

УДК 504.06

В.Л. Сидоренко¹, С.І. Азаров²¹ Інститут державного управління у сфері цивільного захисту УЦЗ України, Київ² Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ**ОЦІНКА ЗБИТКІВ У ВІЙСЬКОВИХ ЧАСТИНАХ ПРИ АВАРІЇ НА СКЛАДІ БОЄПРИПАСІВ**

Розглянуті окремі складові сфери управління техногенною (соціально-політичною) безпекою на об'єктах підвищеної небезпеки Міністерства оборони України, таких як артсклади, арсенали, склади і сховища боєприпасів і вибухових речовин з аналізом основних характеристик їх окремих видів і з метою оцінки можливої шкоди при їх вибуху і пожежі.

склади боєприпасів, надзвичайна ситуація, збитки, нещасний випадок, ризик ураження

Вступ

Безпека людини і довкілля, їх захищеність від техногенних і соціально-політичних небезпек віднесена до проблем особливої важливості держави і суспільства, а їх рішення – до пріоритетних завдань національної безпеки. Техногенна і соціально-політична небезпека походить, насамперед, від промислових і військових об'єктів, які створюють потенційну небезпеку та на яких можливий розвиток пожежних, вибухових, а також радіаційних, хімічних та інших небезпек. До таких об'єктів, насамперед, відносяться пожежовибухо-небезпечні об'єкти як промислового (вибухопожежо-небезпечні установки і приміщення), так і військового комплексу (артбази, арсенали, склади і сховища боєприпасів).

Особливо гостро в останній час постала проблема техногенної і соціально-політичної безпеки та уникнення надзвичайних ситуацій (НС), які пов'язані з об'єктами зберігання боєприпасів (БП) і вибухових речовин (ВР). Свідомством цього є чисельні вибухи на складах в/ч А-0671 у м. Артемівськ Донецької області 10-11 жовтня 2003 року (матеріальні збитки біля 40 млн. грн.), в/ч А-2985 біля с. Новобогданівка Запорізької області 6-15 травня 2004 року, 23 липня 2005 року, 19 серпня 2006 року (матеріальні збитки біля 2,5 млрд. грн.) та сховища 47-го арсеналу Міністерства оборони (МО) України в с. Цвітоха Хмельницької області 6 травня 2005

року (матеріальні збитки біля 10 млн. грн.).

За даними МО в Україні налічується 184 одиниці складів і арсеналів, на яких зберігається 2,4 млн. тонн БП, з яких біля 1,5 млн. тонн віднесені до розряду надлишкових, тобто тих, що потребують утилізації [1-7]. З них 340 тис. тонн вимагають термінової утилізації. Щорічно цей арсенал поповнюється на 10-15 тис. тонн. Термінової утилізації потребують і 24 тис. тонн ракет різних типів, які у разі підриву можуть летіти на десятки кілометрів. Така ситуація склалася у зв'язку з тим, що на початку 90-х років до цих арсеналів було перевезено близько 9 тисяч умовних вагонів БП та ракет з груп військ СРСР, були перевезені і боєприпаси та ракети з тих військових частин, що розформувались протягом 1992-2006 р.

Постановка проблеми. Враховуючи велику кількість об'єктів зберігання БП та ВР, умови їх зберігання та стан забезпечення цих об'єктів системами автоматичного контролю і спостереження, моніторингу і пожежогасіння, ризик виникнення пожеж і вибухів на них залишається досить великий.

НС, що виникли на цих об'єктах в останні роки, і супроводжувалися великими матеріальними збитками і людськими жертвами, направляють увагу до проблеми техногенної і соціально-політичної безпеки у Збройних силах (ЗС) України.

Аналіз літератури. Проблема аналізу і дослі-

дження причин аварій на об'єктах підвищеної небезпеки, зокрема складах БП і ВР, впливу уражаючих факторів на рятівників, населення, території і навколишнє середовище присвячені роботи [1 – 12], але питання травмування військовослужбовців і оцінки збитків у цих випадках повністю не розкрито.

Мета статті. Провести аналіз основних характеристик і їх окремих видів у сфері управління безпекою на об'єктах підвищеної небезпеки МО України. Запропонувати методіку визначення ризику травмування військовослужбовця і оцінки можливої шкоди при вибуху і пожежі на складі БП.

