з цим проблема вибухостійкості інженерних мін істотно загострилася. Остаточно вона не вирішена і до теперішнього часу, оскільки триває пошук нових варіантів вибухового впливу на міни, що потребує вдосконалення їх конструкцій та підривників.

Постановка проблеми

В ході аналізу останніх публікацій [3-4] стосується моделювання процесу розмінування мінно-вибухових загороджень (МВЗ), вибухонебезпечних предметів (ВНП), їх стійкості, але не розкриває процесів вибухостійкості. В [5] розкрита організація робіт з розмінування місцевості, але знову не врахована вибухостійкість МВЗ та ВНП. В роботах багатьох авторів розглядається лише вплив вибухової ударної хвилі на споруди або на людину але не враховують її вплив на ВНП [6-8].

Отже, проведений аналіз показує актуальність питання оцінки впливу вибухової ударної хвилі на МВЗ, ВНП.

Метою статті є розгляд питання оцінки впливу вибухової ударної хвилі на МВЗ, ВНП з штирьовими та натяжними (обривними) датчиками цілі при ядерному та звичайному вибухах, надання пропозицій щодо підвищення вибухостійкості МВЗ, ВНП.

Результати

Можливо визначити два способи кількісної оцінки ступеня вибухостійкості інженерних мін у МВЗ. При першому способі вказують засіб ураження або засіб пророблення проходів та мінімальну відстань, на якій міни не спрацьовують від впливу цих засобів. Наприклад, ступінь вибухостійкості мін ТМ-62 з підривником МВЧ-62 по відношенню до ядерного вибуху можна охарактеризувати, вказавши, що ці міни при повітряному вибуху ядерного боєприпасу середнього калібру (тобто до тротилового еквіваленту – 50 тис. тон) не повинні спрацьовувати

на відстані 300 м від епіцентру вибуху. Ступінь вибухостійкості підричника МВП-62 по відношенню до заряду розмінування УР-83П, УР-77 можна охарактеризувати, вказавши, що цей підричник не спрацьовує на відстані 1,5 м від осі цього заряду при вибуху його на поверхні землі.

У зв'язку з великою кількістю засобів впливу на МВЗ, ВВП такий спосіб оцінки ступеня їх вибухостійкості незручний. Тому найчастіше ступінь вибухостійкості мін характеризують тим максимальним вибуховим навантаженням, яке міна здатна ще сприйняти, не вибухнути і зберегти працездатність, тобто здатність вражати цілі після вибухового впливу на неї. Цей, другий, спосіб кількісної оцінки ступеня вибухостійкості МВЗ, ВВП ми будемо застосовувати надалі як основний.

При ядерному вибуху залежно від положення міни щодо місця вибуху, типу та конструкції підричника та датчика цілі ударна хвиля може навантажувати міну в режимах відбиття, ковзання або обтікання.

На рис. 1 показано дві міни з натискними підричниками. У позиції 1 міна знаходиться в епіцентральної області, в якій на поверхню землі, а отже, і на міну діє відбита хвиля, датчик цілі цієї міни навантажується в режимі відображення, на нього діє тиск $\Delta P_{\text{в}}$, яке створюється у відбитій хвилі.

У позиції 2 на тому ж рисунку міна виявилася за межами епіцентральної області. Над нею ковзає потік, створюваний головною хвилею, що утворилася в результаті злиття падаючої і відбитої хвиль. Міна навантажується в режимі ковзання, на датчик цілі і підричник діє тиск $\Delta P_{\text{ф}}$, який створюється в головній хвилі.

У позиції 3 на рис. 1 на штирковий підричник, а в позиції 4 – на натяжний датчик цілі діє швидкісний напір. Обидва елементи навантажуються як обтікання. Розрахунковими для них є ті навантаження, які створюються швидкісним напором.

