

# Безпека життєдіяльності та ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій

УДК 623.438

С.П. Бісик<sup>1</sup>, Л.С. Давидовський<sup>1</sup>, В.Р. Схабицький<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Центральний НДІ озброєння та військової техніки ЗС України, Київ

<sup>2</sup>Міністерство оборони України, Київ

## КРИТЕРІЇ ТРАВМУВАННЯ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ ПРИ УДАРНОМУ ТА ВИБУХОВОМУ НАВАНТАЖЕННЯХ

*У статті проведено узагальнення й аналіз критеріїв травмування організму людини при дії ударних і вибухових навантажень, використання яких сприятиме проведенню ширшої оцінки ефективності впровадження технічних рішень з підвищення пасивної безпеки екіпажів зразків озброєння та військової техніки і формуванню концепції вітчизняної системи медико-технічних вимог до зразків.*

**Ключові слова:** ударні навантаження, протимінний захист, аварійна посадка літального апарата, критерії травмування, високошвидкісне деформування.

### Вступ

**Постановка проблеми, аналіз останніх досліджень і публікацій.** Результати аналізу військових конфліктів останніх десятиріч і досвід проведення антитерористичної операції в Луганській та Донецькій областях України показують, що значна частина санітарних втрат особового складу спричинена внаслідок дії ударних і вибухових навантажень (далі – ударних навантажень) різних за походженням. Це може бути підрибок бойових машин на протитанкових мінах і саморобних вибухових пристроях, дія ударної хвилі (далі – УХ) на людину, що знаходиться на відкритій місцевості, падіння, аварійна посадка літальних апаратів на ґрунт ураження кулями стрілецької зброї та осколками в бронезилет і захисний шолом без їх пробиття [1, 2].

Однак на сьогоднішній день при розробці зразків (комплексів, систем) озброєння та військової техніки (далі – ОВТ) застосування критеріїв стійкості організму людини до ударних навантажень використовується дуже обмежено та із значним спрощенням. Практикується застосування вимог до протимінної стійкості броньованих машин легкої категорії по масі та машин тилового забезпечення, що визначені в погодженні про стандартизацію STANAG 4569 [3]. В частині випробувань засобів індивідуального захисту використовуються вимоги вітчизняних стандартів і STANAG 2920 [4 – 6], але систематизоване застосування критеріїв стійкості організму людини, як механічної системи, і перевірка їх адекватності у вітчизняній практиці є досить обмеженою.

Використання в конструкції зразків ОВТ технічних рішень, що сприятимуть зменшенню дії ударних

навантажень на організм людини можливе за умови прийняття обґрунтованих критеріїв стійкості організму людини до дії ударних навантажень. Наприклад, вдосконалення протимінного захисту БМ розглянуті в роботах [2, 7]. Але вирішення питання вибору способів захисту екіпажу від ударних перевантажень, що виникають у вигляді імпульсу прискорення викликаного підрибок міни, має базуватися на даних медико-фізіологічних досліджень рівня витривалості людиною ударних перевантажень, які проводилися з метою встановлення їх гранично допустимих значень і часу дії. Тому для визначення ефективності виконання заходів підвищення ПМС БМ необхідно прийняти критерії, на основі яких проводиться оцінка цих заходів. Для інших випадків дії ударних навантажень на організм людини ці критерії можуть бути уточнені (адаптовані) або за необхідності розроблені нові з використанням створеної методології.

У роботі [8] приведені значення допустимих ударних перевантажень на організм людини як цілісної системи з урахуванням напрямку дії перевантажень. В якості вихідних матеріалів прийняті результати досліджень, приведених для авіаційної техніки. Але характер перевантажень і травмування при мінному підриві відрізняється від авіаційних меншим часом дії, величиною пікових прискорень і частинами тіла, що травмуються внаслідок специфіки дії навантаження на організм людини. Крім того, розгляд організму як однорідного тіла досить спрощений. На теперішній час можливо, використовуючи результати біомедичної інженерії, методології забезпечення безпеки конструкції автомобілів, авіаційної безпеки та інших областей знань, сформувати критерії механічної стійкості окремих частин тіла, що мають різні фізико-механічні властивості [10 – 22].

Таким чином, формування концепції вітчизняної системи медико-технічних вимог до ОВТ є необхідною складовою при формуванні вимог до них.