Основна частина

Виклад основного матеріалу досліджень. Аналіз аварійності у військових підрозділах Міністерства оборони (табл. 1) показав, що кількість загиблих осіб серед військовослужбовців за 6 років склав 772 випадки [3].

Безпечна експлуатація складів БП і ВР у більшому ступеню залежить від персоналу, який їх обслуговує. Тому при оцінці аварійності і нещасних випадків необхідно у першу чергу проаналізувати людський фактор. За останні 13 років на артскладах ЗС України було зареєстровано 431 аварій, внаслідок яких загинуло 61 особа (рис. 1).

Таблиця 1

Динаміка смертельного травматизму у військових підрозділах ЗС України

Рік	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Загальна кількість загиблих осіб	154	138	142	120	117	101
Кількість загиблих осіб при аваріях на артскладах	3	3	6	9	5	3

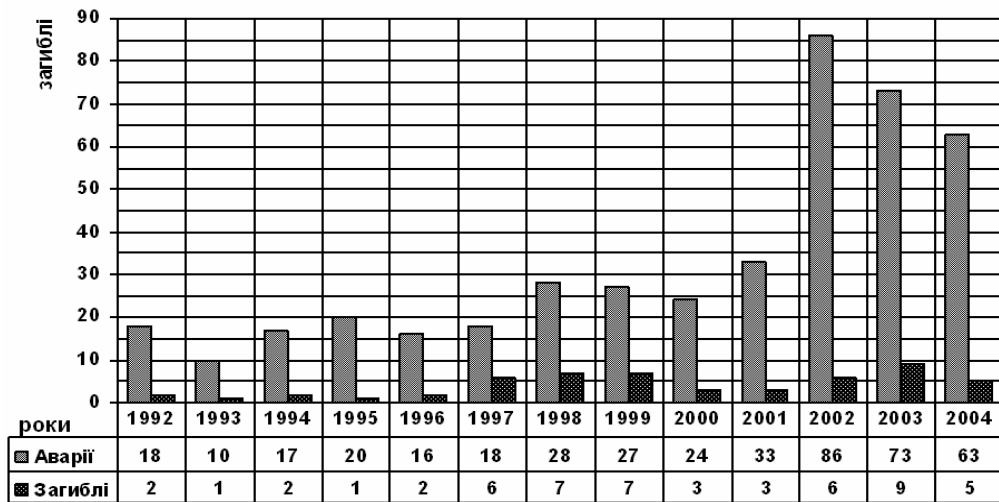


Рис. 1. Динаміка кількості аварій і смертельного травматизму на складах БП і ВР ЗС України [4]

Основні причини виникнення аварій на артскладах представлені на рис. 2.

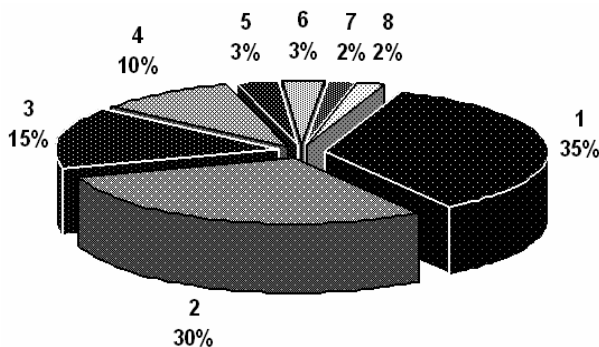


Рис. 2. Основні причини виникнення аварій на артскладах: 1 – коротке замикання і перевантаження в електричній мережі – 35 %; 2 – порушення правил пожежної безпеки при проведенні вогневих робіт – 30 %; 3 – несправність і порушення правил експлуатації обладнання – 15 %; 4 – необережне поводження з вогнем – 10 %; 5 – самозагоряння матеріалів – 3 %; 6 – несправність або відсутність близькокозихисту – 3 %; 7 – порушення правил пожежної безпеки при експлуатації електричних приладів – 2 %; 8 – низова пожежа (горіння трави) – 2 %.

Аналіз аварій і загибелі людей, що відбулися на військових складах, свідчать, що найбільша їх кількість припадає на останні роки.