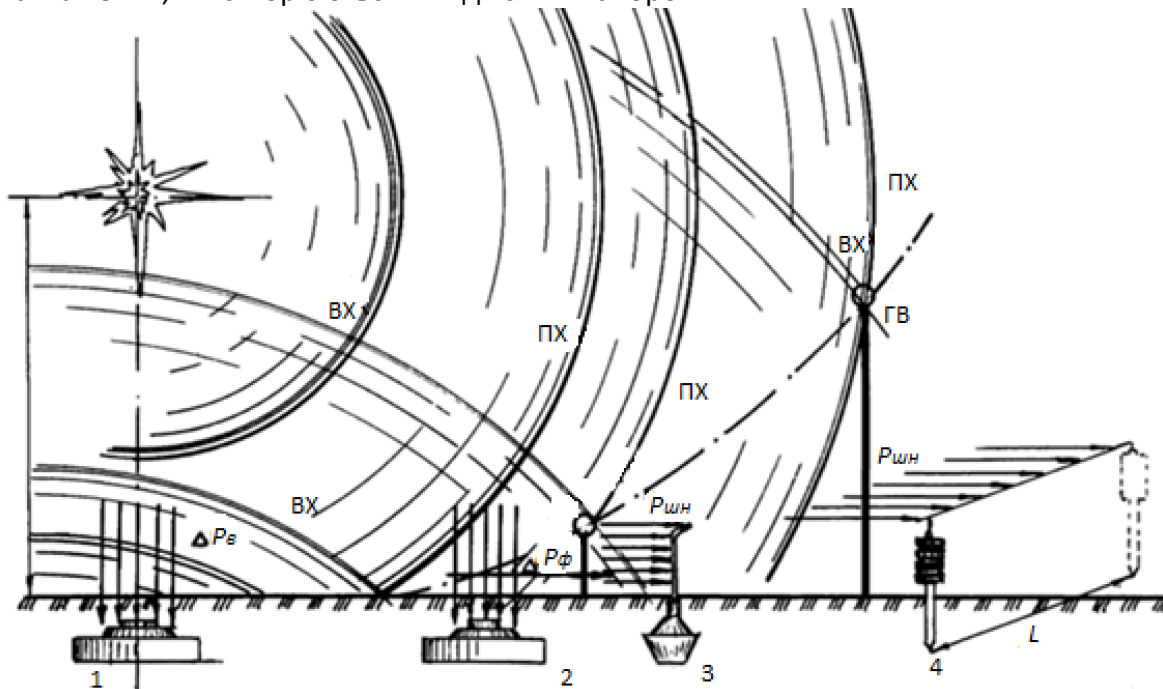


Рисунок 1 – Дія вибуху неконтактного заряду на інженерні міни:

- 1 – міна навантажується ударною хвилею в режимі відбиття;
- 2 – міна навантажується ударною хвилею в режимі ковзання;
- 3 і 4 – міни навантажуються ударною хвилею в режимі обтікання

Якщо міни чи їх датчики знаходяться на або над поверхнею землі, то при ядерному вибуху до приходу фронту ударної хвилі на них буде діяти світлове випромінювання,

нейтронний потік і γ -випромінювання, в результаті чого до моменту приходу фронту ударної хвилі механічні характеристики підричників мін можуть бути істотно ослаблені, що може вплинути на ступінь їх вибухостійкості. Наприклад, трубка підричника МВШ-62 (рис. 1, поз. 3), що є основним елементом, що опирається вигину підричника, з боку вибуху може бути розігріта і навіть оплавлена, її несуча здатність до моменту приходу фронту ударної хвилі внаслідок цього може помітно знизиться і підричник може спрацювати з більш далекої відстані від епіцентру вибуху, ніж це було б, якби підричник був захищений від світлового випромінювання.

При подоланні МВЗ заряди розмінування зазвичай підривають на землі, тому міни з натискними підрижниками і датчиками цілі в цьому випадку навантажуються в режимі ковзання, а міни зі штирьовими підрижниками і натяжними датчиками цілі – в режимі обтікання.

Таким чином, для з'ясування ступеня вибухостійкості мін з натискними датчиками цілі нам необхідно розглядати два режими навантаження: режими відбиття і ковзання стосовно ядерного і звичайного вибуху, а для мін зі штирьовими підрижниками і натяжними (обривними) датчиками цілі достатньо розглянути лише один режим навантаження – режим обтікання для ядерного та звичайного вибуху.

Розглянемо питання впливу ударної хвилі на МВЗ, вибухові пристрої з штирьовими та натяжними датчиками цілі.

Метод оцінки ступеня вибухостійкості підричників зі штирьовими датчиками цілі та її розрахункові залежності.

