

# Зв'язок, радіотехніка, радіолокація, акустика та навігація

УДК 623.618.5

DOI: 10.30748/zhups.2018.58.07

Д.М. Запара, М.Б. Бровко, В.В. Старцев, Р.Ю. Кушпета, М.В. Дудко

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків*

## ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЦЕДУРИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ОБТ ВІД ВПЛИВУ ОСКОЛКОВОЇ ДІЇ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ В ПЕРСПЕКТИВНУ АСУ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНИМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ

*В статті розглядаються питання удосконалення інформаційного забезпечення перспективної автоматизованої системи управління матеріально-технічним забезпеченням шляхом формування процедури прогнозування очікуваних пошкоджень зразків озброєння та військової техніки (ОВТ) зенітних ракетних військ (ЗРВ) безпосередньо від впливу осколкової дії засобів ураження. Якісним показником прогнозування рівня пошкоджень зразка ОБТ ЗРВ обрана ознака ступеню його пошкодження, в якості критерію визначення ступеню пошкодження зразка ОБТ ЗРВ від впливу осколкової дії засобів ураження обрана кількість засобів ураження, які влучили. Проведений розрахунок імовірності отримання пошкодження структурним елементом зразка ОБТ ЗРВ від осколкової дії засобів ураження з урахуванням інженерного обладнання позиції.*

**Ключові слова:** матеріально-технічне забезпечення, засоби ураження, зразок озброєння та військової техніки, пошкодження, структурний елемент, осколкова дія, площинне ураження, прицільне ураження.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Досвід локальних війн і збройних конфліктів сучасності показує, що основною відмінністю їх від усіх попередніх, в першу чергу, є значне зростання обсягів застосування автоматизованих систем управління (АСУ) військами та зброєю для досягнення мети. Саме інформаційна складова військових конфліктів є найбільш динамічним і значущим чинником, який змінює форми, способи і принципи бойового застосування військ (сил), підходи до оцінювання ситуацій і ухвалення рішень, що дозволяє скоротити цикл управління військами і підвищити ефективність їх застосування при використанні перспективних методів обробки даних під час планування та організації матеріально-технічного забезпечення (МТЗ) військ (сил) [1].

Керівний склад (особи, що приймають рішення (ОПР)) органів військового управління при управлінні силами і засобами вирішують значну кількість задач. Серед усієї сукупності задач окремо визначені задачі управління МТЗ військових частин ЗРВ. Для їх вирішення необхідне виконання комплексу заходів з технічного діагностування радіоелектронних систем зразків зенітного ракетного озброєння [2]. Складність обробки отриманих даних пов'язана з їх великим обсягом, наявністю кількісних і якісних даних, що характеризуються різними видами невизначеності [2]. Наявність нелінійного характеру залежності вхідних і вихідних даних вимагають використання складного математичного апарату для

отримання обґрунтованих оцінок стану зразків зенітного ракетного озброєння при прийнятті рішень.

Для ефективного вирішення цих задач перспективним є використання АСУ. При цьому існуючі АСУ мають обмеження за типами задач, що вирішуються, типами даних, обсягами інформації, що може бути оброблена ними в обмежені проміжки часу [3].

Необхідність вирішення задач планування МТЗ на підставі результатів оцінки та прогнозування технічних показників експлуатаційних властивостей радіоелектронних систем зенітного ракетного озброєння потребує використання інтелектуальних методів обробки даних та вирішення задач прогнозування [2]. Крім того, для реалізації заходів МТЗ в сучасних умовах ведення збройної боротьби особливого значення набуває своєчасне отримання коректних прогнозів щодо технічного стану зразків ОБТ. Виважені прогнози пошкодження зразків ОБТ ЗРВ дозволятимуть оцінювати обсяги заходів щодо відновлення їх бойової готовності.

Таким чином, наведені обставини висувають підвищені вимоги до способів обробки, зберігання та маніпулювання знаннями та даними в АСУ, а задача розробки методичних підходів щодо отримання прогнозів пошкодження зразків ОБТ ЗРВ внаслідок застосування противником широкого спектру засобів ураження з метою удосконалення інформаційного забезпечення є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз літератури [4–8] свідчить, що основна увага авторів приділяється питанню оцінки ефективності

дій підрозділів ЗРВ. Зокрема, в [4] наведена методика визначення ймовірностей бойових пошкоджень зразків ОВТ ЗРВ в умовах використання противником як ядерної, так і звичайної зброї. В основу даної методики покладено аналітичну модель процесу пошкодження зразків ОВТ ЗРВ боєприпасами повітряного противника, яка побудована з використанням координатного закону ураження зразка ОВТ, коли випадкові точки падіння боєприпасів задаються у відносних координатах і після підриву кожного з боєприпасів визначаються ймовірності можливих станів об'єктів. При цьому процес поразки вважається таким, що розвивається стрибкоподібно в послідовні моменти часу влучення боєприпасів в ціль, тобто так, як він природньо і спостерігається.

