

¹Опенько Павло Вікторович (кандидат технічних наук, старший дослідник)

<https://orcid.org/0000-0001-7777-5101>

¹Феськов Олександр Сергійович

<https://orcid.org/0000-0002-6420-6839>

¹Іванов Василь Іванович

<https://orcid.org/0000-0002-1963-1991>

²Кобзєв Владислав Володимирович (кандидат технічних наук, старший дослідник)

<https://orcid.org/0000-0002-0954-8887>

¹Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

²Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНИМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК

Метою статті є удосконалення інформаційного забезпечення перспективної автоматизованої системи управління логістичним забезпеченням шляхом математичного моделювання прогнозування пошкоджень озброєння та військової техніки зенітних ракетних військ від впливу ударної, осколкової та фугасної дії засобів прицільного та площинного ураження на зразок озброєння та військової техніки під час ведення бойових дій. Запропонована математична модель прогнозування пошкоджень озброєння та військової техніки зенітних ракетних військ враховує розподіл на групи всієї сукупності засобів ураження за наслідками, які виникають при влученні одного засобу прицільного ураження конкретного типу та призначена для проведення розрахунків очікуваних пошкоджень озброєння та військової техніки зенітних ракетних військ внаслідок застосування противником усього спектру засобів ураження.

Ключові слова: автоматизована система управління, логістичне забезпечення, засоби ураження, ступені пошкоджень, ударна, фугасна, осколкова дія засобів ураження, зенітний ракетний комплекс.

Вступ

Досвід сучасних локальних війн і збройних конфліктів свідчить про значне зростання обсягів застосування автоматизованих систем управління (АСУ) військами та зброєю для досягнення кінцевої мети, а інформаційне забезпечення військових конфліктів стало 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 логістичного забезпечення (ЛЗ) військ (сил) [1].

Під час ведення бойових дій озброєння та військова техніка (ОВТ) зенітних ракетних військ (ЗРВ) Повітряних Сил (ПС) Збройних Сил (ЗС) України може одержувати пошкодження різного ступеню внаслідок застосування противником широкого спектру засобів ураження різного типу (протирадіолокаційних ракет, керованих і некерованих реактивних снарядів та авіабомб,

безпілотних літальних апаратів, крилатих ракет тощо) як по позиціях зенітних ракетних комплексів, так і по об'єктах, що прикриваються.

Вплив засобу ураження на зразок ОВТ ЗРВ буде визначатись способом його бойового застосування, конструкцією засобу ураження, характеристиками, які визначають руйнівну дію, та, в залежності від можливостей і термінів відновлення ОВТ силами і засобами ремонтно-відновлювальних органів, призводить до різних ступенів пошкоджень ОВТ. За характером руйнівної дії на ОВТ ЗРВ вплив існуючих і перспективних засобів ураження можна розподілити на ударну, фугасну та осколкову дії, інші види впливу за характером руйнівної дії (наприклад кумулятивна) можуть бути зведені до трьох зазначених [2].

При цьому виникає необхідність вирішення задач планування ЛЗ на підставі отриманих результатів оцінки та прогнозування технічних показників експлуатаційних властивостей виробів зенітних ракетних комплексів власного виробництва та отриманих у якості військово-технічної допомоги, яка вимагає використання інтелектуальних методів обробки даних та

вирішення задач прогнозування [3]. Крім того, для реалізації заходів ЛЗ в сучасних умовах ведення збройної боротьби особливого значення набуває своєчасне отримання коректних прогнозів щодо технічного стану зразків ОВТ.

Для вирішення даного завдання, на думку авторів, необхідно більш детальну увагу звернути на математичне моделювання прогнозування пошкоджень ОВТ ЗРВ під час ведення бойових дій (БД).

Матеріали та методи

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню питань відновлення ОВТ присвячена значна кількість робіт, які в тому числі розглядають складові впливу на загальну ефективність відновлення ОВТ родів військ ЗС України. Так, в роботі [4] запропоновано проведення оцінювання можливостей виконання заходів з відновлення ОВТ за участю виїзних груп з їх ремонту за допомогою одноканалної системи масового обслуговування з очікуванням шляхом врахування випадкового характеру виникнення відмов ОВТ, часу знаходження у відповідному ремонтно-відновлювальному органі (РВО) та часу відновлення пошкоджених зразків ОВТ.

Авторами [5] запропонована методика оцінювання ефективності функціонування системи відновлення, яка полягає у отриманні відомості про надійність відновлення ОВТ за номенклатурою у кожній ланці структури системи відновлення, кількості відновлених зразків ОВТ на кожному рівні ієрархії, кількості неохоплених ремонтно-відновлювальними роботами зразків ОВТ у кожній ланці, кількості працездатних зразків ОВТ на кожну добу ведення БД та дозволяє варіювати кількістю ремонтних бригад та їх розподілом за ланками структури.

У роботі [6] запропоновано метод моделювання, який базується на побудові і дослідженні математичної моделі системи забезпечення боєздатності парку ОВТ угруповання військ. Математична модель розроблена з урахуванням усієї можливої сукупності зовнішніх чинників, які впливають на систему, що характерні для умов воєнного часу, а саме чинників, що обумовлюють завдання пошкоджень зразкам ОВТ і різке зростання потреб у елементах комплектів запасних частин, інструментів та приладдя (ЗІП).

У роботі [7] наведена удосконалена методика оцінювання системи відновлення ОВТ окремої механізованої бригади, яка, на відміну від існуючої, враховує миттєву ймовірність та інтенсивність виявлення пошкоджених зразків ОВТ під час виконання завдань з технічної розвідки ОВТ. Зазначена методика також дозволяє визначити виробничі можливості ремонтно-відновлювальних підрозділів з проведення ремонтних робіт на зразках ОВТ з урахуванням середньодобових безповоротних та санітарних втрат особового складу, які можуть виникнути під час ведення БД окремою механізованою бригадою.

У роботі [8] визначені основні положення

методики оцінювання можливостей відновлення ОВТ ПС ЗС України, пошкоджених під час ведення БД, яка призначена для використання органами ЛЗ ПС ЗС України при проведенні оперативно-тактичних та логістичних розрахунків на етапах завчасного, безпосереднього планування та ведення бойових дій.

Окремо питанням впливу засобів ураження на зразок ОВТ ЗРВ присвячені праці [9 - 13]. В роботі [9] наведена методика визначення ймовірностей бойових пошкоджень зразків ОВТ ЗРВ в умовах використання противником ядерної та звичайної зброї. В даній методиці наведена аналітична 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. В даному випадку процес ураження вважається таким, що розвивається стрибкоподібно в послідовні моменти часу влучення боєприпасів в ціль, тобто так, як він природно і спостерігається.

Авторами роботи [10] запропонована 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. При цьому оцінка ймовірності бойового пошкодження складових частин зразка ОВТ в [10] 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 [14-16] проведено обґрунтування підходу щодо прогнозування очікуваних пошкоджень ОВТ від впливу ударної дії засобів ураження, розглянуті питання удосконалення інформаційного забезпечення перспективної автоматизованої системи управління (АСУ) ЛЗ шляхом формування процедури прогнозування очікуваних пошкоджень зразка ОВТ ЗРВ безпосередньо від впливу осколкової та фугасної дії засобу ураження.

У [17] наведені основні положення методики обґрунтування складу та кількості бригад поточного ремонту радіоелектронних засобів парку зенітних ракетних комплексів угруповання ЗРВ, при яких забезпечуються необхідні показники якості поточного ремонту та мінімум витрат на формування та функціонування системи поточного ремонту при освоєнні та подальшій їх експлуатації за технічним станом.

Отже, для впровадження процедури прогнозування пошкоджень ОВТ в перспективну АСУ ЛЗ необхідно врахувати весь спектр дії засобів ураження на зразок ОВТ, а також

трудовитрати на відновлення зразка ОВТ, пошкодженого під час ведення бойових дій. Таким чином, виникає актуальне питання прогнозування пошкоджень ОВТ від впливу засобів ураження та формалізація опису цієї процедури у перспективній АСУ ЛЗ.

Тому метою статті є формування шляхів удосконалення інформаційного забезпечення перспективної автоматизованої системи управління логістичним забезпеченням шляхом математичного моделювання прогнозування пошкоджень озброєння та військової техніки зенітних ракетних військ від впливу ударної, осколкової та фугасної дії засобів прицільного та площинного ураження на зразок озброєння та військової техніки під час ведення бойових дій.

Результати

Забезпечення визначеного рівня бойової готовності ЗРВ ПС ЗС України в умовах сьогодення в значній мірі залежить від виконання заходів та процедур прогнозування, якісного та повного оцінювання стану ОВТ ЗРВ, що отримали пошкодження під час ведення бойових дій.

Для удосконалення перспективної АСУ ЛЗ в ході рішення задачі прогнозування стану пошкодженого ОВТ ЗРВ при проведенні оперативних та тактичних розрахунків на етапах завчасного, безпосереднього планування та ведення бойових дій органами логістичного забезпечення ПС ЗС України доцільно мати відповідне математичне та програмне забезпечення, які дозволять проводити розрахунки очікуваних пошкоджень зразків ОВТ внаслідок застосування противником засобів ураження, а також уточнювати (порівнювати) результати прогнозування втрат (ступенів пошкоджень) зразків ОВТ ЗРВ, отриманих за допомогою спеціального програмного забезпечення моделювання бойових дій (наприклад “Віраж-РД”, “Аргумент”).

В якості основних показників, які характеризують рівень пошкоджень ОВТ ЗРВ під час ведення бойових дій, з урахуванням підходів, наведених в [14-16], в математичній моделі прогнозування пошкоджень ОВТ ЗРВ запропоновано використовувати якісний показник, який визначає ступінь пошкоджень зразка ОВТ ЗРВ та кількісний показник, який визначає середні очікувані трудовитрати на відновлення зразка ОВТ ЗРВ.

В математичній моделі прогнозування пошкоджень зразка ОВТ ЗРВ доцільно представити в якості сукупності декількох структурних елементів, які мають суттєві розбіжності в способах отримання пошкоджень та відповідно відновлення, а саме: антенні пристрої; високочастотна апаратура; низькочастотна апаратура; базове шасі (засіб рухомості); зенітні керовані ракети.

Якісним показником оцінювання рівня пошкоджень структурного елемента зразка ОВТ ЗРВ є ознака ступеню пошкоджень, яка приймає наступні значення: слабкі пошкодження; середні пошкодження; сильні пошкодження; повне

руйнування.

Блок-схема математичної моделі прогнозування пошкоджень ОВТ ЗРВ під час ведення бойових дій наведена на рисунку 1.

В блоці 1 математичної моделі прогнозування пошкоджень ОВТ ЗРВ здійснюється формування вихідних даних, необхідних для здійснення розрахунків: кількісного складу угруповання ЗРВ ($N^{ОВТ}$); характеристики засобів ураження противника; кількість зразків ОВТ ЗРВ, по яким можуть бути застосовані засоби ураження ($N_{ОВТ}^{УР}$).

В блоці 2 проводиться визначення кількості та типів засобів ураження, які будуть застосовані противником по кожному зразку ОВТ ЗРВ ($k = (\overline{1; K})$). Визначення проводиться експертним методом з урахуванням наявних засобів ураження противника та практики їх застосування у бойових діях.

В блоці 3 визначається склад структурних елементів зразка ОВТ ЗРВ, по якому застосовуються засоби ураження та величини приведенного радіусу кожного з цих структурних елементів з урахуванням виразів, наведених в [14-16].

При проведенні розрахунків для спрощення урахування взаємного орієнтування між структурними елементами засобів ОВТ ЗРВ та засобами ураження в момент їх підриву, а також точки підриву в просторі використовується приведений радіус площі ураження структурного елемента засобу ОВТ ЗРВ. При цьому структурний елемент засобу ОВТ ЗРВ апроксимується як півсфера. Тому величина приведенного радіусу площі ураження структурного елемента засобу ОВТ ЗРВ визначається за формулою:

$$R_n = \sqrt{\frac{S_{нов}}{2\pi}}, \quad (1)$$

де – площа поверхні структурного елемента засобу ОВТ ЗРВ, яка розраховується, як сума площин зовнішніх поверхонь відповідного структурного елемента зразка ОВТ ЗРВ.

В блоці 4 здійснюється розрахунок ймовірностей отримання пошкоджень кожним структурним елементом зразка ОВТ ЗРВ внаслідок ударної дії конкретного типу засобу ураження [16].

Ймовірність отримання пошкоджень структурним елементом засобу ОВТ ЗРВ від ударної дії засобів ураження визначається за формулами [16]:

$$P_{y\delta np}(K, R_n) = 1 - \sum_{i=0}^{k_{np}-1} \left[C_{K}^i P_{n,y\delta}(R_n, E)^i (1 - P_{n,y\delta}(R_n, E))^{K-i} \right], \quad (2)$$

$$P_{y\delta cn}(K, R_n) = 1 - \sum_{i=0}^{k_{cn}-1} \left[C_{K}^i P_{n,y\delta}(R_n, E)^i (1 - P_{n,y\delta}(R_n, E))^{K-i} \right], \quad (3)$$

$$P_{y\delta cepn}(K, R_n) = 1 - \sum_{i=0}^{k_{cepn}-1} \left[C_{K}^i P_{n,y\delta}(R_n, E)^i (1 - P_{n,y\delta}(R_n, E))^{K-i} \right], \quad (4)$$

$$P_{уд.сл}(K, R_n) = 1 - \sum_{i=0}^{k_{сл} - 1} C_k^i P_{n,уд}(R_n, E)^i (1 - P_{n,уд}(R_n, E))^{K-i}, \quad (5)$$

руйнування, сильних, середніх та слабких пошкоджень відповідно) від ударної дії засобів прицільного ураження конкретного типу;

де $P_{уд.сл}(K, R_n)$, $P_{уд.сн}(K, R_n)$,

$k_{нр}$, $k_{сн}$, $k_{сепн}$, $k_{слн}$ – кількість засобів ураження, влучання яких призводить до отримання пошкоджень різних ступенів (повного руйнування, сильних, середніх та слабких пошкоджень відповідно);

$P_{уд.сепн}(K, R_n)$, $P_{уд.слн}(K, R_n)$ – ймовірність отримання структурним елементом засобу ОВТ ЗРВ пошкоджень різних ступенів (повного

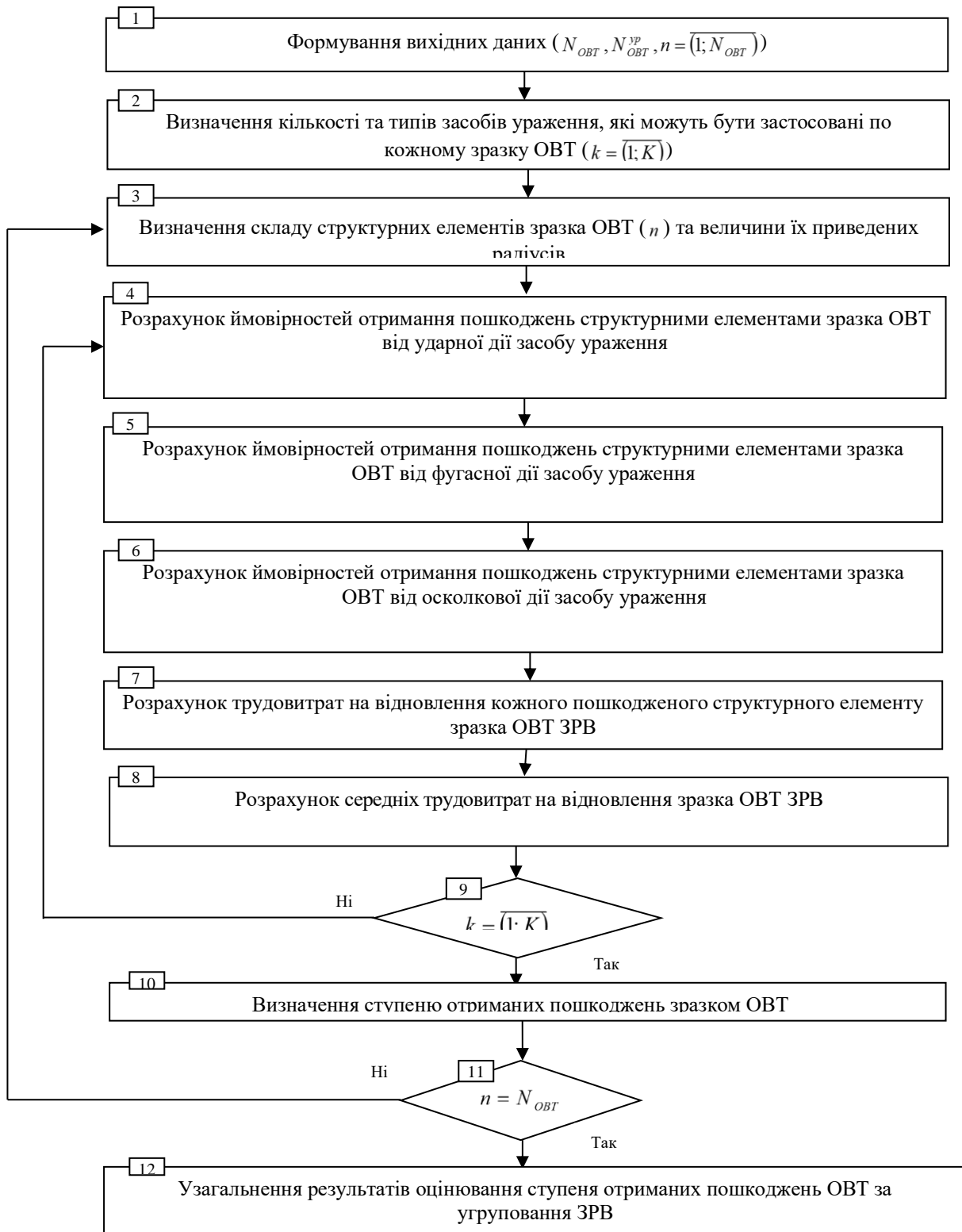


Рисунок 1. Блок-схема математичної моделі прогнозування пошкоджень ОВТ

C_K^i – біноміальний коефіцієнт, який розраховується за формулою:

$$C_K^i = \frac{i!(K-i)!}{K!}. \quad (6)$$

В блоці 5 здійснюється розрахунок ймовірностей отримання пошкоджень кожним структурним елементом зразка ОВТ ЗРВ внаслідок фугасної дії конкретного типу засобів ураження [14].

Ймовірність отримання сильних пошкоджень структурного елемента засобу ОВТ ЗРВ від фугасної дії $P_{\phi d.cn}(K, R_{\phi.cn})$ засобів ураження даного типу в кількості K визначається за формулою [14]:

$$P_{\phi d.cn}(K, R_{\phi.cn}) = \exp\left[-\rho^2\left(\frac{R_{\phi.np}}{E}\right)^2 K\right] - \exp\left[-\rho^2\left(\frac{R_{\phi.cn}}{E}\right)^2 K\right], \quad (7)$$

де $R_{\phi.cn}$ – радіус зони сильних пошкоджень структурного елемента засобу ОВТ ЗРВ ударною хвилею.

Ймовірність отримання середніх пошкоджень структурного елемента засобу ОВТ ЗРВ від фугасної дії $P_{\phi d.cerp}(K, R_{\phi.cerp})$ засобів ураження даного типу в кількості K визначається за формулою [14]:

$$P_{\phi d.cerp}(K, R_{\phi.cerp}) = \exp\left[-\rho^2\left(\frac{R_{\phi.cn}}{E}\right)^2 K\right] - \exp\left[-\rho^2\left(\frac{R_{\phi.cerp}}{E}\right)^2 K\right], \quad (8)$$

де $R_{\phi.cerp}$ – радіус зони середніх пошкоджень структурного елемента засобу ЗРК ударною хвилею.

Ймовірність отримання слабких пошкоджень структурного елемента засобу ЗРК від фугасної дії $P_{\phi d.clm}(K, R_{\phi.clm})$ засобів ураження даного типу в кількості K визначається за формулою [14]:

$$P_{\phi d.clm}(K, R_{\phi.clm}) = \exp\left[-\rho^2\left(\frac{R_{\phi.cerp}}{E}\right)^2 K\right] - \exp\left[-\rho^2\left(\frac{R_{\phi.clm}}{E}\right)^2 K\right], \quad (9)$$

де $R_{\phi.clm}$ – радіус зони слабких пошкоджень структурного елемента засобу ОВТ ЗРВ ударною хвилею.

В блоці 6 здійснюється розрахунок ймовірностей отримання пошкоджень кожним структурним елементом зразка ОВТ ЗРВ внаслідок осколкової дії конкретного типу засобів ураження [15].

Ймовірність повного руйнування структурного елемента засобу ОВТ ЗРВ від осколкової дії $P_{od.np}(K, R_{od.np})$ засобів ураження даного типу в кількості K визначається за формулою [15]:

$$P_{od.np}(K, R_{od.np}) = \left[1 - \exp\left[-\rho^2\left(\frac{R_{od.np}}{E}\right)^2 K\right]\right] \cdot P_n(m_{np}), \quad (10)$$

де $R_{od.np}$ – радіус зони повного руйнування структурного елемента засобу ОВТ ЗРВ осколковою дією засобу ураження.

Ймовірність отримання сильних пошкоджень структурного елемента засобу ОВТ ЗРВ від осколкової дії $P_{od.cn}(K, R_{od.cn})$ засобів ураження даного типу в кількості K визначається за формулою [15]:

$$P_{od.cn}(K, R_{od.cn}) = \left[\exp\left[-\rho^2\left(\frac{R_{od.np}}{E}\right)^2 K\right] - \exp\left[-\rho^2\left(\frac{R_{od.cn}}{E}\right)^2 K\right] \right] \times [P_n(m_{np}) - P_n(m_{cn})], \quad (11)$$

де $R_{od.cn}$ – радіус зони сильних пошкоджень структурного елемента засобу ОВТ ЗРВ осколковою дією.

Ймовірність отримання середніх пошкоджень структурного елемента засобу ОВТ ЗРВ від осколкової дії $P_{od.cerp}(K, R_{od.cerp})$ засобів ураження даного типу в кількості K визначається за формулою [15]:

$$P_{od.cerp}(K, R_{od.cerp}) = \left[\exp\left[-\rho^2\left(\frac{R_{od.cn}}{E}\right)^2 K\right] - \exp\left[-\rho^2\left(\frac{R_{od.cerp}}{E}\right)^2 K\right] \right] \times [P_n(m_{cn}) - P_n(m_{cerp})], \quad (12)$$

де $R_{od.cerp}$ – радіус зони середніх пошкоджень структурного елемента засобу ОВТ ЗРВ осколковою дією.

Ймовірність отримання слабких пошкоджень структурного елементу засобу ОВТ ЗРВ від осколкової дії $P_{од.слл}(K, R_{од.слл})$ засобів ураження даного типу в кількості K визначається за формулою:

$$P_{од.слл}(K, R_{од.слл}) = \left[\exp \left[-\rho^2 \left(\frac{R_{од.слл}}{E} \right)^2 K \right] - \exp \left[-\rho^2 \left(\frac{R_{од.слл}}{E} \right)^2 K \right] \right] \times [P_n(m_{слл}) - P_n(m_{слл})], \quad (13)$$

де $R_{од.слл}$ – радіус зони слабких пошкоджень структурного елементу засобу ОВТ ЗРВ осколковою дією [15].

В блоці 7 розраховуються трудовитрати на відновлення кожного пошкодженого структурного елементу зразка ОВТ ЗРВ.

Трудовитрати на відновлення зразка ОВТ ЗРВ, пошкодженого під час ведення бойових дій, розраховується як сума очікуваних трудовитрат на відновлення його структурних елементів.

Очікувані трудовитрати на відновлення структурного елементу зразка ОВТ ЗРВ розраховується як математичне сподівання з урахуванням середніх трудовитрат на усунення пошкоджень та ймовірностей отримання цих пошкоджень внаслідок ударної, фугасної та осколкової дій засобів ураження [14-16]. Величини середніх трудовитрат на усунення пошкоджень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1
Середні трудовитрати на усунення пошкоджень (люд/год)

Умовне позначення	Ступінь пошкодження ОВТ ЗРВ	Тип структурного елементу засобу ОВТ ЗРВ				
		Система 1	Система 2	Система 3	Система 4	Система 5
$Tr_{слл}$	слабкі пошкодження	600	90	100	60	80
$Tr_{серп}$	середні пошкодження	2100	330	350	200	300
$Tr_{слп}$	сильні пошкодження	3900	600	600	360	540

В блоці 8 розраховуються середні очікувані трудовитрати на відновлення Tr_{ij} i -го структурного елементу засобу ОВТ ЗРВ від впливу засобів ураження j -го типу за формулою:

$$Tr_{ij} = 2m_{р.і} P_{р.і} + m_{р.і} P_{р.і} + m_{р.і} P_{р.і} + m_{р.і} P_{р.і} + m_{р.і} P_{р.і}, \quad (14)$$

де $P_{р.і}$, $P_{р.і}$, $P_{р.і}$, $P_{р.і}$ – ймовірності отримання пошкоджень різного ступеню та для

$P_{...ij}^{nl}$ – ймовірності для засобів площинного ураження (повні руйнування, сильні, середні та слабкі пошкодження відповідно) i -го структурного елементу засобу ОВТ ЗРВ в результаті застосування j -го типу засобів ураження розраховуються за формулами:

$$P_{р.і} = \begin{cases} P_{уд.р.і} + P_{фд.р.і} + P_{од.р.і}, \\ P_{уд.р.і}^{nl} + P_{фд.р.і}^{nl} + P_{од.р.і}^{nl}, \end{cases} \quad (15)$$

$$P_{р.і} = \begin{cases} P_{уд.р.і} + P_{фд.р.і} + P_{од.р.і}, \\ P_{уд.р.і}^{nl} + P_{фд.р.і}^{nl} + P_{од.р.і}^{nl}, \end{cases} \quad (16)$$

$$P_{р.і} = \begin{cases} P_{уд.р.і} + P_{фд.р.і} + P_{од.р.і}, \\ P_{уд.р.і}^{nl} + P_{фд.р.і}^{nl} + P_{од.р.і}^{nl}, \end{cases} \quad (17)$$

$$P_{р.і} = \begin{cases} P_{уд.р.і} + P_{фд.р.і} + P_{од.р.і}, \\ P_{уд.р.і}^{nl} + P_{фд.р.і}^{nl} + P_{од.р.і}^{nl}, \end{cases} \quad (18)$$

Середні очікувані трудовитрати на відновлення зразка ОВТ ЗРВ розраховуються за формулою:

$$Tr = \sum_i \sum_j Tr_{ij}. \quad (19)$$

В блоці 9 здійснюється перевірка, чи дія усіх типів засобів ураження розглянута. У випадку негативного результату здійснюється перехід до блоку 4. У випадку позитивного результату здійснюється перехід до блоку 10.

В блоці 10 визначається ступінь отриманих пошкоджень зразком ОВТ ЗРВ, по якому застосовуються засоби ураження, шляхом порівняння розрахованої середніх очікуваних трудовитрат (Tr) на відновлення зразка ОВТ ЗРВ з відповідними граничними значеннями.

За результатами порівняння середніх очікуваних трудовитрат на відновлення зразка ОВТ ЗРВ з граничними значеннями трудовитрат на відновлення приймається рішення про очікуваний рівень пошкоджень зразка ОВТ ЗРВ, тобто ознака ступеню пошкоджень зразка ОВТ ЗРВ приймає значення:

- а) слабкі пошкодження, якщо $Tr \leq Tr_{слл.гр}$;
- б) середні пошкодження, якщо $Tr_{слл.гр} < Tr \leq Tr_{серп.гр}$;
- в) сильні пошкодження, якщо $Tr_{серп.гр} < Tr \leq Tr_{слп.гр}$;
- г) повне руйнування, якщо $Tr > Tr_{слп.гр}$.

Граничні значення трудовитрат на відновлення зразка ОВТ ЗРВ для кожного значення ознаки ступеню пошкоджень наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Граничні значення трудовитрат на відновлення (люд/год)

Умовне позначення	Ступінь пошкоджень ОВТ ЗРВ	Тип засобів ОВТ ЗРВ		
		Засіб 1	Засіб 2	Засіб 3
$Tr_{ст.гр}$	слабкі пошкодження	1800	500	1000
$Tr_{серп.гр}$	середні пошкодження	6500	2000	3000
$Tr_{сн.гр}$	сильні пошкодження	12000	4000	6000

В блоці 11 здійснюється перевірка чи всі зразки ОВТ ЗРВ розглянуті. У випадку негативного результату здійснюється перехід до блоку 3. У випадку позитивного результату здійснюється перехід до блоку 12.

В блоці 12 проводиться узагальнення ступенів отриманих пошкоджень зразками ОВТ за визначений комплект ЗРВ, по якому противником можуть бути застосовані засоби ураження.

Обговорення

Основними особливостями наведеної математичної моделі є:

а) зразки ОВТ ЗРВ представляються як сукупність декількох структурних елементів, які мають суттєві розбіжності в способах отримання пошкоджень та відповідно відновлення. Ймовірності отримання пошкоджень різного ступеню та величини очікуваних середніх трудовитрат на відновлення розраховуються для кожного структурного елементу зразка ОВТ ЗРВ окремо;

б) врахування впливу засобів як засобами прицільного, та площинного ураження (ударної, фугасної та осколкової дії) на зразки ОВТ ЗРВ;

в) врахування типу та характеристик захисних інженерних споруд для кожного структурного елементу зразка ОВТ ЗРВ окремо;

г) можливість врахування накопичення пошкоджень структурними елементами зразка ОВТ ЗРВ від різних типів засобів ураження, які по них застосовуються противником.

Математична модель використовує сукупність логічних правил, які визначають критерії прийняття рішення про очікувану ступінь пошкоджень зразка ОВТ ЗРВ.

Математична модель призначена для використання органами логістичного забезпечення при проведенні оперативних та тактичних розрахунків на етапах завчасного, безпосереднього планування та в ході ведення бойових дій, під час оцінювання ситуацій і ухвалення рішень для скорочення циклу управління і та підвищення ефективності прийнятих рішень.

Висновки

Таким чином, у роботі описано процес математичного моделювання прогнозування пошкоджень ОВТ ЗРВ від впливу дії засобів ураження. Запропонована модель враховує розподіл на групи всієї сукупності засобів

ураження за наслідками, які виникають при влученні одного засобу прицільного ураження конкретного типу та призначена для проведення розрахунків очікуваних пошкоджень ОВТ ЗРВ внаслідок застосування противником усього спектру засобів ураження. Крім того, представлена модель може бути використана як основа для розробки аналогічних методик для оцінювання стану ОВТ інших родів військ видів ЗС України та оцінювання можливих ушкоджень об'єктів критичної інфраструктури.

Наукова новизна даної роботи полягає у тому, що запропонований підхід до прогнозування пошкоджень озброєння та військової техніки зенітних ракетних військ, реалізація якого у вигляді програмного продукту в автоматизованій системі управління логістичним забезпеченням дозволить в органах управління ЛЗ ПС ЗС України отримувати коректні результати розрахунків щодо очікуваних втрат ОВТ ЗРВ внаслідок застосування противником усього спектру засобів ураження.

Подальше удосконалення інформаційного забезпечення шляхом розробки програмного продукту (набору інформаційно-розрахункових задач) для АСУ ЛЗ дозволить керівному складу отримувати коректні результати розрахунків щодо очікуваних втрат ОВТ ЗРВ внаслідок застосування противником засобів ураження ударної дії з отриманням характеристик ступеню пошкоджень складових зразків ОВТ під час ведення бойових дій.

Список використаних джерел

1. Ярош С.П. Теоретичні основи побудови та застосування розвідувально-управляючих інформаційних систем протиповітряної оборони: монографія / С. П. Ярош; за ред. І. О. Кириченка. – Х.: ХУПС, 2012. – 512 с.
2. Петухов С.И. Эффективность ракетных средств ПВО. / С.И. Петухов, А.Н. Степанов. – М.: Воениздат, 1976. – 73 с.
3. 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.
4. Дачковський В. Методика оцінювання можливості виконання заходів з ремонту озброєння та військової техніки. / В. Дачковський, М. Цуркан // Збірник наукових праць ЛОГОС. – DOI: 10.36074/logos-19.03.2021.v1.49.
5. Дачковський В.О. Методика оцінювання ефективності функціонування системи відновлення озброєння та військової техніки. / В.О. Дачковський, В.І. Коцюруба // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – Київ: НУОУ, 2020. – Вип. 1(37). – С. 5–14. – DOI: 10.33099/2311-7249/2020-37-1-5-14.
6. Шишанов М. О. Обґрунтування методу моделювання процесу функціонування системи відновлення озброєння та військової техніки угруповання військ / М.О. Шишанов, А.В. Гуляев, М.М. Шевцов // Озброєння та військова техніка. – Київ: ЦНДІ

ОВТ ЗС України, 2017. – Вип. 1(13). – С. 75–77.

7. Сампир О. (2021). Удосконалена методика оцінювання системи відновлення озброєння та військової техніки окремої механізованої бригади. // Journal of Scientific Papers “Social Development and Security”. – Vol. 11, No. 5.

8. Старцев В.В. Основні положення методики оцінювання можливостей відновлення озброєння та військової техніки Повітряних Сил Збройних Сил України, пошкоджених під час ведення бойових дій / В.В. Старцев, В.Ф. Третяк, Л.В. Міхальова, О.В. Коломійцев, В.В. Борщ, Р.М. Олійник // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернівці: ДНДІ ВС ОВТ, 2022. – Вип. 3(13). – С. 110–120.

9. Гребенников Н.Д. Восстановление вооружения и боевой техники ЗРВ ПВО страны. / Н. Д. Гребенников. – Минск: МВИЗРУ, 1972. – 240 с.

10. Ковтуненко А.П. Восстановление эксплуатационных свойств радиоэлектронных систем / Ковтуненко А.П., Козлов В.Н., Россинский Ю.М. – М.: МО, 1980. – 257 с.

11. Ковтуненко А.П. Основы теории восстановления эксплуатационных свойств технических систем : монография / А.П. Ковтуненко, М.А. Шишанов, В.В. Зубарев. – К.: Книжкове видавництво НАУ, 2007. – 301 с.

12. 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.

13. Бубнов Н.А., Лазарев С.В., Трифонов Г.И., Янин А.Н. Имитационное моделирование процессов восстановления вооружения и военной техники // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – №. 12-1. – С. 20-24.

14. Запара Д.М. 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. – Вид. 1(53). – С. 20-23.

15. Запара Д.М. 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. – Вид. 1(31). – С. 31-36.

16. Запара Д.М. Впровадження процедури прогнозування пошкоджень ОВТ від впливу дії засобів ураження в перспективну АСУ МТЗ. Д. М. Запара, М. Б. Бровко, В. В. Старцев, Р.Ю. Кушпета, М.В. Дудко // Збірник наукових праць ХНУПС. – 2018. – Вид. 4(58). – С. 50-56.

17. Ланецкий Б.Н. Методика обоснования состава и количества бригад текущего ремонта РЭС парка ЗРК группировки ЗРВ / Б.Н. Ланецкий, В.В. Лукьянчук, И.Н. Терехуха // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – Харків: ХУПС, 2014. – Вид. 3(40). – С. 23–27.

IMPROVEMENT OF INFORMATION SUPPORT OF PERSPECTIVE AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF SURFACE-TO-AIR MISSILE TROOP'S LOGISTICS SUPPORT

¹Pavlo Open'ko (Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher)

<https://orcid.org/0000-0001-7777-5101>

¹Oleksandr Feskov

<https://orcid.org/0000-0002-6420-6839>

¹Vasyl Ivanov

<https://orcid.org/0000-0002-1963-1991>

²Vladyslav Kobzev (Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher)

<https://orcid.org/0000-0002-0954-8887>

¹The National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskyi, Kyiv, Ukraine

²Ivan Kozhedub National Air Force University, Kharkiv, Ukraine

The purpose of the article is to improve information support of a prospective automated logistical control system. This is done by the mathematical modeling of the forecasting of damage to weapons and military equipment of surface-to-air missile troops from the impact of shock, fragmentation and high-explosive action of sighting and plane means of destruction such as weapons and military equipment during combat operations. In this article, a mathematical model of the protection of personnel from the action of poisonous substances of various origins due to air injection and air flow movement in a local volume is developed, which is a system of equations, where the first dependence describes the potential of a simple layer of air flow formed in the process of air injection in the local volume, the second - shows that the performance of the filter ventilation installation should be equal to the potential value or exceed it, the third - describes the number of personnel that can be placed in the temporary reference point.

Keywords: *automated control system, logistic support, means of aiming damage, degree of damage, impact of means of aiming damage, surface-to-air missile system.*

References

1. Yarosh S.P. Theoretical foundations of construction and application of reconnaissance and control information systems of air defense: monograph / S. P. Yarosh; under the editorship I. O. Kirichenka. - Kh.: HUPS, 2012. - 512 p.
2. Petukhov S.I. Effectiveness of anti-aircraft missiles. / S.I. Petukhov, A.N. Stepanov. - M.: Voennizdat, 1976. - 73 p.
3. Openko P.V. Prospects for the development of the technical support system of anti-aircraft missile forces / P. V. Openko, A. V. Kryzhnyi, P. A. Drannyk // Problems of creation, testing, application and exploitation of complex information systems. – 2015. – Issue 10. – P. 148-157.
4. Dachkovskiy V. Methodology for assessing the possibility of carrying out measures for the repair of weapons and military equipment. / V. Dachkovskiy, M. Tsurkan // Collection of scientific papers ΛΟΓΟΣ.
5. Dachkovskiy V.O. Methodology for evaluating the effectiveness of the system of restoring weapons and military equipment. / V.O. Dachkovskiy, V.I. Kotsyruba // Modern information technologies in the sphere of security and defense. – Kyiv: NUOU, 2020. – Issue 1(37).– P. 5–14.
6. Shishanov M.O. Justification of the method of modeling the process of functioning of the armament recovery system and military equipment of troop grouping / M.O. Shishanov, A.V. Gulyaev, M.M. Shevtsov // Armament and military equipment. – Kyiv: Central Research and Development Institute of the Armed Forces of Ukraine, 2017. – Iss. 1(13). – P. 75–77.
7. Sampir O. (2021). An improved methodology for evaluating the system of restoring weapons and military equipment of a separate mechanized brigade. // Journal of Scientific Papers "Social Development and Security". – Vol. 11, No. 5.
8. Startsev V.V. The main provisions of the methodology for assessing the possibility of restoring weapons and military equipment of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine, damaged during hostilities / V.V. Startsev, V.F. Tretyak, L.V. Mikhalova, O.V. Kolomyitsev, V.V. Borshch, R.M. Oliinyk // Collection of scientific works of the State Research Institute of Testing and Certification of Weapons and Military Equipment. – Chernihiv: DNDI VS OVT, 2022. – Issue 3(13). – pp. 110–120.
9. Grebennikov N.D. Restoration of weapons and combat equipment of the country's anti-aircraft missile defense system. / N. D. Grebennikov. - Minsk: MVIZRU, 1972. - 240 c.
10. Kovtunenکو A.P. Recovery of operational properties of radioelectronic systems / Kovtunenکو A.P., Kozlov V.N., Rossinsky Yu.M. - M.: MO, 1980. - 257 p.
11. Kovtunenکو A.P. Fundamentals of the theory of restoration of operational properties of technical systems: monograph / A.P. Kovtunenکو, M.A. Shishanov, V.V. Zubarev. - K.: NAU Book Publishing House, 2007. - 301 p.
12. Kirichenko V.D. Improvements of the weapon recovery system and military air defense equipment taking into account the specifics of combat operations / V. D. Kyrychenko, A. G. Luzan, A. G. Malakhov // Military radio electronics. - 1986. - no. 5(440). - P. 160-167.
13. Bubnov N.A., Lazarev S.V., Trifonov G.I., Yanin A.N. Simulation modeling of the processes of restoration of weapons and military equipment // Modern science-intensive technologies. – 2018. – no. 12-1. - pp. 20-24.
14. Zapara D.M. Improvement of approaches to predicting damage to weapons and military equipment of anti-aircraft missile forces from the impact of the impact of the weapon / D. M. Zapara, M. B. Brovko, V. V. Startsev, S. A. Bortnovsky // Weapon systems and military equipment. – 2018. – Issue 1(53). - pp. 20-23.
15. Zapara D.M. Formalization of the procedure for forecasting damage to weapons and military equipment of anti-aircraft missile forces in a prospective automated system of managing material and technical support / D. M. Zapara, M. B. Brovko, S. A. Bortnovsky, P. V. Openko // Modern information technologies in in the field of security and defense. – 2018. – Issue 1(31). - P. 31-36.
16. Zapara D.M. Implementation of the procedure for forecasting damage to OVT due to the impact of damage agents in the perspective ACS of MTZ. D. M. Zapara, M. B. Brovko, V. V. Startsev, R. Yu. Kushpeta, M.V. Dudko // Collection of Scientific Papers of KhNUPS. – 2018. – Issue 4(58). - pp. 50-56.
17. Lanetsky B.N. The method of substantiation of the composition and number of crews of the current repair of the RES park of the air defense system of the ZRV group / B.N. Lanetskyi, V.V. Lukyanchuk, I.N. Terebukha // Collection of Scientific Papers of the Kharkiv National University of the Air Force. - Kharkiv: HUPS, 2014. - Vol. 3(40). – pp. 23–27.