Штирьові підрижники (рис. 2.) взаємодіють з ударною хвилею в режимі обтікання. У момент підходу фронту ударної хвилі до штирьового підричника на нього починає діяти вибухове навантаження, створюване відбитою хвилею. Це навантаження зростає протягом дуже короткого часу, необхідного для занурення половини діаметра штиря в хвилю, досягаючи при цьому свого максимального значення, після чого починає падати, так як штир після повного занурення в хвилю відчуває тільки дію швидкісного напору, який зменшується з часом. Так як час наростання навантаження $t_{\text{нав}} = d/2D$, де d – діаметр штиря, а D – швидкість фронту хвилі, порівняно невелика, що принаймні на два порядки менше тривалості дії швидкісного напору, то цим етапом навантаження штиря можна знехтувати і вважати, що на нього діє навантаження, яке в першому наближенні можна описати формулою

$$\Delta p = \Delta p_{\phi} \left(1 - \frac{t}{\tau_{\text{шн}}}\right)^{n_{\text{шн}}}, \quad (1)$$

де $\tau_{\text{шн}}$ – тривалість дії швидкісного напору;

$n_{\text{шн}}$ – показник ступеня.

При деформуванні штирьового датчика цілі (рис. 2) стискаючі зусилля сприймаються катушками, а розтягуючі – трубкою.

При цьому, для того щоб підричник спрацював, трубка повинна піддатися значним деформаціям, що розтягують, коли між катушками утворюється зазор, необхідний для переміщення тяги і ковпачка, що утримує стопорні кульки.

Розглянемо переріз підричника по площині контакту двох сусідніх катушок на рис. 3. Позначимо центр контакту катушок при деформуванні підричника в площині 1-1 буквою О. Наведемо через нього лінію 2-2, нормальну до площини 1-1. Ця лінія розділить зовнішню трубку на дві нерівні частини: менша її частина в межах кута 2γ буде піддаватися стиску, а більша частина в межах кута $2(\pi - \gamma)$ – розтягуванню.

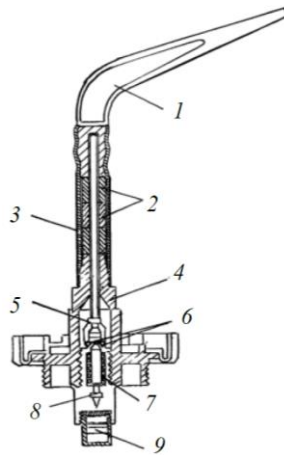


Рисунок 2 – Підричник МВШ-57:

1 – головка; 2 – котушки; 3 – трубка; 4 – корпус; 5 – ковпачок; 6 – кульки;
7 – бойова пружина; 8 – ударник; 9 - запал МД-10

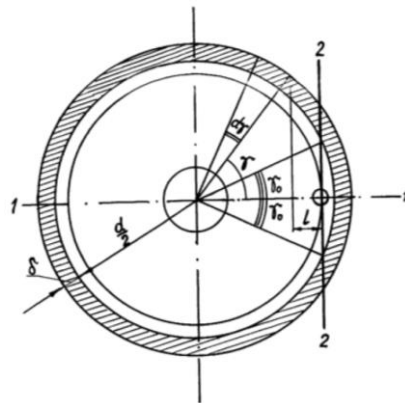


Рисунок 3 – Розрахункова схема деформування штирьового підричника.

Момент елементарного зусилля, створюваного елементом трубки, щодо центру контакту котушок (точки O) очевидно дорівнює

$$dM_o = 1 \frac{d}{2} \delta \sigma d\gamma. \quad (2)$$

Так як плече l цього зусилля

$$l = \frac{d}{2} (\cos \gamma_0 - \cos \gamma),$$

то

$$dM = \frac{d}{2} \delta \sigma (\cos \gamma_0 - \cos \gamma) d\gamma.$$

При цьому повний момент усіх зусиль

$$M_o = 2 \int_{\gamma_0}^{\pi} dM_o = \frac{\delta d^2}{2} \int_{\gamma_0}^{\pi} \sigma (\cos \gamma_0 - \cos \gamma) d\gamma.$$

Деформації значні і для їх досягнення необхідно, щоб усі розтягнуті частини трубки потекли, тобто для всіх волокон можна припустити, що $\sigma = \sigma_m$, при цьому

$$M_o = \frac{\delta d^2}{2} \sigma_m \int_{\gamma_0}^{\pi} (\cos \gamma_0 - \cos \gamma) d\gamma$$