В роботі [5] представлена методика визначення очікуваного складу пошкоджених комплектуючих деталей апаратури та обладнання радіолокаційних засобів від дії авіаційних бомб та керованих ракет осколково-фугасного типу. В основі методики покладено імітаційну модель процесу нанесення бойових пошкоджень апаратурі зразка ОВТ ЗРВ. Оцінка ймовірності бойового пошкодження складових частин зразка ОВТ в [5] не проводиться.

Проведений аналіз показує, що пошкодження прогноуються окремо від задач їх подальшого усунення, зразок ОВТ ЗРВ розглядається як цілісний об'єкт з деякою опосередкованою вразливістю, в якості засобів ураження, як правило, розглядаються авіаційні засоби ураження.

У роботах [9–10] обґрунтований підхід щодо прогнозування очікуваних пошкоджень ОВТ від впливу ударної дії засобів ураження та розглянуті питання удосконалення інформаційного забезпечення перспективної АСУ МТЗ шляхом формування процедури прогнозування очікуваних пошкоджень зразка ОВТ ЗРВ безпосередньо від впливу фугасної дії засобу ураження.

Для впровадження процедури прогнозування пошкоджень ОВТ ЗРВ в перспективну АСУ МТЗ необхідно врахувати весь спектр дії засобів ураження на зразок ОВТ. Таким чином стає актуальним питання прогнозування пошкоджень ОВТ від впливу осколкової дії засобів ураження та формалізація опису цієї процедури у перспективній АСУ МТЗ.

**Мета статті:** удосконалення інформаційного забезпечення перспективної автоматизованої системи управління МТЗ шляхом формування процедури прогнозування очікуваних пошкоджень зразків ОВТ ЗРВ від впливу осколкової дії засобів ураження.

## Викладення основного матеріалу

Під час ведення бойових дій вплив засобу ураження на зразок ОВТ ЗРВ визначається способом його бойового застосування, конструкцією засобу ураження, характеристиками, які визначають руйні-

вну дію, та, в залежності від можливостей і термінів відновлення ОВТ силами і засобами ремонтно-відновлювальних органів, призводить до різних ступенів пошкоджень.

Дія осколкових та осколково-фугасних засобів ураження на ОВТ [7] характеризується щільністю потоку осколків  $\lambda_{\text{оск}}$ , що приходиться на одиницю площі поверхні структурного елемента зразка ОВТ ЗРВ, і величиною радіусу пошкоджень ОВТ осколками.

Радіус пошкоджень ОВТ осколками  $R_o(m)$  – це відстань між точкою вибуху засобу ураження і структурним елементом зразка ОВТ ЗРВ, на якій в нього попадає  $m$  осколків. Величина цього радіусу визначається за формулою:

$$R_o(m) = \sqrt{\frac{0,364(1 - K_{\text{осл.од}}) N_{\text{оск}} S_6}{\pi m}}, \quad (1)$$

де  $\pi = 3,14$ ;

$N_{\text{оск}}$  – кількість осколків, що утворюється внаслідок вибуху засобу ураження даного типу;

$S_6$  – площа бокової поверхні структурного елемента зразка ОВТ ЗРВ, в яку попадають  $m$  осколків.

Поправочний коефіцієнт 0,364 у співвідношенні (1) враховує те, що:

– приблизно 52 % осколків після підриву бойової частини засобу ураження матимуть необхідні масогабаритні характеристики для нанесення пошкоджень структурному елементу зразка ОВТ ЗРВ;

– розліт приблизно 70% осколків після підриву бойової частини засобу ураження орієнтований в напрямку, близькому перпендикуляру до вісі засобу ураження (інші осколки або продовжують рух в напрямку польоту засобу ураження, або розлітаються в протилежний бік, тобто не братимуть участь в ураженні ОВТ саме осколковою дією).

Кількість осколків  $N_{\text{оск}}$ , що утворюється внаслідок вибуху засобу ураження конкретного типу, визначається за формулою:

$$N_{\text{оск}} = \frac{G_{\text{зв}}(1 - \alpha_{\text{вр}})}{1,27 G_{\text{оск}}}, \quad (2)$$

де  $G_{\text{зв}}$  – вага засобу ураження;

$\alpha_{\text{вр}}$  – коефіцієнт заповнення об'єму засобу ураження вибуховою речовиною;

$G_{\text{оск}}$  – вага осколку.

