

УДК 358.231:81.93.05:614.8.002.5

О.В. Чернозубенко, О.М. Купріненко, С.П. Бісик

Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗС України, Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УРАЖАЮЧИХ ФАКТОРІВ ПІДРИВУ МІННО-ВИБУХОВИХ ПРИСТРОЇВ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

У статті наведено аналіз впливу уражаючих факторів підриву вибухового пристрою на організм людини для подальшого формування вимог до перспективної комплексної системи індивідуального захисту військовослужбовця.

Ключові слова: мінно-вибуховий пристрій, мінно-вибухове ураження, мінно-вибухове поранення, мінно-вибухова травма.

Вступ

В останні роки змінився характер збройних протистоянь. Імовірність застосування ядерної зброї зменшилась, виникла необхідність у застосуванні більш ефективних «звичайних засобів ураження». Пріоритетність віддається мінно-вибуховим пристроям МВП, засобам дистанційного та авіаційного ураження. Також в останні роки значно активізувалася діяльність терористичних угруповань, які широко використовують як промислові, так і саморобні вибухові пристрої. Це стало можливим внаслідок безконтрольного доступу цих угруповань до складів інженерних боєприпасів у таких країнах як Ірак, Афганістан, Сирія, Лівія та ін.

Доцільність застосування МВП, до яких відносяться міни промислового виробництва, саморобні вибухові пристрої, тощо у воєнних конфліктах обумовлюється їх високою ефективністю при невисокій вартості та простоті застосування [1].

Втрати особового складу від МВП у воєнних конфліктах другої половини ХХ – початку ХХІ століть складають від 13 до 57%. Наприклад, втрати військ від МВП під час В'єтнамської війни склали 13 %, у Корейській війні – 50 %, у війні в Афганістані – 30 %, у війні в Чеченській республіці – 24 %, у війні США в Іраку та Афганістані близько 57 % [1,2], кількість втрат зображена на рис. 1.

Таким чином, з метою зменшення втрат особового складу від підриву МВП виникає необхідність проведення досліджень з визначення напрямів і шляхів розвитку комплексної системи індивідуального захисту військовослужбовця в частині, що стосується зменшення дії факторів підриву МВП.

Удосконалення комплексної системи захисту військовослужбовця можливе за умови повного розуміння механізму (механогенезу) впливу уражаючих факторів підриву МВП на організм людини.

Метою роботи є дослідження впливу уражаючих факторів підриву мінно-вибухових пристроїв для подальшого формування вимог до перспективної системи індивідуального захисту військовослужбовця.

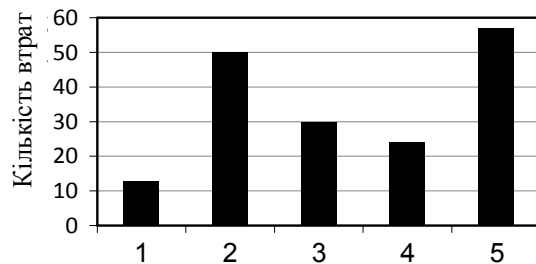


Рис. 1. Кількість втрат особового складу від мінно-вибухових уражень у воєнних конфліктах за останні десятиріччя (1 – В'єтнам, 2 – Корея, 3 – Афганістан (СРСР), 4 – Чечня, 5 – Афганістан та Ірак (США))

Основна частина

За результатами аналізу воєнних конфліктів [3 – 5] встановлено розподіл травмувань особового складу від МВП (рис. 2). З рис. 2 видно, що від підриву МВП найчастіше зазнають ураження нижні кінцівки. Враховуючи це, проведено розподіл уражень нижніх кінцівок, який зображений на рис. 3.

У вітчизняній науці фактори підриву МВП прийнято розподіляти на дві групи, рис. 4.

Деякі вчені виділяють три групи факторів – первинні, вторинні та третинні.

В такому випадку первинні призводять до мінно-вибухових поранень, а вторинні та третинні – до мінно-вибухових травм [6].

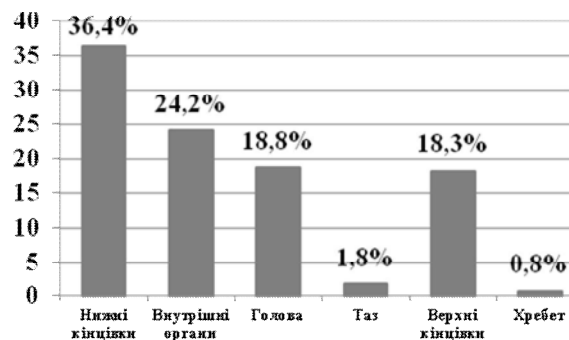


Рис. 2. Розподіл мінно-вибухових травмувань військовослужбовців по частинах тіла

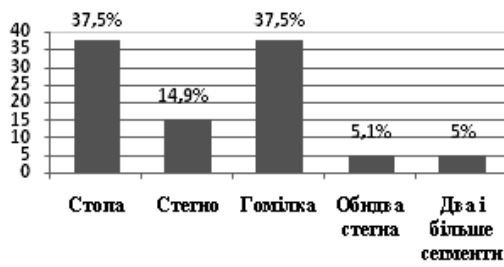


Рис. 3. Розподіл уражень нижніх кінцівок від міно-вибухових пристроїв



Рис. 4. Фактори підриву МВП за двома показниками

Західні вчені [7] розподіляють уражаючі фактори вибуху МВП на п'ять груп які зображені на рис. 5. У цьому випадку фактори першої та деякі фактори другої групи призводять до виникнення мінно-вибухових поранень, а фактори другої, третьої, четвертої та п'ятої груп призводять до виникнення мінно-вибухових травм.

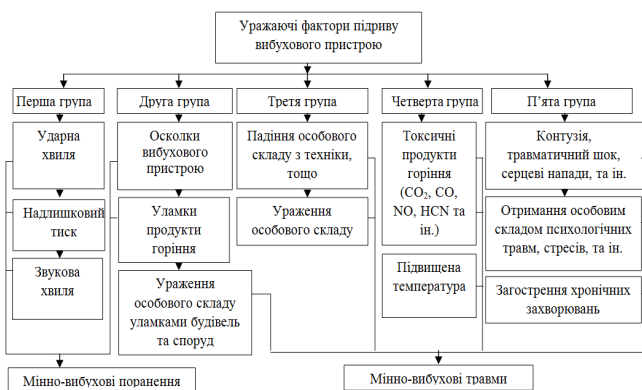


Рис. 5. Фактори підриву МВП за п'ятьма показниками

Перша група факторів пов'язана безпосередньо з впливом УХ на організм людини. Друга група факторів пов'язана з ураженням осколками МВП та осколками оточуючих предметів. Третя група факторів пов'язані з травмами, які виникають в результаті падіння з транспорту, падіння від дії УХ тощо. Четверта група факторів травми не пов'язана з пер-

шими трьома групами (теплові або хімічні опіки, отруєння продуктами вибуху та ін.). П'ята група факторів травми, що виникають після вищезазначених факторів (травматичний шок, психологічні травми, серцеві напади) [7]

УХ утворюється в результаті детонації вибухової речовини (ВР), якою споряджений МВП. Вибух – імпульсний, хімічний, екзотермічний процес перетворення молекул ВР у молекули вибухових газів. При цьому виникає осередок високого тиску і виділяється велика кількість тепла. Таким чином при вибуху вивільняється значна кількість енергії протягом дуже короткого проміжку часу і в обмеженому просторі. Ефект вибуху реалізується у вигляді трьох дій:

- бризантної - місцева руйнівна дія на розташований в області заряду об'єкт;
- фугасної - поширена руйнівна дія на предмет у вигляді обтікання і дія на навколишні предмети;
- запалювальної.

Швидкість детонації ВР досягає 9000 м/с. Маса 1 кг ВР утворює від 500 до 1000 літрів продуктів детонації (ПД). Розширюючись, ПД створюють потужний тиск на навколишнє середовище. Продовжуючи розширюватися, ПД утворюють ударну хвилю, на фронті якої створюється тиск до 20-30 МПа. Цим пояснюється бризантна дія ВР на стінки корпусу МВП з утворенням численних осколків різної форми і маси. Осколки розлітаються в усі боки разом з газами, що мають температуру до декількох тисяч градусів. Якщо заряд не має металеву оболонку, то разом з газами розлітаються шматки з поверхневих шарів заряду.

На рис.6 зображено механогенез підриву нижньої кінцівки людини на протипіхотній міні. Крім того, внаслідок високої температури та швидкості газів спостерігаються опалення одягу та опіки.

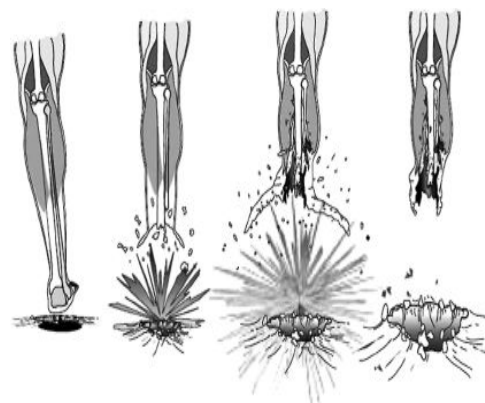


Рис. 6. Механогенез формування мінно-вибухового поранення при підриві на МВП

Розриви шкіри від дії вибухових газів спостерігають на відстані 10, а одягу - 20 радіусів заряду ВР. Фактор термічного впливу вибуху проявляється обмеженими за площею опіками, що локалізуються, як правило, в зоні вибуху [6]. Велике клінічне зна-

чення мають опіки обличчя та верхніх дихальних шляхів. Вплив токсичних продуктів вибуху (CO_2 , CO , NO , HCN , тощо) відбувається, як правило, в закритих приміщеннях, техніці та інших замкнутих просторах, а клінічними проявами його є отруєння окисом вуглецю, рідше - окисом азоту та іншими газами. Крім загально-токсичної дії газів, спостерігається й місцева дія - феномен "вбивання окису вуглецю" миттєвого насичення крові CO з утворенням карбоксигемоглобіну в концентрації до 70-80 %.

Передня межа зони стиснення носить назву фронту УХ і характеризується високими значеннями надлишкового тиску. За фазою стиснення (фаза позитивного тиску) настає фаза розрідження, в якій тиск нижче атмосферного (негативна фаза). Позитивна фаза УХ поширюється ексцентрично, негативна - концентрично. Енергетичний потенціал зони розрідження тиску вкрай малий, близько 20-30 кПа, тому його патологічний вплив на організм людини відсутній [8].

Переходячи з повітряного середовища в рідкі середовища організму, УХ через їх велику щільність і нестискуваність може збільшити швидкість свого поширення і призвести до значних руйнувань. Це явище отримало назву вибуху, спрямованого всередину - шести-восьмикратне збільшення енергії первинної хвилі за рахунок її відбиття від поверхні (границі середовищ), що може призводити до збільшення тиску УХ в 2-9 разів [9].

Основний ефект УХ, що травмує, залежить від швидкості наростання максимуму надлишкового тиску (P) - імпульсу УХ. У спеціальній літературі це положення ілюструється досить образно: УХ діє на предмет не як гігантський прес, а як раптовий удар «дубини» або «велетенської долоні». Основними параметрами, що характеризують УХ, є надлишковий тиск у фронті (P), тривалість позитивної фази (t_+) і тривалість негативної фази (t_-), що зображені на рис. 7. Для бризантних ВВ характерною тривалістю t_+ є 2-10 мс [7].

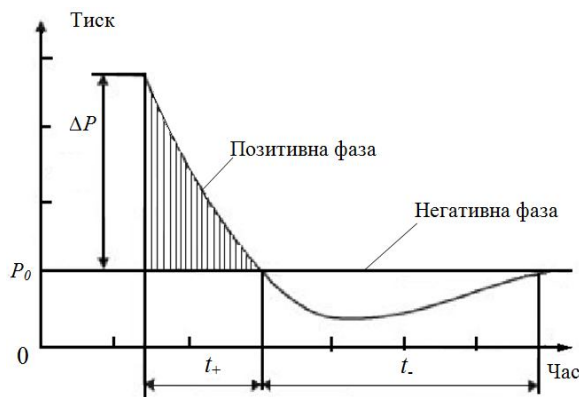


Рис. 7. Форма ідеальної ударної хвилі

За такими умовами при $P=20-35$ кПа з 50% ймовірністю спостерігається розрив барабанних перетінок. Величина P близько 170-200 кПа є порогом пош-

кодження легенів, $P=400$ кПа визначається як початок важких легеневих ушкоджень. При $P=350-800$ кПа з 50% ймовірністю виникає летальний результат. Перепад тиску у фронті ударної хвилі, що дорівнює 20-30 кПа, може призвести до розривів барабанних перетінок, а той, що дорівнює 70-100 кПа, здатний викликати смертельні ушкодження внутрішніх органів. При тиску понад 120 кПа може виникнути відрив кінцівок. При потужних вибухах тіло потерпілого може бути відкинуто на десятки метрів, частково або повністю дефрагментуватися [10].

Тиск УХ в безпосередній близькості до заряду максимально високий, але по мірі віддалення від джерела вибуху він швидко падає. Так, при підриві ВР масою 5 кг (тротил) P на віддаленні 0,5 м становить 55745 кПа, 1 м - 7646 кПа, 2,5 м - 650 кПа, 5,0 м - 127 кПа. При зниженні надлишкового тиску до 20 кПа вплив УХ сприймається як звичайне акустичне роздратування. Форма ідеальної УХ наведена на рис. 7. Ударна хвиля трансформується в імпульсний шум [7].

Значення тиску на фронті УХ внаслідок вибуху сферичного заряду тринітротолуолу у просторі розраховується за виразом [11]:

$$\Delta P(R, q) = \left[0.084 \frac{\sqrt[3]{q}}{R} + 0.27 \frac{\sqrt[3]{(q)^2}}{(R)^2} + 0.7 \frac{q}{(R)^3} \right],$$

де R - відстань від центра заряду ВР до перешкоди, м; q - маса заряду ВР, кг

Отримані з її застосуванням значення тиску на фронті УХ для різних мас ВР у залежності від відстані зображені на рис. 8.

Імпульсний шум, що супроводжує вибух, перевищує 150-160 дБ. Загально визнано, що звук на рівні не менше 160-185 дБ призводить до розриву барабанної перетинки. Звук на рівні 200 дБ призводить до пошкодження легенів [6].

Поряд з руйнуючим впливом газоподібних продуктів детонації ВР і ударних хвиль, що виникають у навколишньому середовищі, при вибухах МВП важливе значення мають його осколки і частини; готові убійні елементи (шматки дроту, кульки тощо); вторинні раничі осколки (камені, цвяхи від підшви взуття, тощо).

Осколки і частини вибухового пристрою мають різну енергію залежно від маси та щільності, потужності вибуху і відстані від його центра. Тому осколкові пошкодження, як правило, дуже різноманітні: від невеликих саден і синців до обширних ран з дефектами м'яких тканин, сліпих осколкових поранень, переломів кісток, тощо. також різноманітні пошкодження від дії вторинних снарядів: осколків різних перешкод і предметів, що знаходилися поблизу від центра вибуху і недалеко від потерпілого, частин взуття та одягу, вмісту кишень, зруйнованих і відірваних частин тіла.

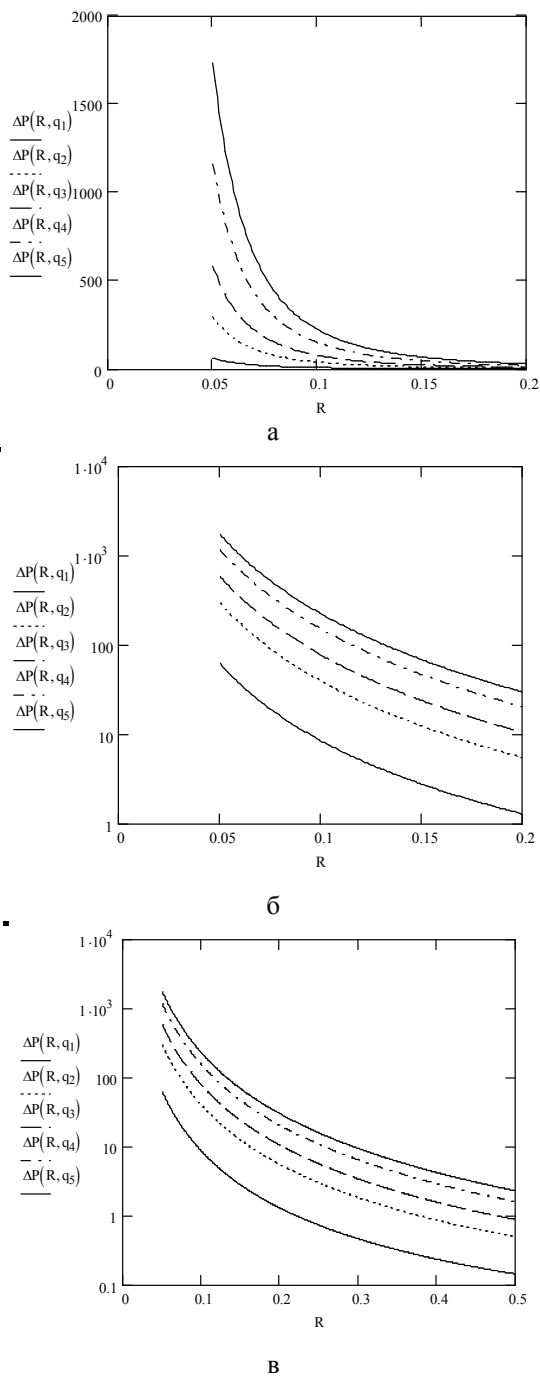


Рис. 8. Залежність тиску на фронті УХ від відстані та маси ВР: а, б – $q_1=0,01$ кг; $q_2=0,05$ кг; $q_3=0,1$ кг; $q_4=0,2$ кг; $q_5=0,3$ кг; в – $q_1=0,1$ кг; $q_2=0,2$ кг; $q_3=0,3$ кг; $q_4=0,4$ кг; $q_5=0,5$ кг

Обсяг і характер пошкоджень, що утворюються від дії осколків і вторинних снарядів, залежать від енергії вражаючого елемента. Цю залежність використовують для судження про віддаленість постраждалого від центра вибуху. Характер і обсяг осколкового ураження залежать, насамперед, від кінетичної енергії осколка, яка визначається його швидкістю та масою. Початкова швидкість може становити 2000-4000 м/с [12].

Осколки в більшості випадків наносять наскрізні рани, але частіше сліпі, дотичні. Рух оскол-

ків характеризується перекиданнями. Неправильна форма осколків сприяє швидкій втраті ними кінетичної енергії. Внаслідок цього при проникненні в тіло об'єкта вони зустрічають великий опір, швидко втрачають швидкість (набагато швидше ніж куля) і наносять ушкодження безпосередньо в зоні свого просування. На поверхні та в тріщинах осколків часто знаходяться частки незгорілої ВР [13].

Велике значення має також металний ефект, що виникає при вибуху ВП. У цьому випадку під дією надлишкового тиску і напору «вітрового потоку» тіло людини підіймається в повітря і може бути відкинуто на кілька метрів. Травми виникають або на стадії прискорення, або під час гальмуючого удару. Ефект металної дії УХ безпосередньо залежить не тільки від потужності ВП, а й від площі тіла людини: площа тіла людини, що стоїть, займає близько $0,36-0,5$ м², лежачого - $0,125$ м² [9].

У результаті впливу на людину факторів вибуху МВП у його організмі виникає цілий ряд різноманітних за механізмом ушкоджень, що становлять суть мінно-вибухового поранення. Ознакою мінно-вибухового поранення є руйнування зовнішніх частин тіла або руйнування сегментів (кінцівок).

Але в той же час енергія навантаження може бути усунена за рахунок використання засобів, що поглинають енергію (підлоги, матів) або за рахунок прокладок на стегнах, чи нових технологій. Аналогічним чином відсоток смертей від грудних і черепно-мозкових травм значно знижується за рахунок використання у військовослужбовців бронезилетів і касок у [7].

Руйнування - повна або часткова втрата життєздатності тканинних масивів, що не підлягає відновленню в конкретних умовах. Стосовно до сегмента, кінцівки - повне припинення магістрального кровотоку, перелом кісток і пошкодження м'яких тканин більш ніж на $1/2$ його окружності.

Неповний відрив - руйнування сегмента кінцівки, при якому збереглося з'єднання дистального і проксимального відділів шкірним або шкірно-м'язовим клаптем.

Відрив - повне відділення сегмента кінцівки. Морфологічні зміни в зоні дії ударної хвилі відповідають загальним закономірностям вогнепальної рани і характеризуються трьома зонами.

Перша - зона руйнування або відриву - утворюється в результаті бризантної дії ударної хвилі на ділянку тіла. Вона являє собою великих розмірів зяючу рану (наприклад, сідничної області) або ділянки руйнування, або повного відділення сегмента кінцівки. Протяжність першої зони від 5 до 35 см, а морфологічним субстратом є різноманітної форми шкірні клапті, масиви пошкоджених м'язів, оголені кістки, судини, сухожилля. Для цієї зони характерно рясне забруднення тканин, закопчення та опік.

Друга - зона первинного некрозу - утворюється в результаті бризантної дії ударної хвилі, дії високої температури, полум'я, розпечених газів. Це тканини прилеглі до першої зони і повністю втратили життєздатність. Морфологічно друга зона характеризується вогнищевими крововиливами, що поширюються значним протягом часу; суцільними і вогнищевими некрозами підшкірної жирової клітковини, м'язів, сухожиль, кісток; багато-осколковими переломами або скелетуванням кістки протягом значного часу; тромбозом магістральних судин; опіком м'яких тканин і кісток. Протяжність зони суцільного некрозу становить від 3 до 6 см, осередкового – 5-15 см у проксимальному напрямку.

Третя - зона вторинного некрозу - утворюється в результаті як бризантної, так і фугасної дії ударної хвилі. Вона має мозаїчну структуру по чіткості змін, характером і протяжністю. Морфологічно третя зона характеризується паравазальними, параневральними, міжм'язовими крововиливами, ділянками із зниженою кровоточивістю та яскравістю тканин; різними видами порушень мікроциркуляції, деструкцією клітин і внутрішньоклітинних елементів [14, 15].

Подібний механізм дозволяє трактувати вибухову травму, як комбіноване ураження. Числові показники ураження наведені в таблиці.

Таблиця

Числові показники критеріїв ураження від вибуху МВП

Можливі наслідки	Ударна хвиля, тиск (кПа)	Відстань від епіцентру (радіусів МВП)	Рівень звуку (дБ)	Перепад тиску (кПа)
Легкі тілесні ушкодж.	170-200 (межа пошкодж. легенів)	20 (розрив одягу)	менше 160 емоційне роздратування	20-30 (розрив барабаних перетинок)
Середні тілесні ушкодж.	400 (початок важких легеневих ушкодж.)	10 (розрив шкіри)	160-185 (розрив барабаних перетинок)	70 - 100 (ушкодж. внутрішніх органів)
Тяжкі тілесні ушкодж.	800 (можливі летальні наслідки)	менше 10 (розрив підшкірних тканин тощо)	200 (розрив легенів)	120 (відрив кінцівок)

Дія уражаючих факторів вибуху на організм людини може бути зменшена за рахунок використання захисних елементів, що поглинають енергію вибуху (спеціалізованого взуття, захисні елементи в області стегна та тазу), та комплексного бронезилету, систем захисту голови та слухових органів, моніторингу здоров'я військовослужбовця, та ін.

Висновок

Таким чином, проведені дослідження дозволили встановити механогенез впливу уражаючих факторів МВП на організм людини. Результати аналізу показують що основними пошкодженнями при мінно-вибухових пораненнях є травми нижніх кінцівок, внутрішніх органів і голови. Отримані результати можуть бути застосовані для визначення напрямів розвитку системи індивідуального захисту військовослужбовців і формування вимог до неї.

Список літератури

1. *Минное оружие в современных войнах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://worldweapon.ru>.*
2. *Ядовитые зерна войны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.artofwar.net.ru>.*
3. *Numerical Analysis of Effects of Ied side explosion on crew of Lightarmoured wheeled vehicle / Robert Panowicz, Kamil Sybilski, Damian Koodziejczyk/ Journal of Kones Powertrain and Transport. – 2011. – Vol. 18, No. 4. – С. 332-338.*
4. *Писаренко Л.В. Взрывные поражения в локальных войнах последних десятилетий XX века [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.iic.yar.ru/mines_r.html.*
5. *Лацёнов Г.В. Минно-взрывная травма в условиях вооруженного конфликта: автореф. дис. на зобудиття наук. ступеня канд. мед. наук: спец. 14.00.27 «Хирургия» / Г.В.Лацёнов. – Ростов-на-Дону, 1999. – 26 с.*
6. *Минно-взрывная травма, классификация, клиника и лечение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yarovoy.ucoz.ru>.*
7. *Explosion and Blast-Related Injuries [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.rta.nato.int.*
8. *Вибухова травма [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://belkmk.narod.ru>.*
9. *Интенсивная терапия ранений с минно-взрывной травмой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dslib.net>.*
10. *Критерії ураження екіпажів бойових машин при вибуховому навантаженні / С.П. Бісик та ін. // Військова медицина України. – 2011. – № 3-4 – С. 90-96.*
11. *Взрывные явления. Оценка и последствия: В 2-х кн. Кн. 1. Пер. с англ./Бейкер У., Кокс П., Уэстайн П. и др. [под ред. Я.Б. Зельдовича, Б.Е. Гельфанда]. – М.: Мир, 1986. – 319 с.*
12. *Военно-полевая хирургия: [ред. П.Г. Брюсова, Э.А. Нечаева]. – М.: ГЭОТАР, 1996. – 416 с.*
13. *Военно-полевая хирургия: [ред. Е.К. Гуманенка]. – М.: ГЭОТАР – Медиа, 2008. – 768 с.*
14. *Военно-полевая хирургия: [ред. Е.К. Гуманенка]. – М.: «Издательство Фолиант», 2004. – 464 с.*
15. *Военно-полевая хирургия: [ред. В.Ф. Трубнокова]. – Х.: Основа, 1990. – 296 с.*

Надійшла до редколегії 28.03.2014

Рецензент: д-р техн. наук В.А. Голуб, Центральний НДІ інститут озброєння та військової техніки ЗС України, Київ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОРАЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ ПОДРЫВА МИННО-ВЗРЫВНЫХ УСТРОЙСТВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

А.В. Чернозубенко, А.Н. Куприненко, С.П. Бисык

Приведены результаты анализа воздействия поражающих факторов подрыва взрывного устройства на организм человека для дальнейшего формирования требований к перспективной комплексной системе индивидуальной защиты военнослужащего.

Ключевые слова: минно-взрывные устройства, минно-взрывные поражения, минно-взрывные ранения, минно-взрывные травмы.

STUDY OF DAMAGING FACTORS SAP MINE EXPLOSIVE DEVICES ON THE HUMAN BODY

A.V. Chernozubenko, A.N. Kuprinenko, S.P. Bisyk

The results of analysis of the impact of factors affecting detonation of an explosive device on the human body for further development of the requirements for long-term integrated system of individual protection serviceman.

Keywords: mine- explosive devices, mines and explosive destruction, mine and explosive wounds, mine blast injuries.