Сплеск їх почався у 2003 році, коли 10 жовтня на території складу військової техніки Міністерства оборони України в Артемівську відбувся вибух БП. Після цього вибухи на складі, де зберігалися 31 тис. неспоряджених ракет і більше 46 вагонів снарядів, тривали впродовж 16,5 годин. Осколки розліталися в радіусі 4-5 кілометрів. Усього постраждало 66 багатоквартирних і 120 приватних житлових будинків, а також 5 шкіл та 3 лікарні, осколкові поранення отримала 15-річна дівчинка, був контужений один військовий. Було зруйновано 10 з 17 сховищ складу, знищені 1700 з 3170 тонн БП. Снаряди та їхні фрагменти були розкидані по території 612 га. Збитки внаслідок вибуху складів в Артемівську оцінюються в 38 млн. грн. Заміна розбитих шибок та ушкодженої покрівлі в прилеглих будинках оцінюється в 2 млн. грн.

Через півроку, 6 травня 2004 року, аналогічна подія відбулася на 257-й артилерійській базі ракет і

боєприпасів (АРБР) у селі Новобогданівка Мелітопольського району Запорізької області. На артилерійських складах знаходилася вся номенклатура артилерійських БП Сухопутних військ.

На 275-й АБРБ до аварії зберігалось 91 тисяча 631 тонна різних видів БП (4800 умовних вагонів).

Серед них: стрілецькі БП, протитанкові заряди, снаряди, гранати, в тому числі – протитанкові, міни, реактивні снаряди систем залпового вогню («Град», «Ураган», «Смерч»), постріли для гранатометів, підривачі-запали, заряди, порох, ВР та запальовальні елементи (табл. 2).

Таблиця 2

БП, що вибухали у результаті пожежі на території 275 АБРБ

Типи БП		Кількість БП, що вибухнули у результаті пожежі, т
Кумулятивні снаряди до 100 мм протитанкової гармати Т-12 (100 мм Т-12)		6000
Осколково-фугасні снаряди до 152 мм гаубиці «Гіацинт-Б» (152 мм 2 А36)		3000
Боєприпаси до гладкоствольної гармати «Рапіра-3» (125 мм Д-81)	Осколково-фугасні снаряди (ОФ-26)	2700
	Броньбійно-кумулятивні снаряди (БК-14)	4800
	Броньбійно-підкаліберні снаряди (БМ-23)	2400
Снаряди до реактивних систем залпового вогню «Ураган» (220 мм)		5000
Всього:		23900

Вибухи снарядів лунали кожні 3-5 секунд. Потужне полум'я висотою до 300 метрів, а також вибухи не дозволяли пожежникам наблизитися до осередку пожежі та приступити до його гасіння. На щастя, ввечері в Мелітопольському районі була сильна злива, яка не дозволила пожежі поширитися на інші території.

У результаті вибухів три чоловіки загинули, один був контужений, дев'ять у важкому стані з опіками були доставлені в району лікарню, двоє потерпілих від вибухів були доставлені в лікарню Мелітополя.

Згодом у травні 2005 року вибухнули сховища БП у селі Цвітоха Славутського району Хмельницької області. Дальність розльоту осколків складала близько 150 метрів. На складах зберігалось приблизно 100 тонн БП, зокрема, 23-мм зенітні та 30-мм артилерійські снаряди, а також стрілецька зброя. У гасінні пожежі брав участь пожежний танк, який зазнав серйозних пошкоджень.

25 липня 2005 року о 17 год. 30 хв. на артилерійських складах в/ч № 275 біля с. Новобогданівка виникла пожежа з послідовними вибухами БП. Ліквідація аварії тривала більше 4 годин.

19 серпня 2006 року о 14 год. 27 хв. на тих же складах знову виникла пожежа з подальшою детонацією БП. Площа пожежі складала приблизно 3 га розосередженими осередками. Пожежа спричинила вибухи БП та їх розліт. В результаті попадання вибухонебезпечних елементів відбулось детонування реактивних снарядів та їх розліт (приблизно 50 реактивних снарядів) у напрямках с. Спаське – с. Терпіння – с. Новобогданівка. Інтенсивність підривів БП складала 2-3 на годину. В результаті цього інциденту потерпіло 2 військовослужбовця.