Вплив осколкової дії засобів прицільного ураження зменшується за рахунок інженерного обладнання позицій. Величина зменшення цього впливу характеризується коефіцієнтом ослаблення осколкової дії  $K_{\text{осл.од}}$ , який розраховується за формулою:

$$K_{\text{осл.од}} = \begin{cases} K_{\text{зах}}, & \text{якщо } L_{\text{зах}} \geq L_{\text{прон.од}}; \\ \frac{K_{\text{зах}} L_{\text{зах}}}{L_{\text{прон.од}}}, & \text{якщо } L_{\text{зах}} < L_{\text{прон.од}}; \end{cases} \quad (3)$$

де  $L_{\text{прон.од}}$  – глибина проникнення осколків засобу прицільного ураження в захисну перешкоду, яка розраховується за формулою:

$$L_{\text{прон.од}} = \frac{K_{\text{прон}} G_{\text{оск}} V_{\text{оск}}}{D_{\text{оск}}^2}, \quad (4)$$

де  $G_{\text{оск}}$  – вага одного осколку;

$V_{\text{оск}}$  – швидкість осколків;

$D_{\text{оск}}$  – діаметр осколків;

$K_{\text{прон}}$  – коефіцієнт податливості проникненню матеріалу захисної споруди.

Швидкість осколків  $V_{\text{оск}}$  визначається за формулою:

$$V_{\text{оск}} = \frac{V_d}{2} \sqrt{\frac{\alpha_{\text{вр}}}{2 - 0,75\alpha_{\text{вр}}}}, \quad (5)$$

де  $V_d$  – швидкість детонації вибухової речовини.

Площа бокової поверхні  $S_6$  структурного елемента зразка ОБТ ЗРВ, в яку попадають осколки засобу ураження розраховується з урахуванням того, що цей елемент апроксимується півсферою з приведеним радіусом  $R_n$ , а площа бокової поверхні дорівнює площі вертикального перетину цієї півсфери, який проходить через її центр. Співвідношення для визначення величин  $R_n$  та  $S_6$  мають вигляд:

$$R_n = \sqrt{\frac{S_{\text{пов}}}{2\pi}}; \quad (6)$$

$$S_6 = \frac{\pi R_n^2}{2}, \quad (7)$$

де  $S_{\text{пов}}$  – площа поверхні структурного елемента засобу ЗРК, яка розраховується як сума площин зовнішніх поверхонь відповідного структурного елемента зразка ОБТ ЗРВ.

Величини кількості осколків  $m$  для різних ступенів пошкодження ОБТ наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Кількість осколків, яка призводить до отримання пошкоджень

Умовне позначення	Ступінь пошкоджень ОБТ ЗРВ	Тип структурного елемента зразка ОБТ ЗРВ			
		антенні пристрої	високочастотна апаратура зенітні керовані ракети	низькочастотна апаратура	Самохідне шасі (засіб рухомості)
$m_{\text{сп}}$	Слабкі пошкодження	2	5	10	20
$m_{\text{сєрп}}$	Середні пошкодження	50	70	100	140
$m_{\text{сп}}$	Сильні пошкодження	120	150	200	300
$m_{\text{пр}}$	Повне руйнування	200	250	300	450

Наведені в табл. 1 величини є орієнтовними та можуть бути скореговані за результатами бойових дій або натурних випробувань.

Ймовірність пошкоджень зразка ОБТ ЗРВ  $P_n(m)$  при попаданні в нього  $m$  осколків визначається за формулою:

$$P_n(m) = 1 - \exp[-m \cdot p(1)], \quad (8)$$

де  $p(1) = 0,0165$  – середнє значення ймовірності пошкодження зразка ОБТ при попаданні в нього одного осколка.