**Метою роботи** є узагальнення й аналіз часткових критеріїв оцінки дії ударних навантажень на організм людини для визначення ефективності впровадження заходів підвищення захисту від їх впливу.

### Основна частина

Як критерій оцінки ефективності прийняття технічних рішень у системі пасивного захисту ОВТ пропонується прийняти ймовірність травмування людини при дії ударних навантажень. При цьому критерій ймовірності травмування визначається кількісно як функція від одного чи декількох параметрів (сили, прискорення, моменту), що можуть контролюватися на антропоморфних манекенах (механічних еквівалентах) людини (англ. *Hybrid dummy*) або її скінченно-елементних моделях, що розроблені та верифіковані для використання в автомобільній промисловості (рис. 1, 2) й імітують поведінку реального тіла людини з відображенням кінематики суглобів і фізико-механічних властивостей окремих частин тіла [9]. В роботі [10] приведені порівняння результатів експерименту та моделювання вибухового навантаження з використанням моделі Hybrid III, реалізованої в програмному пакеті LS-DYNA, та показана адекватність такої моделі при навантаженнях, характерних при підриві зразка ОВТ. При цьому характер і значення перевантажень манекена та моделі в натурному і числовому експериментах мають допустимі похибки.



Рис.1. Антропоморфний манекен Hybrid III з 50%-м рівнем репрезентативності

Різні частини тіла по різному реагують на дію перевантажень, тому доцільно розглядати ймовірність травмування окремих частин тіла, а саме: голови (черепа та мозку), шиї, хребта, нижньої частини ноги (ступні/щиколотки та гомілкової кістки), таза, внутрішніх органів, грудної клітини, м'яких частин організму та органів, що зазнають впливу надлишкового тиску (рис. 2). Характерним є те, що для захисту окремих частин організму людини можливо застосовувати різні технічні рішення.

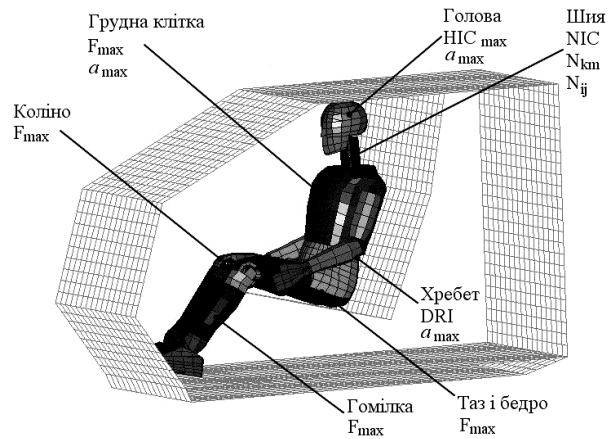


Рис.2. Скінченно-елементна модель людини Hybrid III в корпусі зразка ОВТ

Як критерій травмування голови при її контакті із деталями інтер'єру в автомобільній промисловості застосовувати критерій НІС (англ. *Head Impact Criterion*) (1) [11], що характеризується зміною прискорення центра маси голови:

$$\text{НІС} = (t_2 - t_1) \cdot \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right]^{2,5}, \quad (1)$$

де  $t_1$ ,  $t_2$  – початкове і кінцеве значення часу, при яких спостерігаються найбільші прискорення;  $a$  – прискорення як функція від часу центра тяжіння голови.

Критерій НІС фактично показує «дозу поглиненого сповільнення». Фізичний зміст його полягає у визначенні максимального інтеграла сповільнення на ділянці найбільших значень прискорень.

Визначення тільки максимальних значень перевантажень є недостатнім через те, що мозок може витримати короточасне перевантаження величиною 150 g протягом 1 – 2 мс, а при сповільненні у 100 g, що діяло протягом 10 – 15 мс, може розплющитися об стінки черепа [12]. Вважається, що у разі удару голови об будь-яку перешкоду [11] величина НІС має не перевищувати значення 1000 при критичному часі дії до 15 мс, при цьому максимальне значення перевантаження голови 80 g протягом 3 мс.

За даними роботи [12] значення критерію НІС в залежності від ймовірності отримання травми зображені на рис. 3. Вважається, що значення НІС до 1250 умовно безпечні, від 1250 до 1500 – існує ймовірність отримання травм середньої важкості й понад 1500 – значна ймовірність летального випадку.