Для моделювання умовної ймовірності ураження рятівника будемо застосовувати ймовірнісний (стохастичний) метод, що дозволяє оцінити ймовірність виникнення небезпечного випадку та ймовірність розвитку різних варіантів небезпечних ситуацій. Небезпечні ситуації відрізняються ймовірною частотою виникнення, важкістю і ступенем небезпеки для рятівника внаслідок певного типу ава-

рії, інтервалом часу від виникнення небезпечної обстановки до отримання травми, а також імовірності отримання смертельної травми (рис. 3) [10 – 12].

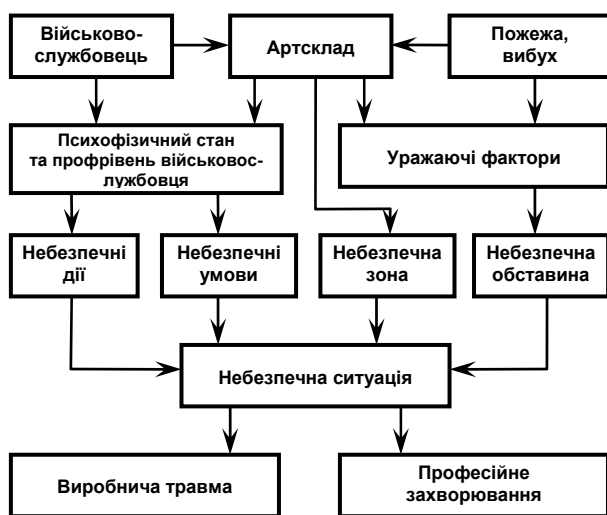


Рис. 3. Структурно-логічна модель формування нещасного випадку

Небезпечна ситуація може проявитися у результаті несанкціонованого або некерованого (неконтрольованого) впливу уражаючих факторів аварії на організм людини. Виникнення небезпечної ситуації є слідством розвитку причинного ланцюга передумов, ініціаторами і складовими частинами якої є уражаючі фактори аварії – небезпечна обстановка – небезпечні дії, небезпечні умови – небезпечна зона ураження – небезпечна ситуація, яка може привести до виробничої травми (або професійного захворювання).

На рис. 3 визначення мають наступні значення.

Імовірність виникнення нещасного випадку (НВ) буде дорівнювати поєднанням (суми) усіх можливих перетинів (добутків) випадкових подій, причин виникнення уражаючих факторів аварії, небезпечних дій та умов, утворення небезпечних зон ураження та ситуацій [8]:

$$F(HB) = F \left[\bigcup_{k=1}^K \bigcup_{n=1}^N \bigcup_{m=1}^M \bigcup_{l=1}^L (P\Phi_k \text{ ОДУ}_n \Omega H3_m \text{ ШП}_l) \right], \quad (1)$$

де K – кількість уражаючих факторів аварії; N – кількість небезпечних дій та умов; M – кількість типів утворення небезпечних зон ураження; L – кількість утворення небезпечних ситуацій; U – спеціальний символ поєднання (суми) нещасних випадків; Ω – спеціальний символ перетинів (добутків) випадкових подій; $P\Phi_k$ – подія утворення k -ї небезпечної обстановки; $ОДУ_n$ – подія проявлення n -х небезпечних дій та умов; $H3_m$ – подія утворення m -ї небезпечної зони; $П_l$ – подія утворення l -ї небезпечної ситуації.

У випадку, коли події, що розгортаються, незалежні, ймовірність виникнення НВ можна обчислити за формулою апроксимації [10]:

$$F(HB) = 1 - \prod_{k=1}^K \prod_{n=1}^N \prod_{m=1}^M \prod_{l=1}^L \left[1 - F(P\Phi_k) \times F(ОДУ_n) \times F(H3_m) \times F(П_l) \right]. \quad (2)$$

Утворення уражаючих факторів аварії та виникнення небезпечної обставини буде обумовлено сукупною появою випадкової (некерованої) кількості небезпечних та шкідливих факторів аварії з урахуванням параметрів стану навколишнього середовища. Ймовірність утворення k -го уражаючого фактору аварії будемо обчислювати за формулою:

$$F(HB_k) = F(H\Phi_k) \times F(Ш\Phi_k) \times F(НО_k), \quad (3)$$

де $F(H\Phi_k)$ – ймовірність появи k -го небезпечного фактору аварії; $F(Ш\Phi_k)$ – ймовірність появи k -го шкідливого фактору аварії; $F(НО_k)$ – ймовірність появи k -ї небезпечної обстановки.