Після підставлення величин кількості осколків для різних ступенів пошкоджень у співвідношення (1) отримуються відповідні величини радіусів пошкоджень ОБТ  $R_{\text{о.пр}}$ ;  $R_{\text{о.сп}}$ ;  $R_{\text{о.сєрп}}$ ;  $R_{\text{о.сп}}$  осколками:

$$R_{\text{о.пр}} = R_o(m_{\text{пр}}) = \sqrt{\frac{0,364(1 - K_{\text{осл.од}}) N_{\text{оск}} S_6}{\pi m_{\text{пр}}}}; \quad (9)$$

$$R_{\text{о.сп}} = R_o(m_{\text{сп}}) = \sqrt{\frac{0,364(1 - K_{\text{осл.од}}) N_{\text{оск}} S_6}{\pi m_{\text{сп}}}}; \quad (10)$$

$$R_{\text{о.сєрп}} = R_o(m_{\text{сєрп}}) = \sqrt{\frac{0,364(1 - K_{\text{осл.од}}) N_{\text{оск}} S_6}{\pi m_{\text{сєрп}}}}; \quad (11)$$

$$R_{\text{о.сп}} = R_o(m_{\text{сп}}) = \sqrt{\frac{0,364(1 - K_{\text{осл.од}}) N_{\text{оск}} S_6}{\pi m_{\text{сп}}}}. \quad (12)$$

Ймовірність повного руйнування елемента зразка ОБТ від осколкової дії  $P_{\text{од.пр}}(K, R_{\text{од.пр}})$  засобів прицільного ураження даного типу в кількості  $K$  визначається за формулою:

$$P_{\text{од.пр}}(K, R_{\text{од.пр}}) = \left[ 1 - \exp \left[ -\rho^2 \left( \frac{R_{\text{од.пр}}}{E} \right)^2 K \right] \right] \cdot P_{\text{п}}(m_{\text{пр}}), \quad (13)$$

де  $R_{\text{од.пр}}$  – радіус зони повного руйнування структурного елементу зразка ОБТ ЗРВ осколковою дією засобу прицільного ураження, який, в свою чергу,

$$P_{\text{од.сп}}(K, R_{\text{од.сп}}) = \left[ \exp \left[ -\rho^2 \left( \frac{R_{\text{од.пр}}}{E} \right)^2 K \right] - \exp \left[ -\rho^2 \left( \frac{R_{\text{од.сп}}}{E} \right)^2 K \right] \right] \times [P_{\text{п}}(m_{\text{пр}}) - P_{\text{п}}(m_{\text{сп}})], \quad (15)$$

де  $R_{\text{од.сп}}$  – радіус зони сильних пошкоджень структурного елементу зразка ОБТ ЗРВ осколковою дією, який, в свою чергу, визначається за формулою:

$$R_{\text{од.сп}} = R_{\text{од.пр}} + R_{\text{о.сп}}. \quad (16)$$

$$P_{\text{од.сєрп}}(K, R_{\text{од.сєрп}}) = \left[ \exp \left[ -\rho^2 \left( \frac{R_{\text{од.сп}}}{E} \right)^2 K \right] - \exp \left[ -\rho^2 \left( \frac{R_{\text{од.сєрп}}}{E} \right)^2 K \right] \right] \times [P_{\text{п}}(m_{\text{сп}}) - P_{\text{п}}(m_{\text{сєрп}})], \quad (17)$$

де  $R_{\text{од.сєрп}}$  – радіус зони середніх пошкоджень структурного елементу зразка ОБТ ЗРВ осколковою дією, який, в свою чергу, визначається за формулою:

$$R_{\text{од.сєрп}} = R_{\text{од.сп}} + R_{\text{о.сєрп}}. \quad (18)$$

$$P_{\text{од.слп}}(K, R_{\text{од.слп}}) = \left[ \exp \left[ -\rho^2 \left( \frac{R_{\text{од.сєрп}}}{E} \right)^2 K \right] - \exp \left[ -\rho^2 \left( \frac{R_{\text{од.слп}}}{E} \right)^2 K \right] \right] \times [P_{\text{п}}(m_{\text{сєрп}}) - P_{\text{п}}(m_{\text{слп}})], \quad (19)$$

де  $R_{\text{од.слп}}$  – радіус зони слабких пошкоджень структурного елементу зразка ОБТ ЗРВ осколковою дією, який, в свою чергу, визначається за формулою:

$$R_{\text{од.слп}} = R_{\text{од.сєрп}} + R_{\text{о.слп}}. \quad (20)$$

Дія осколкових та осколково-фугасних засобів площинного ураження на ОБТ характеризується так само, як і для засобів прицільного ураження щільністю потоку осколків  $\lambda_{\text{оск}}$ , що приходиться на одиницю площі поверхні структурного елементу зразка ОБТ ЗРВ, і величиною радіусу пошкоджень ОБТ осколками. Вплив осколкової дії засобів площинного ураження зменшується за рахунок інженерного обладнання позицій. Величина зменшення цього впливу характеризуються коефіцієнтом ослаблення осколкової дії  $K_{\text{осл.од}}$ , порядок розрахунку якого аналогічний наведеному для засобів прицільного ураження.