За даними роботи [8] гранично допустимі значення швидкості удару голови, захищеної танковим шоломом, у плоску тверду перешкоду мають не перевищувати: 2,0 м/с при ударі з боку потилиці і 2,5 м/с при ударі з боку чола, що враховуючи вище викладене не є прийнятним для проведення оцінки а можуть бути враховані лише в поєднанні зі всіма критеріями оцінки стійкості голови та шиї людини при дії ударних навантажень.

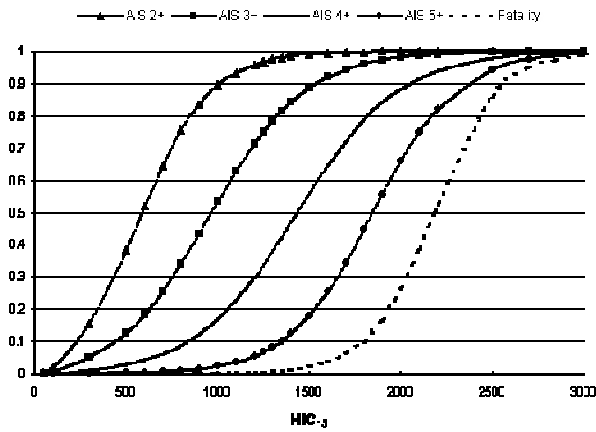


Рис. 3. Криві ймовірності отримання травми (P) в залежності від величини НІС (за даними американського управління дорожньої безпеки – NHTSA); AIS – скорочена шкала травмування (англ. *Abbreviated Injury Scale*)

Крім того, на основі отриманих при випробуваннях зразка ОБТ менших значеннях критерію НІС, ствердження, що зразок є більш безпечний є не

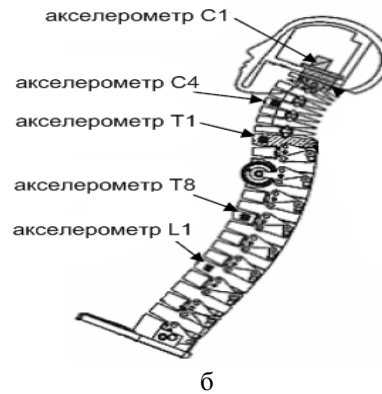
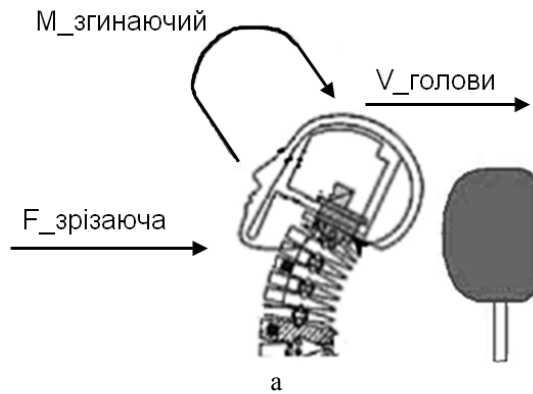


Рис. 4. Схема розміщення контрольних точок у моделі манекена Hybrid III – а та сил що діють на голову людини – б

$N_{km}$  – величина, що базується на лінійних комбінаціях зрізаючих сил ( $F_x$ ) і згинаючих моментів ( $M_{yOC}$ ) рис. 2, б, прикладених до потиличної частини і виміряних у верхній частині шії. Визначається як

$$N_{km} = \frac{|F_x|}{F_{зрізаюча}} + \frac{M_{yOC}}{M_{згинаючий}}, \quad (3)$$

де  $F_{зрізаюча} = 845$  Н – критичне значення зрізаючої сили для людини;  $M_{згинаючий}$  – критичне значення згинаючого моменту (розтягування 47,5 Нм, згинання 88,1 Нм).  $N_{ij}$  розраховується за виразом (4) [13 – 17]:

$$N_{ij} = \frac{F_z}{F_{zc}} + \frac{M_y}{M_{yc}}, \quad (4)$$

де  $F_{zc}$  – максимально допустиме значення поздовжньої сили (6860 Н – розтяг, -6160 Н – стискання);  $M_{yc}$  – максимально допустиме значення моменту (-310 Нм – розтяг, 135 Нм – стискання).

обгрунтованим не тільки через те, що крім удару головою об деталі інтер'єру зразка є й інші небезпечні ситуації, наприклад, удар потилицею, ламання шийних хребців. Справа в тому, що критерій НІС носить статистичний характер і відображає лише ймовірну оцінку можливої травми голови. Отже, критерій НІС потрібно розглядати в поєднанні з іншими критеріями.

Як критерій травмування шії використовуються  $N_{ij}$ ,  $N_{km}$ , НІС [13 – 16]. НІС – величина, що пов'язує переміщення голови відносно базової точки шії T1 (рис. 4, а) і пошкодження в шийному відділі хребта, що викликані зміною тиску в каналі хребта. Методика використовує різницю прискорень центра тяжіння голови і хребця T1 в поздовжньому напрямку. НІС розраховується за виразом (2) [13 – 16]:

$$NIC = a_{відн} \cdot 0,2 + V_{відн}^2; \quad a_{відн} = a_x^{T1} - a_x^{голови}; \quad (2)$$

$$V_{відн} = \int a_{відн} dt,$$

де  $a_x^{голови}$  – прискорення голови;  $a_x^{T1}$  – прискорення хребця T1.

Величина  $N_{ij}$  впливає на ймовірність отримання травм шії та ступінь їх важкості. Відповідно при однакових значеннях  $N_{ij}$  ймовірність отримання критичних травм порівняно з помірними нижча рис. 5 [18]. При ударах головою в елементи конструкції у діапазоні допустимому значень сили та часу дії зображені на рис. 6.

*Критерій травмування хребта.* При дії ударних навантажень на організм людини, особливо спричинених підривом ОБТ на міні чи аварійній посадці літального апарата на ґрунт, найбільш уразливою частиною хребта до дії вертикальних прискорень є поперековий відділ хребта. Для оцінки ймовірності травмування хребта використовується індекс динамічної реакції – DRI (англ. *Dynamic Response Index*) вздовж вертикальної осі. Хребет людини можна представити у вигляді механічної системи (рис. 7). Тоді рух такої системи описується рівнянням (5) [18]. DRI визначається за виразом:

$$DRI = \omega^2 \delta_{\max} / g, \quad (5)$$

де DRI – індекс динамічної реакції;  $\delta_{\max}$  – відносне переміщення при максимальному значенні  $a(t)$ ;  $g$  – прискорення вільного падіння.

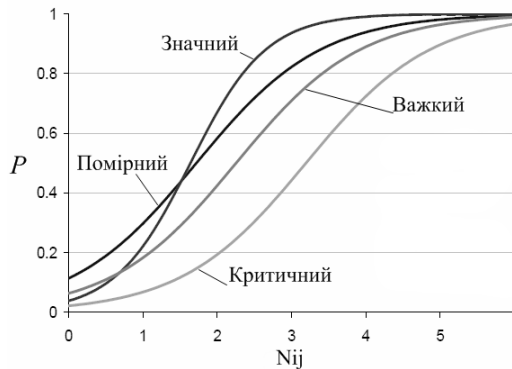


Рис. 5. Залежність імовірності травмування шиї від значення  $N_{ij}$

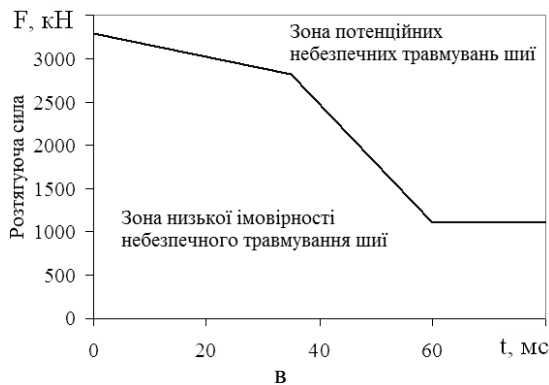
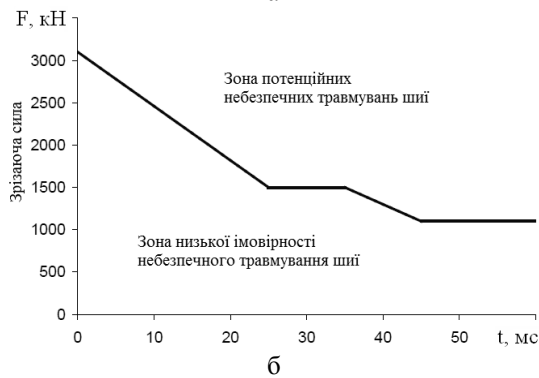
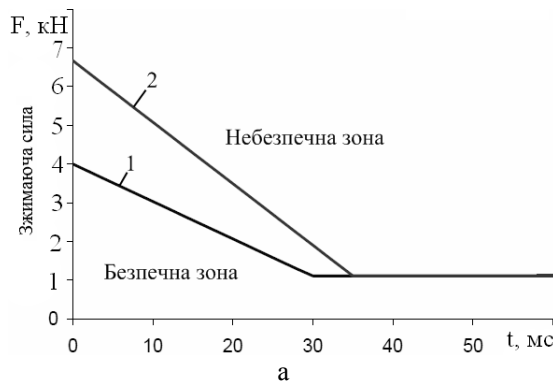


Рис. 6. Допустимі значення сили при ударах головою в поздовжньому (осьовому) напрямку – а; зрізаючої – б та розтягуючої сил від часу дії – в

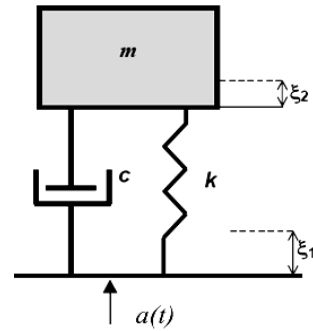


Рис. 7. Механічна система, еквівалентна хребту людини

Вертикальне прискорення  $a(t)$  розраховується як

$$a(t) = \frac{d^2\delta}{dt^2} + 2\zeta\omega \frac{d\delta}{dt} + \omega^2\delta, \quad (6)$$

де  $\delta = \xi_1 - \xi_2$  – відносне переміщення системи (стискання хребта);  $\zeta = c/(2m\omega)$  – коефіцієнт демпфування;  $\omega = \sqrt{k/m}$  – власна частота тіла людини;  $t$  – час дії прискорення.

Значення  $\omega$  та  $\zeta$  приймаються 52,9 рад/с (8,4 Гц) та 0,224 відповідно [18]. На рис. 8 показана залежність ризику помірного травмування хребта від індексу динамічної реакції. Крива 2 отримана на основі експериментальних даних, крива 1 – на основі лабораторних. У роботі [18] рекомендується використовувати значення кривої 1, як більш безпечні при оцінці ймовірності травмування, та вибирати максимально допустиме значення  $DRI \leq 16$ , перевантаження в поперековій області 15 g чи швидкості 4,5 м/с.

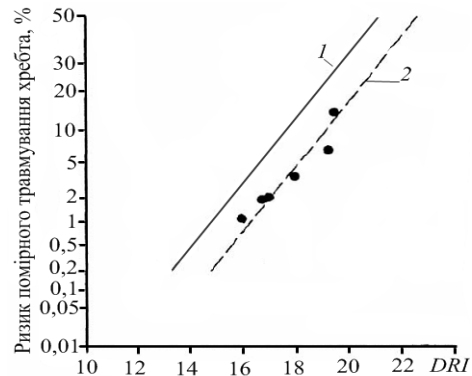


Рис. 8. Ризик помірного травмування хребта, розрахований на основі лабораторних (1) і експериментальних (2) даних у залежності від індексу динамічної реакції DRI

Критерій травмування ноги. При мінному підриві та при аварійній посадці літального апарата на ґрунт імовірність травмування нижньої частини ноги є досить високою та визначається за виразом (7) [11, 18, 19]. Ця модель враховує важливий показник – вік особи та отримана на основі вибірки реальних травм стопи/щиколотки (54 випадки). Залежність побудована для віку до 85 років, переважно для осіб чоловічої статі з вагою тіла близько 75 кг.

$$P = 1 - \left[ \exp\left(-\frac{0,0348B + 0,415F}{5,13076}\right)^{7,42582} \right], \quad (7)$$

де  $P$  – імовірність травмування нижньої частини ноги;  $B$  – вік людини, років;  $F$  – поздовжня сила в гомілковій кістці, кН.

Використовуючи вираз (7), на рис. 9 зображена залежність імовірності травмування стопи/щиколотки від поздовжньої сили, прикладеної до неї.

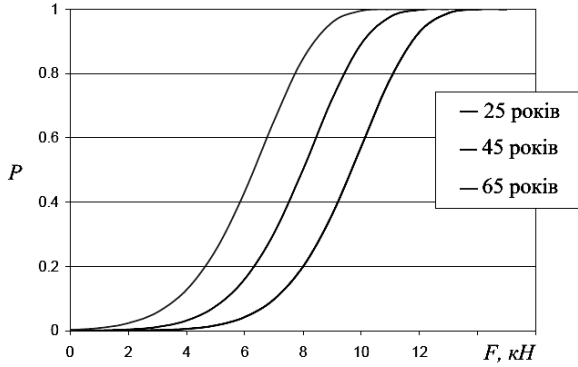


Рис. 9. Залежність імовірності травмування нижньої частини ноги від поздовжньої сили, прикладеної до неї для осіб чоловічої статі різного за віком

У роботі [20] приведена залежність (рис. 10) для визначення допустимого значення сили, прикладеної до стопи/щиколотки, що поєднує значення цієї сили та час її дії.

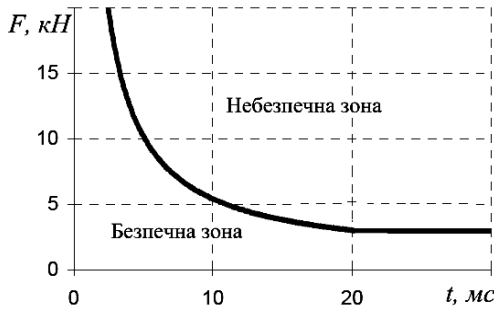


Рис. 10. Визначення безпечного значення сили, прикладеної до голени в залежності від часу її дії

Критерій травмування грудної клітини ТНСС (англ. *Thorax Compression Criterion*) визначається на основі абсолютного значення деформації грудної клітини між грудиною і хребтом, вимірюється в мм (стискання грудної клітки має не перевищувати 50 мм) [12]. Показник травмування по м'яких тканинах  $VC$  (англ. *Viscous Criterion*) розраховується як добуток миттєвого значення деформації грудної клітки і миттєвої швидкості її деформації за виразом [12]:

$$VC = \max \left[ \frac{D}{0,229} \cdot \frac{dD}{dt} \right], \quad (8)$$

де  $D$  – зміщення грудної клітки, м; 0,229 – стандартна ширина грудної клітки (по осі  $x$ ), м.

Величина критерію  $VC$  по м'яких тканинах для грудної клітки має не перевищувати 1,0 м/с.

Критерій травмування людини надлишковим тиском. При підриві об'єкта на міні цілісність корпусу приймається як обов'язковий показник [3], однак має місце дія затікаючої ударної хвилі та отримання баротравми екіпажем. Тому при оцінці травмування людини надлишковим тиском, як критерій травмування, доцільно використовувати критичний тиск ( $\Delta p_k$ ), значення якого в залежності від імовірності летального випадку приведені в табл. 1 [21]. При цьому організм людини розглядається як суцільний об'єкт.

Таблиця 1

Критичний тиск травмування людини ударною хвилею

Імовірність летального випадку	0,99	0,75	0,5	0,25	0,1
$\Delta p_k$ , кПа	500	370	320	280	250

Найбільш чутливими до вражаючої дії УХ є органи слуху та легені. В роботі [22] приведені дані травмування УХ цих органів табл. 2.

Таблиця 2

Характерні види травмування людини ударною хвилею

Вид травми	$\Delta p_k$ , кПа
Баротравма легень середньої важкості	150 – 200
Контузія внутрішніх органів і центральної нервової системи	450 – 500
Розрив барабанної перетинки	35 – 45
Тимчасова втрата слуху	$\geq 2$

Характерним є те, що попри широкі дослідження та формування певної системи медико-технічних вимог до зразків ОБТ, група НАТО ставить перед собою наступні цілі для проведення доопрацювання стандартів захисту, щодо дослідження: процесів ударного навантаження, уразливих частин тіла, очікуваних травм при вибуховому навантаженні, перегляд існуючих критеріїв травмування, вибір найбільш відповідних критеріїв травмування, уточнення кривих ризику, визначення допустимих рівнів травмування, дослідження і вибір необхідного методу вимірювання та опису методик проведення випробувань [23].

Таким чином, на сьогоднішній день дослідження проблеми безпеки людини при ударних навантаженнях ще далекі від завершення. Найбільший інтерес представляє розроблення норм щодо впливу на організм людини комбінованих (що діють по різних осях одночасно) навантажень. Відносно мало вивчені ударні навантаження по вісі «бік-бік». Самостійну проблему представляють питання взаємодії тіла людини з ремнями безпеки й іншими елементами системи фіксації при ударі.

Значний інтерес представляє подальший розвиток методів математичного моделювання реакції системи «людина-зразок ОБТ» на удар, з використанням тривимірних моделей тіла людини.

## Висновки

Отримані до цього часу результати досліджень дозволяють зробити такі висновки:

Заходи гарантувати пасивної безпеки екіпажів ОВТ при дії ударних навантажень мають забезпечувати зниження їх рівня до допустимих з точки зору фізіологічних можливостей організму людини як механічної системи. Розроблення та проектування системи пасивного захисту екіпажів зразків ОВТ від дії ударних навантажень мають базуватися на науково-обґрунтованому виборі біомеханічних властивостей організму людини.

Для забезпечення об'єктивності результатів випробувань зразка ОВТ на пасивну безпеку доцільно проводити дослідження з метою уточнення допустимих значень критеріїв, що традиційно використовуються в дослідженнях такої проблеми.

При заданих умовах ударної взаємодії (швидкість і напрямок удару, перевантаження, швидкість наростання перевантаження, кратність впливу) визначальне значення для безпеки людини має конструкція крісла і система фіксації людини в кріслі – її конструкція, щільність фіксації людини в кріслі, травмобезпека елементів системи фіксації, швидкодія тощо).

Із загальних міркувань зрозуміло, що безпека людини при ударних навантаженнях буде підвищуватися із зменшенням швидкості ударної взаємодії і перевантажень. В той же час, як показує аналіз, є низка специфічних критеріїв безпеки, що характерні при впливі на людину ударних навантажень, визначення яких є одним із напрямів формування концепції вітчизняної системи медико-технічних вимог.

## Список літератури

1. Шляхи забезпечення протимінного захисту бойових броньованих машин / С.П. Бісик, В.А. Голуб, М.І. Васильєвський, О.І. Колос // 36. наук. праць ЦНДІ ОВТ ЗСУ. – К.: ЦНДІ ОВТ, 2010. – Вип. 15. – С. 5-13.
2. Бісик С.П. Аналіз пріоритетних напрямів вдосконалення протимінного захисту бойових броньованих машин / С.П. Бісик // 36. наук. праць ЦНДІ ОВТ ЗСУ. – К.: ЦНДІ ОВТ ЗСУ, 2011. – Вип. 19(41). – С. 77-81.
3. STANAG 4569 edition 1, "Protection levels for occupants of logistic and light armored vehicles", NSA/0533-LAND/4569.
4. Засоби індивідуального захисту. Вироби бронезахисту. Методи контролю балістичної стійкості бронезилетів. : ДСТУ В 4104-2002. – [Чинний від 2002-06-12]. – К.: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. – 19 с. (Національний стандарт України).
5. Дослідження впливу уражаючих факторів підрибу мінно-вибухових пристроїв на організм людини / [О.В. Чернозубенко, С.П. Бісик, О.М. Купріненко] // Системи озброєння і військова техніка. Щоквартальний науковий журнал. – Х.: ХУПС ім. Івана Кожедуба, 2014-№2(38). – С. 39-44.
6. STANAG 2920 PPS (Edition 2) – Ballistic test method for personal armour materials and combat clothing.
7. Бісик С.П. Аналіз пріоритетних напрямів вдосконалення протимінного захисту бойових броньованих

машин / С.П. Бісик // 36. наук. праць ЦНДІ ОВТ ЗСУ. – К.: ЦНДІ ОВТ ЗСУ, 2011. – Вип. 19(41). – С. 77-81.

8. Виброударные воздействия на экипажи танков и БМП / Н.И. Бурлаченко, Г.С. Жартовский, Е.К. Потемкин, Р.Д. Тетельбаум, В.М. Фролов. – М.: ЦНИИ информатики, 1981. – 200 с.

9. LS-DYNA keyword user's manual Version 970. – Livermore: LSTC, 1998. – 498 с.

10. Nilakantan G. Computational assessment of occupant injury caused by mine blasts underneath infantry vehicles / G. Nilakantan, A. Tabiei // International Journal of Vehicle Structures & Systems, 1 (1-3). – 2009. – Pp. 50-58.

11. McKay, Brian J. Development of lower extremity injury criteria and biomechanical surrogate to evaluate military vehicle occupant injury during an explosive last event / McKay, J. Brian. – Wayne State University Dissertations. – 2010. – 217 с.

12. Критерії оцінювання аварійних ударних навантажень тіла людини під час ДТП [Текст] / В.М. Козут, О.М. Григоришин [и др.] // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту, 2013. – № 2. – С. 29-39.

13. Injury Measurements and Criteria [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: [ftp://ftp.rta.nato.int/PubFullText/RTO/MP/RTO-MP-020/\\$MP-020-\\$K2.PDF](ftp://ftp.rta.nato.int/PubFullText/RTO/MP/RTO-MP-020/$MP-020-$K2.PDF).

14. Eppinger R. Supplement: development of improved injury criteria for the assessment of advanced automotive restraint systems – II / R. Eppinger, E. Sun, S. Kuppa, R. Saul / - National transportation biomechanics research center – 2000. – 40 с.

15. Kinematically based whiplash injury criterion [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv19/05-0211-O.pdf>.

16. Reduction of acceleration induced injuries from mine blasts under infantry vehicles [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dynalook.com/european-conf-2007/reduction-of-acceleration-induced-injuries-from.pdf>.

17. Validation of finite element crash test dummy models for predicting orion crew member injuries during a simulated vehicle landing [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://gltrs.grc.nasa.gov/reports/2009/TM-2009-215476.pdf>.

18. RTO-TR-HFM-090 (2007), Test Methodology for Protection of Vehicle Occupants against Anti-Vehicular Landmine Effects, Final Report of the NATO Research and Technology Organisation (RTO) Human Factor and Medicine Panel (HFM) Task Group TG-025, Published April.

19. Henisey T. Comparing the effects of protective plate shape on leg injuries during finite element blast simulations with the Hybrid III ATD. - University of Notre Dame – Notre Dame, Indiana, 2010. – 53 с.

20. Modelling and simulation in the design process of armored vehicles [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://ftp.rta.nato.int/public/PubFullText/RTO/MP/RTO-MP-089///MP-089-51.pdf>.

21. Орленко Л.П. Физика взрыва и удара: уч. пос. для вузов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 304 с.

22. Взрывные явления. Оценка и последствия: в 2-х кн. Кн. 2: пер. с англ. / У. Бейкер, П. Кокс, П. Уэстайн и др.; под ред. Я.Б. Зельдовича, Б.Е. Гельфанда. – М.: Мир, 1986. – 319 с.

23. Piet-Jan Leerdam. Safety Military Vehicles STANAG Protection Standard [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: [http://eurodefense-belgium.eu/24-RIE/RIE2013-DenHaag/5/Vehicle\\_Protection\\_Standards\\_NATO-PA\\_handout.pdf](http://eurodefense-belgium.eu/24-RIE/RIE2013-DenHaag/5/Vehicle_Protection_Standards_NATO-PA_handout.pdf).

Надійшла до редколегії 16.01.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, ст. наук. співр. В.А. Голуб, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Київ.

**КРИТЕРИИ ТРАВМИРОВАНИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА  
ПРИ УДАРНЫХ И ВЗРЫВНЫХ НАГРУЗКАХ**

С.П. Бисык, Л.С. Давыдовский, В.Р. Схабицкий

*В статье приведено обобщение и анализ критериев травмирования организма человека при воздействии ударных и взрывных нагрузок. Использование которых будет способствовать проведению более широкой оценки эффективности внедрения технических решений по повышению пассивной безопасности экипажей образцов вооружения и военной техники и формированию концепции отечественной системы медико-технических требований к образцам.*

**Ключевые слова:** ударные нагрузки, противоминная защита, аварийная посадка летательного аппарата, критерии травмирования, высокоскоростное деформирование.

**CRITERIA OF INJURY HUMAN BODY PERCUSSION AND EXPLOSIVE LOADING**

S.P. Bisyk, L.S. Davydovskiy, V.R. Shabitsky

*This article presents the synthesis and analysis of injury criteria of the human body by the action of shock and explosive loads. Using which will facilitate wider evaluating the effectiveness of the implementation of technical solutions to improve passive safety crews of armament and military equipment and the formation of the concept of national medical and technical requirements for the samples.*

**Keywords:** shock loads, antimine protection, crash-landing aircraft, the criteria injury, high-speed deformation.