Для ймовірності подій утворення небезпечних дій та умов можна записати:

$$F(ОДУ_n) = F(НД_n) \times F(НУ_n), \quad (4)$$

де $F(НД_n)$ – ймовірність утворення n -ї небезпечної дії; $F(НУ_n)$ – ймовірність утворення n -ї небезпечної умови.

Ймовірність утворення m -го типу небезпечної зони ураження можна визначити за формулою:

$$F(H3_m) = F(ЗЕ_m) \times F(МП_m) \times F(И_m), \quad (5)$$

де $F(ЗЕ_m)$ – ймовірність наявності збереженої енергії m -го типу, достатньої для утворення небезпечного середовища; $F(МП_m)$ – ймовірність реалізації m -го механізму передачі енергії від джерела збереженої енергії до навколишнього середовища; $F(И_m)$ – ймовірність утворення джерела безпеки.

Ймовірність реалізації l -ї причини виникнення небезпечної ситуації можна обчислити за формулою:

$$F(П_l) = 1 - \prod_{m=1}^M \prod_{l=1}^L \left[1 - F(H3_m) \times F(B_l) \right], \quad (6)$$

де $F(H3_m)$ – ймовірність утворення m -ї небезпечної зони ураження по l -ї причині її виникнення; $F(B_l)$ – ймовірність перебування рятівника в осередку ураження з l -ї причини.

Для визначення ймовірності утворення небезпечної обстановки (виникнення уражаючих факторів аварії) застосовували пробіт-функцію у вигляді [8]:

$$F(P\Phi) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\text{Pr}(t)-5} \exp[-F(r,t)/2] dF(r,t) dt, \quad (7)$$

де $F(r,t)$ – параметр уражаючого фактора аварії, що виник на відстані r від місця аварії в момент часу t .

Залежність причин виникнення уражаючих факторів аварії описували розподілом Пуассона [10]:

$$KF(r,t) = \exp(-\lambda \Delta t) \sum_{k=1}^{\infty} (\lambda \Delta t)^k / k!, \quad (8)$$

де λ – інтенсивність виникнення уражаючого фактору аварії; Δt – проміжок часу, за який виникає k -та небезпечна обстановка.

У табл. 3 наведені вихідні дані для розрахунку ймовірності настання НВ.

Таблиця 3

Дані для розрахунку ймовірності НВ випадку

Вихідна подія	Оптимістична оцінка	Консервативна оцінка
F(PΦ)	0,7 – 0,95	1,0
F(ОДУ)	$3 \times 10^{-5} - 10^{-3}$	10^{-3}
F(ОЗ)	$0,1 - 10^{-2}$	0,1
F(P)	5×10^{-2}	$0,1^{-1}$

Розраховані значення ймовірності настання НВ при різних категоріях аварій за формулами (1) – (8) і даним табл. 3, 4 наведені в табл. 4.

Таблиця 4

Розрахунки ймовірності настання НВ при різноманітних аваріях

Уражаючий фактор аварії	Ймовірність настання нещасного випадку	
	Оптимістичні величини	Консервативні величини
Теплове випромінювання	2×10^{-2}	$4,5 \times 10^{-1}$
Ударна хвиля	4×10^{-3}	$2,2 \times 10^{-2}$
Обвалення будівельних конструкцій	1×10^{-6}	$1,7 \times 10^{-5}$
Ураження електричним струмом	3×10^{-2}	2×10^{-2}
Падіння з висоти	9×10^{-2}	4×10^{-2}
Токсичний вплив газів	2×10^{-2}	1×10^{-1}
Осколки	9×10^{-3}	2×10^{-3}

Нехай ϵ з конкуруючих незалежних причин прояву події НВ, тоді ризик ураження можна описати наступним співвідношенням:

$$R(t) = \sum_{l=1}^L R(t)_l \cdot \sum_{l=1}^L \int_0^t h(t)_l \cdot \prod_{j=1}^J F[HC(\phi)] d\phi, \quad (9)$$

де $R(t)$ – повний ризик НВ; $R(t)_l$ – ризик виробничого травматизму від l -ої причини аварії; $h(t)_l$ – середня щільність розподілу НВ у часі t від l -ї причини аварії.

З формули (10) слідує, що ризик НВ характеризує внесок певної причини аварії у формуванні травмонезбезпечної ситуації і є безрозмірною величиною.