Величини кількості осколків  $m$  для різних ступенів пошкодження ОБТ, порядок розрахунків кількості осколків  $N_{\text{оск}}$ , що утворюється в результаті вибуху засобу площинного ураження, площі бокової поверхні структурного елементу засобу ЗРК,

визначається за формулою:

$$R_{\text{од.пр}} = R_{\text{п}} + R_{\text{о.пр}}. \quad (14)$$

Ймовірність отримання сильних пошкоджень структурного елементу зразка ОБТ ЗРВ від осколкової дії  $P_{\text{од.сп}}(K, R_{\text{од.сп}})$  засобів прицільного ураження даного типу в кількості  $K$  визначається за формулою:

Ймовірність отримання середніх пошкоджень структурного елементу зразка ОБТ ЗРВ від осколкової дії  $P_{\text{од.сєрп}}(K, R_{\text{од.сєрп}})$  засобів прицільного ураження даного типу в кількості  $K$  визначається за формулою:

Ймовірність отримання слабких пошкоджень структурного елементу зразка ОБТ ЗРВ від осколкової дії  $P_{\text{од.слп}}(K, R_{\text{од.слп}})$  засобів прицільного ураження даного типу в кількості  $K$  визначається за формулою:

імовірності пошкодження зразка ОБТ ЗРВ  $P_{\text{п}}(m)$  при попаданні в нього  $m$  осколків та радіусів пошкоджень ОБТ  $R_{\text{о.пр}}$ ;  $R_{\text{о.сп}}$ ;  $R_{\text{о.сєрп}}$ ;  $R_{\text{о.слп}}$  осколками аналогічні наведеним вище для засобів прицільного ураження (співвідношення 2–12).

Ймовірність повного руйнування структурного елементу зразка ОБТ ЗРВ від осколкової дії  $P_{\text{од.пр}}^{\text{пл}}(K, R_{\text{од.пр}})$  засобів ураження даного типу в кількості  $K$  визначається за формулою:

$$P_{\text{од.пр}}^{\text{пл}}(K, R_{\text{од.пр}}) = \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\pi R_{\text{од.пр}}^2}{S_{\text{роз}}} \right)^K \right] P_{\text{п}}(m_{\text{пр}}). \quad (21)$$

Радіус зони повного руйнування  $R_{\text{од.пр}}$  структурного елементу зразка ОБТ ЗРВ осколковою дією засобу площинного ураження, який, в свою чергу, визначається за формулою (9). Ймовірність отримання сильних пошкоджень структурного елементу зразка ОБТ ЗРВ від осколкової дії  $P_{\text{од.сп}}^{\text{пл}}(K, R_{\text{од.сп}})$  засобів площинного ураження даного типу в кількості  $K$  визначається за формулою:

$$P_{\text{од.сп}}^{\text{пл}}(K, R_{\text{од.сп}}) = \left[ \left( 1 - \frac{\pi R_{\text{од.сп}}^2}{S_{\text{роз}}} \right)^K - \left( 1 - \frac{\pi R_{\text{од.сп}}^2}{S_{\text{роз}}} \right)^K \right] \times [P_{\text{п}}(m_{\text{пр}}) - P_{\text{п}}(m_{\text{сп}})]. \quad (22)$$

Радіус зони сильних пошкоджень  $R_{\text{од.сп}}$  структурного елементу засобу ЗРК осколковою дією визначається за формулою (10).

Ймовірність отримання середніх пошкоджень

$$P_{\text{од.сєрп}}^{\text{пл}}(K, R_{\text{од.сєрп}}) = \left[ \left( 1 - \frac{\pi R_{\text{од.сєрп}}^2}{S_{\text{роз}}} \right)^K - \left( 1 - \frac{\pi R_{\text{од.сєрп}}^2}{S_{\text{роз}}} \right)^K \right] \times [P_{\text{п}}(m_{\text{сп}}) - P_{\text{п}}(m_{\text{сєрп}})]. \quad (23)$$

Радіус зони середніх пошкоджень  $R_{\text{од.сєрп}}$  структурного елементу засобу ЗРК осколковою дією визначається за формулою (10).