і

$$M_0 = \frac{\delta d^2}{2} \sigma_m [(\pi - \gamma_0) \cos \gamma_0 + \sin \gamma_0]. \quad (3)$$

Формула (3) дозволяє визначити максимальний момент, який здатний прийняти на себе підривник. Так як при подальшому деформуванні величина цього моменту залишається незмінною, то вважається, що в перерізі виникає пластичний шарнір, при цьому $M_{пл} = M_0$ вважається моментом пластичного шарніра. Якщо момент зовнішніх сил перевищуватиме цей максимальний момент внутрішніх сил підривника, то штир отримає деяке прискорення.

Для короткочасно діючого вибухового навантаження, коли $\tau_{шн}$ мале, що має місце при вибуху зарядів розмінування, як показник степені вибухостійкості виступає питомий імпульс швидкісного напору. Для його знаходження можна скористатися законом збереження енергії в інтегральній формі.

Кінетична енергія, отримана штирьом внаслідок дії на нього швидкісного напору, очевидно, дорівнює

$$K_e = \frac{1}{2} J \omega^2 = \frac{1}{2} \frac{(J\omega)^2}{J} = \frac{1}{2} \frac{M^2}{J} = \frac{1}{2} \frac{I^2 l^2}{4J}, \quad (4)$$

оскільки момент імпульсу $M = Il/2$ дорівнює моменту кількості руху $J\omega$.

Ця енергія витрачається на роботу деформування штиря

$$U_{ош} = M_{пл} \phi_{сп}, \quad (5)$$

де ω – кутова швидкість переміщення штиря;

ϕ – кут нахилу штиря, у якому підривник спрацьовує.

Прирівнявши кінетичну енергію штиря роботі його деформування, отримаємо

$$\frac{I^2 l^2}{8J} = M_{пл} \phi_{сп}$$

або, так як

$$I = kdl i_{шн}$$

а для однорідного штиря момент інерції $J = \frac{ml^2}{3}$,

$$\text{то} \quad i_{шн}^* = \frac{2}{\sqrt{3}kdl} \sqrt{2mM_{пл}\phi_{сп}} \quad (6)$$

Формула (6) визначає ступінь вибухостійкості штирьового підривника через його характеристики. Умову гарантованої стійкості підривника при цьому запишемо так:

$$i_{шн} < i_{шн}^*$$

а умови гарантованого спрацювання

$$i_{шн} \geq i_{шн}^*$$

де $i_{шн}$ – питомий імпульс швидкісного напору, що діє при вибуху заряду розмінування.

Розглянемо метод оцінки ступеня вибухостійкості підривників з натяжними (обривними) датчиками цілі та її розрахункові залежності.

На натяжні датчики цілі діє швидкісний напір. Принципово можливі три схеми датчика цілі (рис. 4). У першій схемі натяжний дріт або нитка одним кінцем закріплена, а іншим з'єднана з чекою (або іншим елементом) підривника. У другій схемі дріт (нитка) має на вільному кінці вантаж (наприклад, котушку), у третій схемі дріт (нитка) виконана у вигляді петлі

(петлевий датчик цілі).

У всіх цих випадках при дії швидкісного напору на датчик цілі дрід (нитка) отримує деяку швидкість i , отже, кінетичну енергію

$$K_e = \frac{mu^2}{2} = \frac{l^2}{2m} = \frac{\kappa^2 d^2 l^2 i_{\text{шн}}^2}{2\pi d^2 / 4l\rho} = \frac{2\kappa^2 l i_{\text{шн}}^2}{\pi\rho}. \quad (7)$$

Робота сил тертя при висмикуванні чеки (спрацювання підривника)

$$U_{\text{дш}} = Sf.$$

Прирівнявши кінетичну енергію до роботи сил тертя, отримаємо

$$\frac{2\kappa^2 d^2 l^2 i_{\text{шн}}^2}{\pi\rho} = Sf,$$

звідси

$$i_{\text{шн}}^* = \frac{l}{\kappa} \sqrt{\frac{\pi}{2} \rho S \frac{f}{l}}. \quad (8)$$

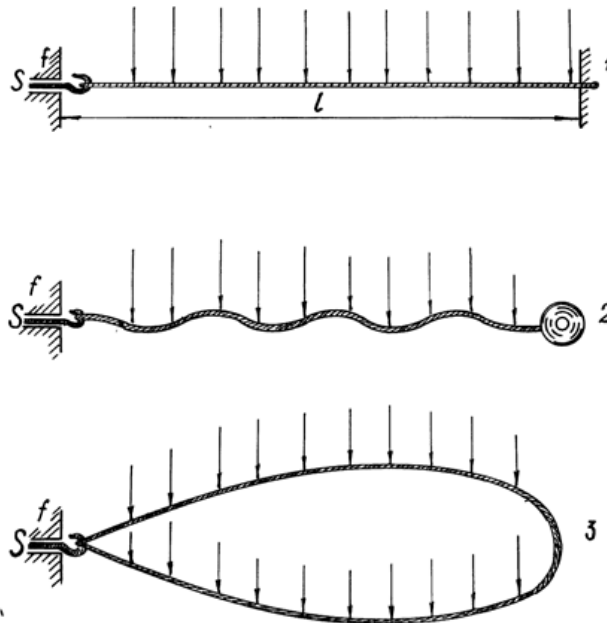


Рисунок 4 – Підривники з дротяними датчиками цілі:

- 1 – дротяна відтяжка закріплена;
- 2 – дротяна відтяжка з вантажем на кінці;
- 3 – відтяжка у вигляді петлі

Формула (8) визначає критичне значення питомого імпульсу швидкісного напору. Тоді умова стійкості датчика цілі запишеться так:

$$i_{\text{шн}} < i_{\text{шн}}^*$$

де $i_{\text{шн}}$ – питомий імпульс швидкісного напору, що діє при вибуху заряду розмінування, а умова гарантованого спрацювання запишеться так:

$$i_{\text{шн}} \geq i_{\text{шн}}^*$$

Після проведених розрахунків, які наведені у табл. 1, розглянемо способи підвищення вибухостійкості інженерних мін та ВНП.

Таблиця 1 – Ступінь вибухостійкості підривників зі штирьовими датчиками цілі

№ з/п	Найменування показника	МВШ-57	МВШ-62	Штирьовий підривник зі збільшеним ступенем вибухостійкості
1.	Довжина штиря, мм	272	1020	260
2.	Діаметр штиря, мм	27	32	22
3.	Товщина стінки штиря, мм	1	1,2	2
4.	Кут нахилу штиря необхідний для спрацювання	25 ⁰ -30 ⁰	25 ⁰ -40 ⁰	35 ⁰ -40 ⁰
5.	Маса підривника, кг	0,6	1,25	1,95
6.	Зусилля спрацювання підривника, кгс	200-500	10-25	300-500
7.	Ступінь вибухостійкості	0,68	0,31	0,81

Аналізуючи формули, отримані вище, легко встановити, що більший ступінь вибухостійкості як для ядерного, так і для звичайного вибуху мають міни зі штирьовими підривниками, а мінімальний – міни з натяжними датчиками цілі. Як слід, із формули (2), ступінь вибухостійкості мін з такими видами датчиків цілі можна підвищити при зменшенні розмірів активної частини датчика цілі, тобто тієї частини, котра безпосередньо піддається впливу ударної хвилі.

У штирьових підривниках площа активної частини датчика цілі зменшена до меншої межі, його легко обтікаюча форма і малі поперечні розміри сприяють швидкому зануренню штиря в хвилю, внаслідок цього стає більш м'яким режим навантаження і в кінцевому рахунку, зменшується вибухове навантаження на датчик цілі. З формули (6) випливає, що подальше збільшення ступеня вибухостійкості штирьових підривників можна досягти, зменшуючи довжину штиря підривника. Звідси також випливає, що штирьовий підривник МВШ-62 з довгим штирьом має менший рівень вибухостійкості, ніж той же підривник з коротким штирьом і гаком.

У підривниках з натяжними датчиками цілі реалізація цієї ідеї входить у суперечність із основним призначенням цих датчиків. Як випливає з формули (8), для збільшення ступеня вибухостійкості датчиків цього типу необхідно зменшити довжину датчику, проте це неприпустимо, так як довжина датчику визначається розмірами зони ураження цілей. Таким чином, зменшення розмірів активної частини датчика цілі може бути використане як засіб підвищення ступеня вибухостійкості тільки в мінах з штирьовими підривниками.

Другим напрямом підвищення рівня вибухостійкості є підвищення роботи деформування підривників. Робота деформування штирьового підривника, як було показано в методі оцінки, $U_{дш} = M_{пл} \phi_{сн}$ і, отже, може бути збільшена за рахунок збільшення міцності несучого елемента підривника, тобто за рахунок збільшення моменту $M_{пл}$ в пластичному шарнірі, так і за рахунок збільшення кута спрацювання $\phi_{сн}$ підривника.

Аналіз роботи штирьових підривників показує, що є деякі резерви для підвищення їх ступеня вибухостійкості, як за рахунок підвищення товщини стінки трубки підривника, що є основним несучим елементом, так і за рахунок деякого збільшення кута спрацювання підривника і головним чином зменшення розкидування його значень.

Для натяжних датчиків цілі робота деформування дорівнює роботі сил тертя при висмикуванні чеки $U_{дш} = S f$. Так як для сучасних підривників цього типу зусилля висмикування чеки мале то може бути істотно підвищено (принаймні в 5 ... 8 разів) без помітного зниження бойових властивостей мін, споряджених цими підривниками, то тут є суттєвий резерв для підвищення ступеня вибухостійкості. У підривниках цього типу, мабуть, у 1,5...2 рази можна збільшити і перебіг висмикування чеки, що потребує додаткових досліджень.

Третій напрям підвищення вибухостійкості датчиків цілі розглянутих типів пов'язаний зі збільшенням маси тих частин підривника, які отримують переміщення під дією вибуху, для

штирьових датчиків цілі, як впливає з формули (6) ступінь вибухостійкості прямо пропорційна кореню квадратному з маси рухомих частин, а для натяжних датчиків цілі формула (8) – прямо пропорційна кореню квадратному із щільності натяжного датчику. Так як застосування в якості натяжних (обривних) датчиків цілі і корпусів підричників інших матеріалів, що мають більш високу щільність в порівнянні з щільністю найбільш поширеного матеріалу, якою є сталь, на сучасному етапі можливо, то реалізувати цей напрямок для підвищення ступеня вибухостійкості штирьових підричників і натяжних датчиків цілі також потребує додаткових досліджень.

Четвертий напрямок підвищення вибухостійкості інженерних мін пов'язаний з підвищенням вибухостійкості корпусів цих мін. Необхідно прагнути до того, щоб вона була, принаймні, не нижче вибухостійкості застосовуваних підричників. Це досить очевидна умова, на жаль, іноді порушується. Наприклад, ступінь вибухостійкості штирьових підричників МВШ-46 і МВШ-57 значно вище ступеня вибухостійкості корпусів мін ТМ-46 і ТМ-57, для яких підричники призначалися. З цієї причини міни ТМ-46 і ТМ-57, споряджені штирьовими підричниками, під дією вибуху руйнуються як конструкції без спрацьовування підричників. Це пов'язано з тим, що в цих мінах між натискною кришкою і зарядом міни є простір, заповнений повітрям, яке під впливом вибуху стискається, кришка ударяє по корпусу, при цьому підричник виштовхується з гнізда і відкидається в бік [9]. В інших випадках, якщо підричник залишається в гнізді, під дією фази розрідження кришка піднімається вище гофри та розпрямляється і міна набуває вигляду свіжоспеченого буханця хліба. Звичайно, і в цьому випадку міна виявляється неприцездатною, хоча її підричник не пошкоджений.

Таким чином, найважливішим способом підвищення вибухостійкості корпусів мін, крім підвищення їх міцності, є вилучення внутрішніх порожнин, зокрема, ідеальний корпус міни під штирьовий підричник повинен бути зарядом вибухової речовини з гніздом під підричник.

Висновки

У статті розглянуто питання оцінки впливу вибухової ударної хвилі на МВЗ, ВВП з штирьовими та натяжними (обривними) датчиками цілі при ядерному та звичайному вибухах, методи їх оцінки та розрахункові залежності. Надано пропозиції щодо підвищення вибухостійкості мін, вибухонебезпечних пристроїв за рахунок зменшенні розмірів активної частини датчика цілі, підвищення роботи деформування підричників, збільшенням маси тих частин підричника, які отримують переміщення під дією вибуху, підвищенням вибухостійкості корпусів цих мін.

Подальшим напрямом наукових досліджень є: оцінка ступені вибухостійкості мін з натискними датчиками цілі; дослідження щодо застосування в якості натяжних (обривних) датчиків цілі і корпусів підричників інших матеріалів, що мають більш високу щільність; дослідження зусилля висмикування чеки для мін з натяжними датчиками цілі; надання пропозицій, щодо розробки принципово нових вибухостійких конструкцій підричників та датчиків цілі.

Фінансування

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

Конкуруючі інтереси

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

Список використаних джерел

1. Оперативне завдання (2019) Загальні вимоги до засобів механізації подолання мінно-вибухових загороджень / С. А. Цибуля, В. О. Роцин, В. М. Аборін та ін. // Львів: НАСВ. 112 с.

2. МКР (MCR). Енциклопедія зброї. *Озброєння*: веб-сайт. URL: http://eragun.org/heavy-armament/mcr_tral.html [Дата звернення 29 січня 2024].
3. Коцюруба В.І. (2013). Удосконалення математичної моделі виявлення вибухонебезпечних предметів радіохвильовим методом. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. № 1 (10). С. 163–166.
4. Гусяков О.М. (2013). Удосконалена математична модель виявлення вибухонебезпечних пристроїв індукційним методом – Київ. № 42. С. 19–27.
5. Фтемов Ю. О. (2020). Рекомендації з прикриття міжпозиційного простору із урахуванням заходів завчасної підготовки території до оборони. *Системи озброєння і військова техніка*. НАСВ, Львів. Т. 64, № 4. С. 43–48.
6. Ремез Н. С., Іванова І. А. (2015). Чисельне моделювання динамічної взаємодії сейсмовибухової хвилі з ґрунтовою основою та будівлею. *Основи та фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник*. Київ: КНУБА. Вип. 37. С. 211–217.
7. Сидоренко В. Л., Азаров С. І. (2008). Розрахунок наслідків дії вибухової ударної хвилі на людину при вибуху на складі боєприпасів. *Системи озброєння і військова техніка*. № 1. С. 70-73.
8. Бойко В.В. (2003). Критерії оцінки небезпечності дії вибухових хвиль на будівлі ослаблені тріщинами. *Проблеми охорони праці в Україні*. № 7. С. 97–104.
9. Довідник. Протитанкова міна ТМ-57. URL: <https://sappers.com.ua/dovidnyk/miny/protytankovi-protyhusenychni/tm-57> [Дата звернення 29 січня 2024].

References

1. Operational task (2019) General requirements for mechanized means of overcoming mine-explosive barriers / S. A. Tsybulya, V. O. Roschyn, V. M. Aborin and others. // Lviv: NASV. 112 p. Ex. No. 3184 dated 05.29.2019.
2. MCR. Encyclopedia of weapons. [Date accessed 29 January 2024] *Weapons*: Retrieved from : http://eragun.org/heavy-armament/mcr_tral.html
3. Kotsyruba V.I. (2013). Improvement of the mathematical model of detection of explosive objects by the radio wave method. *Science and technology of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine*. No. 1 (10). pp. 163-166.
4. Guslyakov O.M. (2013). Improved mathematical model of detection of explosive devices by the induction method - Kyiv. no. 42. pp. 19-27.
5. Ftemov Yu. O. (2020). Recommendations for covering the interpositional space, taking into account the measures of early preparation of the territory for defense. *Weapon systems and military equipment*. NASV, Lviv. Vol. 64, no. 4. pp. 43–48.
6. Remez N.S., Ivanova I.A. (2015). Numerical modeling of the dynamic interaction of the seismic blast wave with the soil base and the building. *Basics and foundations: Interdepartmental scientific and technical collection*. Kyiv: KNUBA. Vol. 37. pp. 211–217.
7. Sydorenko V. L., Azarov S. I. (2008). Calculation of the effects of an explosive shock wave on a person during an explosion at an ammunition warehouse. *Weapon systems and military equipment*. No. 1. pp. 70-73.
8. Boyko V.V. (2003). The criteria for assessing the dangerousness of blast waves on buildings are weakened by cracks. *Problems of labor protection in Ukraine*. no. 7. pp. 97–104.
9. Directory. TM-57 anti-tank mine. [Date of access January 29, 2024]. Retrieved from : <https://sappers.com.ua/dovidnyk/miny/protytankovi-protyhusenychni/tm-57>