У табл. 5 наведена розрахункова оцінка ступеню ризику травмування військовослужбовця при аварії різної категорії.

Таблиця 5

Оцінка ступеню ризику травмування військовослужбовця при аварії різної категорії

Категорія небезпеки робіт	Категорії небезпеки	
	Ризик травмування, чол./рік	Ризик смертельного травматизму, чол./рік
Безпечна	$R \leq 10^{-3}$	$R \leq 10^{-4}$
Відносно безпечна	$5 \times 10^{-3} < R \leq 5 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-4} < R \leq 5 \times 10^{-3}$
Небезпечна	$5 \times 10^{-2} < R \leq 5 \times 10^{-1}$	$5 \times 10^{-3} < R \leq 5 \times 10^{-2}$
Особливо небезпечна	$R > 5 \times 10^{-1}$	$R > 5 \times 10^{-2}$

Ризик НВ в результаті аварії можна зменшити шляхом грошових витрат на забезпечення безпечних умов праці. На рис. 4 наведений графік визначення припустимого ризику для військовослужбовця у випадку професійної поведінки при виконанні аварійно-рятувальних робіт з локалізації і ліквідації аварії на складах БП.

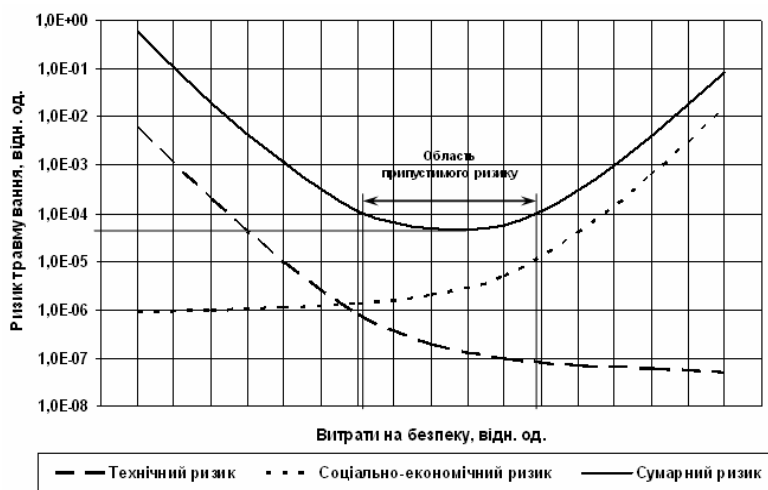


Рис. 4. Графік визначення ймовірності виникнення НВ для військовослужбовця при аварії на складах БП

У розрахунку ризику травмування враховували витрати на забезпечення безпеки і значення технічного і соціально-економічного ризику. Існують оптимальні витрати для забезпечення безпечних умов праці, коли ризик травмування мінімальний.

Розмір страхової ставки військовослужбовця від НВ можна виразити наступним чином:

$$C = Q + P + R, \quad (10)$$

де Q – величина матеріального ризику; P – прибуток страхової компанії; R – витрати страхової компанії.

Тут
$$Q = \sum_{i=1}^M q_i S_i, \quad (11)$$

де M – кількість гілок дерева подій, що описують різноманітні сценарії розвитку аварії; q_i – ймовірність нанесення здоров'ю військово-службовця збитку при реалізації i-ї гілки дерева подій; S_i – розмір збитку здоров'ю військовослужбовця при реалізації i-ї гілки дерева подій.

Тут
$$S_i = S_{\Pi} + S_K + S_{\Sigma}, \quad (12)$$

де S_{Π} і S_K – прямий та непрямий збиток (на лікуван-

ня, відновлення здоров'я, працездатності тощо); S_{Σ} – сума штрафів і виплат у страховий фонд.

У табл. 6 представлені розраховані за формулою (10) ставки страхування військовослужбовця при вибуху і пожежі на складі БП.

Таблиця 6

Ставка страхування військовослужбовця при аварії на складі БП

Тип аварії	Імовірність ураження військово-службовців	Розмір матеріальних втрат на одного потерпілого, грн. на рік
Пожежа	0,06	1450
Одиночний вибух	0,12	1790
Масовий вибух	0,75	2100

Слід зазначити, що розрахунок носить консервативний характер. Тому у кожному окремому випадку треба враховувати реальні умови, параметри аварії, наявність уражаючих факторів аварії, зони ураження та ін.