Ймовірність отримання слабких пошкоджень

$$P_{\text{од.слп}}^{\text{пл}}(K, R_{\text{од.слп}}) = \left[ \left( 1 - \frac{\pi R_{\text{од.слп}}^2}{S_{\text{роз}}} \right)^K - \left( 1 - \frac{\pi R_{\text{од.слп}}^2}{S_{\text{роз}}} \right)^K \right] \times [P_{\text{п}}(m_{\text{сєрп}}) - P_{\text{п}}(m_{\text{слп}})]. \quad (24)$$

Радіус зони слабких пошкоджень  $R_{\text{од.слп}}$  структурного елементу засобу ЗРК осколковою дією визначається за формулою (11).

## Висновки

Таким чином, запропонований підхід до прогнозування пошкоджень зразків ОБТ ЗРВ внаслідок осколкової дії засобів ураження противника дозволяє проводити розрахунки імовірності отримання

структурного елементу зразка ОБТ ЗРВ від осколкової дії  $P_{\text{од.сєрп}}^{\text{пл}}(K, R_{\text{од.сєрп}})$  засобів площинного ураження даного типу в кількості  $K$  визначається за формулою:

структурного елементу зразка ОБТ ЗРВ від осколкової дії  $P_{\text{од.слп}}^{\text{пл}}(K, R_{\text{од.слп}})$  засобів площинного ураження даного типу в кількості  $K$  визначається за формулою:

пошкоджень з урахуванням інженерного обладнання позиції зразка озброєння.

Реалізація запропонованого підходу у вигляді інформаційно-розрахункових задач в АСУ дозволить ОПР в органах управління МТЗ ЗРВ отримувати коректні результати розрахунків щодо очікуваних втрат ОБТ ЗРВ внаслідок застосуванням противником засобів ураження осколкової дії з характеристикою ступеню пошкоджень складових зразків ОБТ.

## Список літератури

1. Ярош С.П. Теоретичні основи побудови та застосування розвідувально-управляючих інформаційних систем протиповітряної оборони: монографія / С.П. Ярош; за ред. І.О. Кириченко. – Х.: ХУПС, 2012. – 512 с.
2. Опенько П.В. Перспективи розвитку системи технічного забезпечення зенітних ракетних військ / П.В. Опенько, А.В. Крижний, П.А. Дранник // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем. – 2015. – Вип. 10. – С. 148-157.
3. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень: теорія, синтез, ефективність / В.О. Тарасов, Б.М. Герасимов, І.О. Левін, В.О. Корнійчук. – К.: МАКНС, 2007. – 336 с.
4. Гребенников Н.Д. Восстановление вооружения и боевой техники ЗРВ ПВО страны / Н.Д. Гребенников. – Минск: МВИЗРУ, 1972. – 240 с.
5. Ковтуненко А.П. Восстановление эксплуатационных свойств радиоэлектронных систем / А.П. Ковтуненко, В.Н. Козлов, Ю.М. Россинский. – М.: МО, 1980. – 257 с.
6. Ковтуненко А.П. Основы теории восстановления эксплуатационных свойств технических систем: моногр. / А.П. Ковтуненко, М.А. Шишанов, В.В. Зубарев. – К.: Книжкове видавництво НАУ, 2007. – 301 с.
7. Петухов С.И. Эффективность ракетных средств ПВО / С.И. Петухов, А.Н. Степанов. – М.: Воениздат, 1976. – 73 с.
8. Кириченко В.Д. Совершенствования системы восстановления вооружения и военной техники войскового ПВО с учетом особенностей боевых действий / В.Д. Кириченко, А.Г. Лузан, А.Г. Малахов // Военная радиоэлектроника. – 1986. – № 5(440). – С. 160-167.
9. Удосконалення підходів щодо прогнозування пошкоджень озброєння та військової техніки зенітних ракетних військ від впливу ударної дії засобу ураження / Д.М. Запара, М.Б. Бровко, В.В. Старцев, С.А. Бортновський // Системи озброєння і військова техніка. – 2018. – № 1(53). – С. 20-24. <https://doi.org/10.30748/soivt.2018.53.02>.
10. Формалізація процедури прогнозування пошкоджень озброєння та військової техніки зенітних ракетних військ в перспективній автоматизованій системі управління матеріально-технічним забезпеченням / Д.М. Запара, М.Б. Бровко, С.А. Бортновський, П.В. Опенько // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2018. – Вип. 1(31). – С. 31-36.

11. Физика взрыва: в 2 т. / [С.Г. Андреев, А.В. Бабкин, Ф.А. Баум и др.]; под ред. Л.П. Орленко. – М.: Физматлит, 2002. – Т. 1. – 832 с.
12. Методика прогнозирования потерь и повреждений вооружения ЗРВ в боевых действиях с применением обычных средств поражения // Информационный сборник Войск противовоздушной обороны. – 1984. – № 3/175. – 45 с.
13. Пусев В.И. О физическом моделировании деформирования и разрушения конструкций при действии ударных и взрывных нагрузок / В.И. Пусев // Вестник Нижегородского университета им. Н.Н. Лобачевского. – 2011. – № 4, Ч. 4. – С. 1722-1724.

## References

1. Yarosh, S.P. (2012), "Teoretychni osnovy yggdggdd pobudovy ta zastosuvannya rozvidualno-upravlyayuchykh informacijnyx system protypovitryanoi oborony" [Theoretical foundations of the construction and application of intelligence-control information systems of air defense], KNAFU, Kharkiv, 512 p.
2. Openko, P.V., Kryzhnyj, A.V. and Drannyk, P.A. (2015), "Perspektyvy rozvytku systemy tekhnichnogo zabezpechennya zenitnykh raketnykh vijsk" [Prospects for the development of the technical support system for anti-aircraft missile troops], *Problems of creation, testing, application and operation of complex information systems*, Vol. 10, pp. 148-157.
3. Tarasov, V.O., Gerasymov, B.M., Levin, I.O. and Kornijchuk, V.O. (2007), "Intelektualni systemy pidtrymky pryjnyattya rishen: teoriya, syntez, efektyvnist" [Intelligent decision support systems: theory, synthesis, and effectiveness], MAKNS, Kyiv, 336 p.
4. Hrebennykov, N.D. (1972), "Vosstanovlenye vooruzheniya y boevoi tekhniky ZRV PVO strany" [Restoration of armament and military equipment of anti-aircraft missile troops of Air Defense Forces of the country], MVYZRU, Mynsk, 240 p.
5. Kovtunenکو, A.P., Kozlov, V.N. and Rossinskiy, Yu.M. (1980), "Vosstanovlenie ekspluatatsionnykh svoystv radioelektronnykh sistem" [Restoring the operational properties of radio electronic systems], MD, Moscow, 257 p.
6. Kovtunenکو, A.P., Shishanov, M.A. and Zubarev, V.V. (2007), "Osnovy teorii vosstanovleniya ekspluatatsionnykh svoystv tekhnicheskikh sistem" [Fundamentals of the theory of restoration of operational properties of technical systems], NAU, Kyiv, 301 p.
7. Petukhov, S.Y. and Stepanov, A.N. (1976), "Jeffektivnost raketnykh sredstv PVO" [Efficiency of missile air defense systems], Military Publishing, Moscow, 73 p.
8. Kirichenko, V.D., Luzan, A.G. and Malahov, A.G. (1986), "Sovershenstvovaniya sistemiy vosstanovleniya vooruzheniya i voennoy tekhniki voyskovogo PVO s uchetom osobennostey boevykh deystviy" [Improvement of the system for the restoration of armament and military equipment of Army antiaircraft defense into account the characteristics of combat operations], *Military electronics*, Vol. 5(440), pp. 160-167.
9. Zapara, D.M., Brovko, M.B., Startsev, V.V. and Bortnovskiy, S.A. (2018), "Udoskonalennia pidkhodiv shchodo prohnozuvannya poskodzhen ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky zenitnykh raketnykh viisk vid vplyvu udarnoi dii zasobu urazhennia" [Improvement of approaches for forecasting of damage to weapons and military equipment of antiaircraft missile troops from impact of means of destruction], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 1(53), pp. 20-24. <https://doi.org/10.30748/soivt.2018.53.02>.
10. Zapara, D.M., Brovko, M.B., Startsev, V.V., Bortnovskiy, S.A. and Openko, P.V. (2018), "Formalizatsiia protsedury prohnozuvannya poskodzhen ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky zenitnykh raketnykh viisk v perspektyvni avtomatyzovaniy systemi upravlinnia materialno-tekhnichnym zabezpechenniam" [Formalization of the procedure for forecasting damage to armament and military equipment of anti-aircraft missile troops in the perspective automated logistics management system], *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*, No. 1(31), pp. 31-36.
11. Andreev, S.G., Babkin, A.V. and Baum, F.A. (2002), "Fizika vzryiva" [Physics of the explosion], Fizmatlit, Moscow, 832 p.
12. (1984), "Metodika prognozirovaniya poter i povrezhdenij vooruzheniya ZRV v boevykh deystviyah s primeneniem obychnykh sredstv porazheniya" [Methods for predicting the loss and damage of anti-aircraft weapons in combat using conventional means of destruction], *Information collection of the Air Defense Forces*, Voenizdat, Moscow, No. 175, 45 p.
13. Pusev, V.I. (2011), "O fizicheskom modelirovaniy deformatsionnogo i razrusheniya konstrukcij pri deystvii udarnykh i vzryvnykh nagruzok" [About physical modeling of deformation and destruction of structures under the action of shock and explosive loads], *Vestnik of Lobachevsky state university of Nizhni Novgorod*, No. 4(4), pp. 1722-1724.

Надійшла до редколегії 8.10.2018

Схвалена до друку 20.11.2018

### Відомості про авторів:

**Запара Денис Михайлович**  
старший науковий співробітник  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-3949-7555>

### Information about the authors:

**Denys Zapara**  
Senior Research Associate  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-3949-7555>

**Бровко Михайло Борисович**

науковий співробітник  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-3141-4962>

**Mykhailo Brovko**

Research Associate  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-3141-4962>

**Старцев Володимир Вікторович**

науковий співробітник  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-1562-6669>

**Volodymyr Startsev**

Research Associate  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-1562-6669>

**Кушпета Руслан Юрійович**

старший викладач  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-3409-5218>

**Ruslan Kushpeta**

Senior Instructor  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-3409-5218>

**Дудко Марина Валеріївна**

науковий співробітник  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-2010-1779>

**Maryna Dudko**

Research Associate  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-2010-1779>

**ВНЕДРЕНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ВВТ ОТ ВЛИЯНИЯ ОСКОЛОЧНОГО ДЕЙСТВИЯ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ В ПЕРСПЕКТИВНОЙ АСУ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ**

Д.М. Запара, М.Б. Бровко, В.В. Старцев, Р.Ю. Кушпета, М.В. Дудко

*В статье рассматриваются вопросы совершенствования информационного обеспечения перспективной автоматизированной системы управления материально-техническим обеспечением путем формирования процедуры прогнозирования ожидаемых повреждений образцов вооружения и военной техники (ВВТ) зенитных ракетных войск (ЗРВ) непосредственно от воздействия осколочного действия средств поражения. Качественным показателем прогнозирования уровня повреждений образца ВВТ ЗРВ выбран признак степени его повреждений, в качестве критерия определения степени повреждений образца ВВТ ЗРВ от воздействия осколочного действия средств поражения выбрано количество средств поражения, которые поразили. Проведен расчет вероятности получения поврежденной структурным элементом образца ВВТ ЗРВ от осколочного действия средств поражения с учетом инженерного оборудования позиций.*

**Ключевые слова:** материально-техническое обеспечение, средства поражения, образец вооружения и военной техники, повреждения, структурный элемент, осколочное действие, площадное поражение, прицельное поражение.

**IMPLEMENTATION OF THE PROCEDURE FOR FORECASTING DAMAGE TO ARMAMENTS AND MILITARY EQUIPMENT FROM THE INFLUENCE OF THE FRAGMENTATION OF THE MEANS OF DESTRUCTION IN THE PERSPECTIVE AUTOMATED SYSTEM OF MANAGEMENT OF MATERIAL AND TECHNICAL PROVISION**

D. Zapara, M. Brovko, V. Startsev, R. Kushpeta, M. Dudko

*The article deals with the substantiation of approaches to forecasting the expected damage to weapons and military equipment of anti-aircraft missile troops of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine from the fragmented action of the weapon. The main attention is paid to the issue of assessing the effectiveness of the actions of the units of the anti-aircraft missile troops. Damages are predicted separately from the tasks of their further elimination, the armament model is considered as an integral object. As a means of destruction, aircraft weapons are mainly considered. In accordance with the distribution criteria for the results that occur when a single target type hit is hit, all the weapons are divided into groups. A qualitative indicator of the prediction of the level of damages of the armament model of anti-aircraft missile troops specimen is the sign of the degree of its damage. The criterion for determining the degree of damage to an armament model of anti-aircraft missile troops specimen from the fragmented action of the weapon is the number of weapons that have been hit. Calculation of the probability of obtaining damage by a structural element of any of the armament model of anti-aircraft missile troops from the fragmented action of the weapon was carried out taking into account the engineering equipment of the positions. Such an approach allow the control authorities of the technical support of anti-aircraft missile troops to receive correct calculation results for the expected losses of weapons and military equipment of anti-aircraft missile systems as a result of the enemy using weapon an fragmented action is a characteristic of the degree of damage.*

**Keywords:** area of damage, a model of weapons and military equipment, damage, impact, fragmented action, means of destruction, sighting damage, structural element.