Висновки

Таким чином, вплив небезпечних і шкідливих факторів, а також психофізичних аспектів при аварії на складі БП формує у військовослужбовців екстремальні умови праці: високий рівень ризику втрати здоров'я, власного життя або одержання травми. Робота в таких умовах приводить до виникнення різних захворювань, травм і іншим небажаним психологічним наслідкам, що негативно впливають на боєздатність підрозділів МО. Необхідні подальші дослідження у галузі соціальної захищеності і розробки інформаційної бази даних про НВ з урахуванням накопиченого досвіду.

Запропонована методика визначення ризику травмування військовослужбовця і оцінки можливої шкоди при вибуху і пожежі на складах БП дозволить оцінювати аварійні ситуації та пов'язані з ними небезпечні і шкідливі фактори аварії та шляхи їх впливу в екстремальних умовах, може бути використана для оперативного керування охороною праці та безпекою праці. Простота інженерних розрахунків при моделюванні причин і умов виникнення виробничого травматизму і оцінки збитків при аварії на складах БП дає можливість користуватися нею для оцінки ризику ураження і збитків при аваріях на інших об'єктах підвищеної небезпеки, а також для атестації робочих місць за умовами праці та страхування від НВ.

Список літератури

1. Черногор Л.Ф. Взрывы боеприпасов на военных базах – источник экологических катастроф в Украине // *Екологія і ресурси.* – 2004. – Вип. 10. – С. 55-67.

2. Токаревський В.В., Азаров С.І., Сорокин Г.А., Сидоренко В.Л. Аварии на взрывопожароопасных объектах и моделирование их экологических последствий // *Екологія і ресурси*. – К.: 2005, ПНБ. – № 11. – С. 59-72.
3. Маніна Л.І., Сударін М.В. Основні напрямки зменшення витрат особового складу // *Вісник ННДІОП*. – К.: 2006. – № 17. – С. 20-22.
4. Про грубі порушення вимог пожежної безпеки у Збройних силах України та заходи щодо їх усунення // *Наказ Міністерства оборони України від 26 грудня 2002 р. № 432*. – К.: МО України, 2002. – 4 с.
5. Азаров С.І., Святун О.В., Сидоренко В.Л., Токаревський В.В. Оцінка хімічного забруднення довкілля в результаті аварії на складі боєприпасів у с. Новобогданівка Мелітопольського району Запорізької області (06.05.2004 р.) // *Гігієна населених місць*. – К.: Полімед, 2005. – Вип. 46. – С. 186-190.
6. Сидоренко В.Л., Азаров С.І. Моделювання формування забруднення території при аварії на складі боєприпасів // *Проблеми пожежної безпеки*. – Х.: Фолио, 2005. – Вип. 18. – С. 141-148.
7. Сидоренко В.Л., Паламарчук В.І., Азаров С.І. Забруднення повітря і ризик ураження рятувальників в умовах аварії на складі боєприпасів. // *Український журнал з проблем медицини праці*. – 2005. – Вип. 3-4. – С. 35-38.
8. Сидоренко В.Л., Азаров С.І. Аналіз уражаючих факторів при аварії на артскладах // *Системи обробки інформації*. –Х.: ХУПС, 2006. – Вип. 8 (57). – С. 100-105.
9. Азаров С.І. Оценка опасности сочетанного действия техногенных факторов при авариях // *Гігієна праці*. – К.: ІПП, 2000. – № 31. – С. 110-114.
10. Сидоренко В.Л., Азаров С.І. Розрахунок умовної ймовірності виникнення травми при ліквідації аварії на артскладах // *Проблеми охорони праці в Україні*. – 2006. – Вип. 12. – С. 43-53.
11. Азаров С.І., Святун О.В. Анализ условной вероятности возникновения производственных травм при авариях // *Гігієна праці*. – К.: ІПП, 2004, № 35. – С. 129-138.
12. Азаров С.І., Перімов Р.В. Математична модель оцінки ризику травмування // *Вісник НТУУ "КПІ". Сер. "Гірництво"*. – К.: НТУУ "КПІ"2004, № 10. – С. 128-132.

Надійшла до редколегії 12.10.2007

Рецензент: канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співр. В.І. Гранцев, Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ.