

УДК 355.24/355.3

І. С. Романченко,

*доктор військових наук, професор,
директор Центрального науково-дослідного інституту
Збройних Сил України,*

В. О. Шуєнкін,

*доктор технічних наук, професор,
головний науковий співробітник Центрального
науково-дослідного інституту Збройних Сил України,*

В. М. Можаровський,

*кандидат військових наук,
провідний науковий співробітник Центрального
науково-дослідного інституту Збройних Сил України*

Комплексна математична модель обґрунтування бойового складу Збройних Сил України через величину відверненого збитку своїх військ в операції

У статті розкрито сутність та основний зміст комплексної математичної моделі обґрунтування бойового складу Збройних Сил України через величину відверненого збитку своїх військ в операції.

Ключові слова: математична модель, відвернений збиток, бойові засоби, бойовий потенціал, бойовий склад.

Постановка проблеми в загальному вигляді. *Математична модель* є системою математичних і логічних співвідношень, яка описує об'єкт (систему, процес або явище), що вивчається, з певним ступенем достовірності (адекватності). Як складова будь-якої методики математична модель визначає особливості використання обраного для проведення дослідження методу.

Для обґрунтування бойового складу збройних сил використовуються *математичні моделі*, в основу яких покладено *теорію відверненого збитку* своїх військ в операції (бойових діях) [1–8]. Ці моделі взаємопов'язані та застосовуються в певній логічній послідовності відповідно до обраного алгоритму дослідження – послідовності дій, яка веде до бажаного результату. У сукупності обрані для проведення дослідження моделі становлять *комплексну математичну модель*.

На думку авторів, під час проведення дослідження запропонована комплексна математична модель забезпечить вирішення поставлених дослідницьких завдань, а під час подальшого її використання як штабної математичної моделі стане невід'ємною складовою процесу планування операцій (бойових дій), зокрема важливим інструментом вирішення розрахункових задач.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Висновки з аналізу існуючих методик обґрунтування бойового складу військ (сил) в операціях (бойових діях) були викладені в попередніх публікаціях, зокрема в [1–3; 8]. Так, за результатами проведеного аналізу було встановлено, що *існуючі методики не дають змоги дати вичерпну відповідь на два важливі запитання*: перше – чи спроможні Збройні Сили України існуючого бойового складу з урахуванням їхніх втрат за визначений період ведення бойових дій виконати завдання з оборони держави з потрібною (заданою) ефективністю? Друге – яку кількість бойових засобів (військових формувань) роду військ (сил) необхідно мати в операції для досягнення потрібної величини відверненого збитку, а отже, забезпечення (з урахуванням втрат за визначений період T діб бойових дій) потрібного (заданого) рівня (коефіцієнта) боєздатності кожного роду військ (сил), виду збройних сил та Збройних Сил України загалом?

Пропонована авторами *комплексна математична модель ґрунтується на теорії відверненого збитку* своїх військ в операції. На відміну від існуючих, наприклад [9–12], ця математична модель, зокрема, дає можливість обчислити ймовірність ураження (знищення) об'єктів противника за умови, коли обстріл того чи іншого об'єкта (цілі) противника може здійснюватися всіма типами бойових засобів, які є в розпорядженні своїх військ, з урахуванням можливих втрат своїх військ та військ противника за певний період T діб ведення операції (бойових дій). Під відверненим збитком у дослідженні розуміють різницю між можливим збитком своїх військ (збитком без урахування заходів з його запобігання або зниження) і збитком з урахуванням проведення таких заходів.

Мета статті полягає в систематизованому викладенні основного змісту комплексної математичної моделі як основи запропонованого в дослідженні методичного апарату. На думку авторів, у подальшому це дасть змогу досягти кінцевого результату дослідження – обґрунтувати раціональний (оптимальний) бойовий склад Збройних Сил України.

Виклад основного матеріалу. Послідовність викладених нижче дій відображає етапи обґрунтування потрібної абсолютної величини відверненого збитку ($\Delta\Pi$) усіх своїх військ залежно від їх початкового бойового складу (N_0) та початкового бойового складу військ противника (N_{0np}) з метою досягнення потрібного (заданого) рівня (коефіцієнта) боєздатності (θ^{sum}) усіх своїх військ, виходячи з наявності у своїх військах потрібної кількості $N_0^{sum} = \sum_j N_{0j}^{sum} \geq N_0 = \sum_j N_{0j}$ технічно готових бойових засобів j -го типу, які були б здатні знищити з імовірністю P_{npi} певну кількість $\Delta N_{np} = \sum_i \Delta N_{npi} = \sum_i P_{npi} \cdot N_{0inpi}$ бойових засобів i -го типу противника в операції тривалістю T діб. При цьому розрахована кількість бойових засобів j -го типу своїх військ у подальшому визначає те або інше військове формування – об'єднання, з'єднання, частину, підрозділ.

У дослідженні за узагальнений показник (критерій) обрано потрібний (заданий) рівень (коефіцієнт) боєздатності (θ^{sum}) усіх своїх військ з точки зору необхідної для цього загальної кількості бойових засобів j -х типів своїх військ (j -х родів військ), боєздатність яких повинна бути збережена із загальної початкової кількості бойових засобів усіх своїх військ (N_0) в умовах припустимої величини відносних втрат ($\beta_n \cdot T$) початкового бойового потенціалу (БП) цих військ за період T діб бойових дій.

Основними показниками у дослідженні обрано: початковий БП противника (з урахуванням його бойових засобів i -го типу (i -х родів військ)), який визначається у зразках озброєння та військової техніки кількістю реальних бойових засобів у розрахункових одиницях БП: $N_{0np} = \sum_{i=1}^r N_{0inpi}$; початковий БП усіх своїх військ (з урахуванням бойових засобів j -го типу (j -х родів військ)), який визначається у зразках озброєння та військової техніки кількістю реальних бойових засобів: $N_0 = \sum_{j=1}^r N_{0j}$; загальне початкове співвідношення БП сторін:

$$\alpha_0 = \frac{N_{0np}}{N_0} = \frac{\sum_i N_{0inpi}}{\sum_j N_{0j}}; \beta_{0j} - \text{нормативні відносні середньо-}$$

добові втрати бойових засобів j -го типу своїх військ за результатами впливу на них з боку противника; β_0^j – прогнозована величина відносних середньодобових втрат початкового БП усіх бойових засобів своїх військ за визначений період T діб бойових дій від бойових засобів противника з урахуванням нормативної величини β_{0j} та

коефіцієнтів $\alpha_0, K_\phi, K_{OTB}, K_{yj}$ (де α_0 – початкове співвідношення БП сторін; K_ϕ – коефіцієнт форми застосування своїх військ; K_{OTB} – коефіцієнт оперативно-тактичної важливості того чи іншого військового формування; K_{yj} – коефіцієнт початкової укомплектованості j -го роду військ бойовими засобами, особовим складом, іншими основними видами матеріально-технічних засобів відносно штатно-табельної потреби: $\beta_{0j}^j = \alpha_0 \cdot K_\phi \cdot K_{OTB} \cdot K_{yj} \cdot \beta_{0j}$; прогнозована величина усереднених за j -ми родами військ відносних середньодобових втрат їх початкового БП за період T діб бойових дій:

$$\beta_0^j = \frac{\Delta N_0}{T \cdot N_0} = \frac{\sum_{j=1}^r N_{0j} \cdot \beta_{0j}}{T \cdot N_0}; \text{ прогнозована величина усереднених за } j\text{-ми родами військ відносних втрат початкового БП військ за період } T \text{ діб бойових дій:}$$

$\beta_0^j \cdot T = \frac{\Delta N_0}{T \cdot N_0} \cdot T = \frac{\sum_{j=1}^r N_{0j} \cdot \beta_{0j}}{N_0} \leq 1$; поточне значення коефіцієнта боєздатності (відносної величини БП) усіх своїх військ існуючого бойового складу за поточною кількістю усіх боєздатних (N) бойових засобів j -го типу β_0^j в умовах за період T діб бойових дій:

$$\theta = \frac{N}{N_0} = \frac{N_0 - \Delta N_0}{N_0} = 1 - \frac{\Delta N_0}{T \cdot N_0} \cdot T = 1 - \beta_0^j \cdot T = 1 - \frac{\sum_{j=1}^r (1 - \theta_j) \cdot N_{0j}}{N_0}; \text{ поточне значення коефіцієнта}$$

боєздатності j -х родів військ за поточною кількістю боєздатних (N_j) бойових засобів цих військ в умовах ($\beta_{0j}^j \cdot T$):

$$\theta_j = \frac{N_j}{N_{0j}} = \frac{\Pi_j}{\Pi_{0j}} = \frac{N_{0j} - \Delta N_{0j}}{N_{0j}} = 1 - \frac{\Delta N_{0j}}{T \cdot N_{0j}} \cdot T = 1 - \beta_{0j}^j \cdot T;$$

кількість утрачених ΔN_0 із N_0 бойових засобів усіх j -х родів військ в умовах β_0^j за період T діб бойових дій:

$$\Delta N_0 = N_0 \cdot \beta_0^j \cdot T = \sum_{j=1}^r \Delta N_{0j} = \sum_{j=1}^r N_{0j} \cdot \beta_{0j}^j \cdot T; \text{ кількість}$$

втрачених ΔN_{0j} із N_{0j} бойових засобів j -го типу своїх військ в умовах β_{0j}^j за період T діб бойових дій:

$$\Delta N_{0j} = N_{0j} \cdot \beta_{0j}^j \cdot T; \text{ поточна (з урахуванням втрат за період } T \text{ діб бойових дій) кількість (} N \text{) боєздатних бойових засобів усіх } j\text{-х родів своїх військ (у розрахункових одиницях БП) за результатами впливу на них з боку всіх бойових засобів противника в умовах } \beta_0^j \text{ за період } T \text{ діб бойових дій: } N = \sum_j N_j = \theta \cdot N_0 = N_0 - \Delta N_0 = N_0 \cdot (1 - \beta_0^j \cdot T);$$

поточна (з урахуванням втрат за період T діб бойових дій) кількість боєздатних бойових засобів j -го типу своїх військ (N_j) в умовах β_{0j}^j за період T діб бойових дій:

$$N_j = \theta_j \cdot N_{0j} = N_{0j} - \Delta N_{0j} = N_{0j} \cdot (1 - \beta_{0j}^j \cdot T).$$

Відповідно до припустимої величини відносних втрат ($\beta_n \cdot T \leq \beta_0^j \cdot T$) початкового БП своїх військ за період T

діб бойових дій для досягнення заданої величини θ^{eum} обчислюються:

припустима величина усереднених за j -ми родами військ відносних середньодобових втрат початкового БП своїх військ за період T діб бойових дій для досягнення θ^{eum} та з урахуванням ΔN_n та N_0 :

$$\beta_n \leq \frac{\Delta N_n}{T \cdot N_0} = \frac{1 - \theta^{eum}}{T} < \beta_0'; \quad (1)$$

припустима для забезпечення заданого θ^{eum} кількість втрачених (ΔN_n) із N_0 бойових засобів усіх j -х родів військ в умовах припустимої величини усереднених за j -ми родами військ відносних середньодобових втрат ($\beta_n < \beta_0'$) початкового БП своїх військ за період T діб бойових дій:

$$\Delta N_n = N_0 \cdot \beta_n \cdot T = \sum_{j=1}^r \Delta N_{nj} = \sum_{j=1}^r N_{0j} \cdot \beta_{nj} \cdot T; \quad (2)$$

потрібне (задане) значення коефіцієнта боєздатності (θ^{eum}) усіх своїх військ із погляду необхідної для цього кількості всіх бойових засобів (N^{eum}) основних j -х родів військ, боєздатність яких повинна бути збережена в умовах припустимої величини відносних втрат ($\beta_n \cdot T \leq \beta_0' \cdot T$) початкового БП усіх своїх військ за період T діб бойових дій:

$$\begin{aligned} \theta^{eum} \geq \frac{N^{eum}}{N_0^{eum}} &= \frac{N_0 - \Delta N_n}{N_0^{eum}} = 1 - \frac{\Delta N_n}{T \cdot N_0} \cdot T = \\ &= 1 - \beta_n \cdot T = 1 - \frac{\sum_{j=1}^r (1 - \theta_j^{eum}) \cdot N_{0j}}{N_0}; \end{aligned} \quad (3)$$

припустима величина відносних середньодобових втрат початкового БП j -го роду військ за визначений період T діб бойових дій для досягнення заданої величини θ_j^{eum} :

$$\begin{aligned} \beta_{nj} \leq \frac{\Delta N_{nj}}{T \cdot N_{0j}} &= \frac{\beta_n}{\beta_0'} \cdot \beta_0' = \beta_0' + \beta_n - \beta_0' = \\ &= \frac{1 - \theta_j^{eum}}{T} < \beta_0'; \end{aligned} \quad (4)$$

припустима для забезпечення θ_j^{eum} кількість втрачених (ΔN_{nj}) із N_{0j} бойових засобів j -го роду військ (бойових засобів j -го типу своїх військ) в умовах припустимої величини відносних середньодобових втрат ($\beta_{nj} \leq \beta_0'$) початкового БП j -го роду військ за період T діб бойових дій:

$$\Delta N_{nj} = N_{0j} \cdot \beta_{nj} \cdot T = N_{0j} \cdot T \cdot (\beta_0' + \beta_n - \beta_0'); \quad (5)$$

потрібне (задане) значення коефіцієнта боєздатності (відносної величини БП) j -го роду військ з точки зору необхідної для цього кількості бойових засобів (N_j^{eum}) j -го

роду військ, боєздатність яких повинна бути збережена в умовах ($\beta_{nj} \cdot T \leq \beta_0' \cdot T$):

$$\theta_j^{eum} \geq \frac{N_j^{eum}}{N_{0j}^{eum}} = \frac{N_{0j} - \Delta N_{nj}}{N_{0j}^{eum}} = 1 - \frac{\Delta N_{nj}}{T \cdot N_{0j}} \cdot T = 1 - \beta_{nj} \cdot T; \quad (6)$$

потрібна кількість N^{eum} бойових засобів усіх j -х родів військ, боєздатність яких повинна бути збережена для забезпечення заданого θ^{eum} в умовах припустимої величини усереднених за j -ми родами військ відносних середньодобових втрат ($\beta_n < \beta_0'$) початкового БП наших військ (сил) за визначений період T бойових дій:

$$N^{eum} = \sum_j N_j^{eum} = \theta^{eum} \cdot N_0 = N_0 - \Delta N_n = N_0 \cdot (1 - \beta_n \cdot T); \quad (7)$$

потрібна кількість N_j^{eum} бойових засобів j -х родів військ (бойових засобів j -го типу своїх військ), боєздатність яких повинна бути збережена для досягнення їх θ_j^{eum} в умовах ($\beta_{nj} \leq \beta_0'$) за період T діб бойових дій:

$$\begin{aligned} N_j^{eum} &= \theta_j^{eum} \cdot N_{0j} = N_{0j} - \Delta N_{nj} = N_{0j} - (N_{0j} \cdot \beta_{nj} \cdot T) = \\ &= N_{0j} \cdot (1 - \beta_{nj} \cdot T). \end{aligned} \quad (8)$$

У дослідженні використовуються окремі математичні моделі.

Модель перша. Математична модель визначення ймовірності знищення j -ми бойовими засобами своїх військ хоча б одного бойового засобу i -го типу противника без урахування можливих втрат початкового БП своїх військ і військ противника [4].

За допомогою зазначеної математичної моделі визначається ймовірність $P_{ji} = \frac{\Delta N_{npj i}}{N_{0i np}}$ знищення j -ми бойовими

засобами у складі $N_{0j}^{eum} \geq N_{0j}$ одиниць (початкової кількості) бойових засобів своїх військ за $n_{ji} = \kappa_{ji} \cdot T$ здійснених стрільб кожним j -м бойовим засобом протягом операції тривалістю T діб хоча б одного бойового засобу $\Delta N_{npj i}$ i -го типу військ противника з наявних $N_{0i np}$ одиниць без урахування можливих втрат початкового БП своїх військ і військ противника:

$$P_{ji} = \frac{\Delta N_{npj i}}{N_{0i np}} = 1 - (1 - R_{1ji})^{N_{0j}^{eum} \cdot n_{ji}} = 1 - (1 - \frac{R_{1ji}}{N_{0i np}})^{N_{0j}^{eum} \cdot n_{ji}}, \quad (9)$$

де: R_{1ji} – відома (з досвіду військ або з формуляра) ймовірність ураження за одну стрільбу ($n_{ji} = 1$) одного бойового засобу i -го типу військ противника одним бойовим засобом j -го виду (типу) певного роду своїх військ за витрати на одну стрільбу цим засобом певної кількості ракет (боєприпасів); при цьому для кожного бойового засобу j -го типу величина n_{ji} за операцію протягом T діб може дорівнювати: $n_{ji} = \kappa_{ji} \cdot T = \frac{Q_j}{s} \cdot T$, де $\kappa_{ji} = \frac{Q_j}{s}$ – можлива кількість стрільб, проведених одним бойовим

засобом j -го типу своїх військ, якщо за одну стрільбу витрачається S ракет (боєприпасів); Q_j – величина запасу ракет (боєприпасів), яка призначається кожному бойовому засобу j -го типу своїх військ на витрати протягом доби.

Модель друга. Математична модель визначення величини можливих втрат початкового БП своїх військ за добами операції тривалістю T днів [5].

Так, за операцію тривалістю T днів бойових дій кількість знищених бойових засобів своїх військ ΔN_{nj}^{δ} із початкового їх складу N_{0j}^{eum} унаслідок вогневого впливу на них з боку противника із середньодобовими за період T днів бойових дій припустимими відносними втратами β_{nj} бойових засобів j -го типу своїх військ становитиме:

$$\Delta N_{nj}^{\delta} = N_{0j}^{eum} \cdot \beta_{nj} \sum_{\psi=1}^T (1 - \beta_{nj})^{\psi-1} \approx \beta_{nj} \cdot T \cdot N_{0j}^{eum} \leq N_{0j}^{\delta}, \quad (10)$$

де: ψ – кількість днів операції тривалістю T ($\psi = 1; \psi = 2 \dots$).

Одержані вирази дають змогу в подальшому записати рекурентні залежності стосовно ψ -ї доби бойових дій ($\psi = \overline{1, T}$).

За початкової кількості $N_{0j\psi}^{eum}$ бойових засобів j -го типу своїх військ кількість цих засобів на початок ψ -ї доби бойових дій з урахуванням їх втрат (знищення) у попередню ($\psi - 1$) добу становитиме:

$$N_{0j\psi}^{eum} = N_{0j\psi-1}^{eum} - \Delta N_{nj\psi-1}^{\delta} = N_{0j}^{eum} \cdot (1 - \beta_{nj})^{\psi-2} \cdot N_{0j}^{eum} \cdot \beta_{nj} \cdot (1 - \beta_{nj})^{\psi-2} = N_{0j}^{eum} \cdot (1 - \beta_{nj})^{\psi-1}; \quad (11)$$

а кількість знищених бойових засобів із цього складу за ψ -ту добу бойових дій дорівнюватиме:

$$\Delta N_{nj\psi}^{\delta} = N_{0j\psi}^{eum} \cdot \beta_{nj} = N_{0j}^{eum} \cdot \beta_{nj} \cdot (1 - \beta_{nj})^{\psi-1}. \quad (12)$$

З урахуванням кількості N_{0j}^{eum} бойових засобів та втрат ΔN_{njT}^{δ} цих засобів за операцію тривалістю T днів бойових дій кількість бойових засобів j -го типу може бути обчислена:

$$N_{0jT}^{eum} = N_{0j}^{eum} - \Delta N_{njT}^{\delta} = N_{0j}^{eum} - N_{0j}^{eum} \cdot \beta_{nj} \cdot \sum_{\psi=1}^T (1 - \beta_{nj})^{\psi-1} = N_{0j}^{eum} \cdot (1 - \beta_{nj}) \cdot \sum_{\psi=1}^T (1 - \beta_{nj})^{\psi-1} = N_{0j}^{eum} \cdot (1 - \beta_{nj})^T. \quad (13)$$

Модель третя. Математична модель визначення величини можливих втрат початкового БП військ противника за добами операції тривалістю T днів [6].

Вважається, що значення $\beta_{np i}$ не змінюється за добами бойових дій. Це дає підстави записати рекурентні залежності стосовно ψ -ї доби бойових дій ($\psi = \overline{1, T}$). Тоді кількість знищених бойових засобів за початкової кількості $N_{0i np}$ бойових засобів i -го типу противника за ψ -ту добу бойових дій дорівнюватиме:

$$\Delta N_{np i \psi} = N_{0i np \psi} \cdot \beta_{np i} = N_{0i np} \cdot \beta_{np i} \cdot (1 - \beta_{np i})^{\psi-1}. \quad (14)$$

Отже, за операцію тривалістю T днів бойових дій буде знищено із середньодобовими відносними втратами $\beta_{np i}$ таку кількість бойових засобів i -го типу противника:

$$\Delta N_{np iT} = N_{0i np} \cdot \beta_{np i} \sum_{\psi=1}^T (1 - \beta_{np i})^{\psi-1} \approx N_{0i np} \cdot \beta_{np i} \cdot T \leq N_{0i np}. \quad (15)$$

З урахуванням кількості $N_{0i np}$ бойових засобів та втрат $\Delta N_{np iT}$ цих засобів за операцію тривалістю T днів бойових дій кількість бойових засобів i -го типу противника може бути обчислена так:

$$N_{0i np T} = N_{0i np} - \Delta N_{np iT} = N_{0i np} - N_{0i np} \cdot \beta_{np i} \cdot \sum_{\psi=1}^T (1 - \beta_{np i})^{\psi-1} = N_{0i np} \cdot (1 - \beta_{np i}) \cdot \sum_{\psi=1}^T (1 - \beta_{np i})^{\psi-1} = N_{0i np} \cdot (1 - \beta_{np i})^T. \quad (16)$$

Модель четверта. Математична модель визначення ймовірності $P_{ji} = \frac{\Delta N_{np ji}}{N_{0i np}}$ знищення j -ми бойовими засобами своїх військ хоча б одного бойового засобу i -го типу противника з урахуванням можливих втрат початкового БП своїх військ та військ противника [7].

За допомогою цієї моделі визначається ймовірність

$$P_{ji} = \frac{\Delta N_{np ji}}{N_{0i np}}$$

знищення j -ми бойовими засобами у складі

$$N_{0j}^{eum} \geq N_{0j} \text{ одиниць своїх військ за } n_{ji} = \frac{Q_j}{s} \cdot T \text{ здійснених}$$

стрільб кожним таким засобом протягом операції тривалістю T днів хоча б одного бойового засобу i -го типу противника з наявних $N_{0i np}$ одиниць із урахуванням можливих втрат початкового БП своїх військ та військ противника. У загальному випадку можна записати рівняння для

$$\text{визначення ймовірності } P_{ji} = \frac{\Delta N_{np ji}}{N_{0i np}}$$

знищення $\Delta N_{np ji}$ бойових засобів противника i -го типу у складі $N_{0i np}$ одиниць реальними бойовими засобами j -го типу у складі

$$N_{0j}^{eum} \geq N_{0j} \text{ одиниць своїх військ за } n_{ji} = \frac{Q_j}{s} \cdot T \text{ здійснених}$$

стрільб кожним таким засобом протягом операції тривалістю T днів з урахуванням можливих втрат протидіючих сторін:

$$P_{ji} = f(N_{0j}^{eum}, N_{0i np}) = 1 - e^{-\frac{R_{1ji} \cdot n_{ji} \cdot N_{0j}^{eum} \cdot (1 - \beta_{nj})^T}{N_{0i np} \cdot (1 - \beta_{np i})^T}} = 1 - e^{-\frac{R_{1ji} \cdot n_{ji} \cdot (1 - \beta_{nj})^T}{\alpha_{ji} \cdot (1 - \beta_{np i})^T}}. \quad (17)$$

Модель п'ята. Математична модель визначення потрібної кількості бойових засобів противника, яку слід знищити для досягнення потрібної (заданої) величини відверненого збитку своїх військ та забезпечення потрібного (заданого) рівня їх боєздатності θ^{eum} в операції тривалістю T днів [8].

Так, потрібна кількість ΔN_{npi} знищених бойових засобів i -го типу противника за період T діб бойових дій з наявних N_{0inpi} одиниць і з урахуванням впливу на них з боку бойових засобів усіх типів у складі N_0 одиниць протиборчих військ для досягнення ними значення θ^{aum} дорівнюватиме:

$$\begin{aligned} \Delta N_{npi} &= N_{0inpi} \cdot \beta_{npi} \cdot T = N_{0inpi} \cdot P_{npi} = \sum_j \Delta N_{npj} = \sum_j P_{ji} \cdot N_{0inpi} = \\ &= N_{0inpi} \cdot \sum_j P_{ji} \leq N_{0inpi}. \end{aligned} \quad (18)$$

Звідси ймовірність знищення силами та засобами всіх типів своїх військ в операції тривалістю T діб одного бойового засобу i -го типу противника з наявних N_{0inpi} одиниць за період T діб бойових дій:

$$P_{npi} = \frac{\Delta N_{npi}}{N_{0inpi}} = \left[1 - \prod_{j=1}^r (1 - P_{ji}) \right] \leq 1. \quad (19)$$

Потрібна кількість бойових засобів противника, яку необхідно знищити для досягнення потрібної (заданої) величини відверненого збитку своїх військ та забезпечення потрібного (заданого) рівня їх боєздатності θ^{aum} в операції тривалістю T діб обчислюватиметься так:

$$\begin{aligned} \Delta N_{np} &= \Delta \sum_i N_{npi} = N_{0npi} \cdot \beta_{npi} \cdot T = \sum_i \beta_{npi} \cdot N_{0inpi} \cdot T = N_{0npi} \cdot P_{npi} = \sum_i \Delta N_{npi} = \\ &= \sum_i P_{npi} \cdot N_{0inpi} = \sum_i N_{0inpi} \cdot \left[1 - \prod_{j=1}^r (1 - P_{ji}) \right] = \\ &= \sum_i N_{0inpi} \cdot \left[1 - e^{-\frac{\sum_{j=1}^r R_{1ji} \cdot n_{ji} \cdot N_{0jpi}^{aum} \cdot (1 - \beta_{npi})^T}{N_{0inpi} \cdot (1 - \beta_{npi})^T}} \right] = N_{0npi} - \sum_i N_{0inpi} \cdot \\ &\cdot e^{-\frac{\sum_{j=1}^r R_{1ji} \cdot n_{ji} \cdot N_{0jpi}^{aum} \cdot (1 - \beta_{npi})^T}{N_{0inpi} \cdot (1 - \beta_{npi})^T}} \geq \Delta N_{np}^{aum} = N_{0npi} \cdot \frac{\delta \Pi}{N_0 \cdot \beta_0 \cdot T} = \\ &= N_{0npi} \cdot \left(1 - \frac{1 - \theta^{aum}}{\beta_0 \cdot T} \right). \end{aligned} \quad (20)$$

Висновки та перспективи подальшого дослідження

Запропонована комплексна математична модель як складова обраного для проведення дослідження методичного апарату дасть можливість досягти кінцевої мети дослідження – обґрунтувати раціональний (оптимальний) бойовий склад Збройних Сил України через величину відверненого збитку своїх військ (сил) в операції (бойових діях) тривалістю T діб.

Вважається, що подальше використання цієї математичної моделі як штабної забезпечить процес роботи органів управління (штабів) під час оперативного планування операцій (бойових дій).

Перспективами подальшого дослідження є деталізація запропонованої комплексної математичної моделі та алгоритму дослідження з метою завершення розробки методичного апарату обґрунтування раціонального

(оптимального) бойового складу Збройних Сил України через величину відверненого збитку своїх військ (сил) в операціях (бойових діях).

Перелік літератури

1. Романченко І. С. Методологічні аспекти обґрунтування бойового складу військ в операціях з позиції запобіжного збитку цих військ / І. С. Романченко, В. О. Шуєнкін, В. М. Можаровський // Труді університету : зб. наук. пр. НУО України імені Івана Черняхівського. – К., 2015. – № 4 (131). – С. 43–48.
2. Можаровський В. М. Бойовий потенціал як визначальний фактор боєздатності Збройних Сил України / В. М. Можаровський, С. В. Годзь // Труді університету : зб. наук. пр. НУО України імені Івана Черняхівського. – К., 2016. – № 5 (138). – С. 5–12.
3. Можаровський В. М. Порядок визначення рівня боєздатності військ в операції / В. М. Можаровський // Зб. наук. пр. ЦНДІ ЗС України. – К., 2016. – № 4 (76). – С. 30–37.
4. Романченко І. С. Математична модель визначення ймовірності знищення бойовими засобами своїх військ хоча б одного бойового засобу противника без урахування можливих втрат початкового бойового потенціалу своїх військ і противника / І. С. Романченко, В. М. Можаровський // Труді університету : Зб. наук. пр. НУО України ім. Івана Черняхівського. – К., 2016. – № 6 (139). – С. 12–21.
5. Можаровський В. М. Математична модель визначення величини можливих втрат бойового потенціалу своїх військ за добами операції тривалістю T діб / В. М. Можаровський, С. В. Годзь // Зб. наук. пр. ХНУПС ім. Івана Кожедуба. – К., 2016. – Вип. 4 (49). – С. 23–27.
6. Можаровський В. М. Математична модель визначення величини можливих втрат бойового потенціалу військ противника за добами операції тривалістю T діб / В. М. Можаровський // Труді університету : зб. наук. пр. НУО України ім. Івана Черняхівського. – К., 2017. – № 1 (140). – С. 37–42.
7. Можаровський В. М. Математична модель визначення ймовірності знищення бойовими засобами своїх військ хоча б одного бойового засобу противника з урахуванням можливих втрат початкового бойового потенціалу своїх військ та противника / В. М. Можаровський, С. В. Годзь // Системи обробки інформації : щокварт. наук. вид. ХНУПС ім. Івана Кожедуба – Харків, 2017. – Вип. 1 (147). – С. 98–102.
8. Романченко І. С. Математична модель визначення потрібної кількості знищених бойових засобів противника для досягнення потрібної (заданої) величини відверненого збитку своїх військ в операції тривалістю T діб / І. С. Романченко, В. М. Можаровський // Зб. наук. пр. Центру воєнно-стратегічних досліджень НУО України ім. Івана Черняхівського. – К., 2017. – № 1 (59). – С. 85–93.
9. Неупокоев Ф. К. Стрельба зенітними ракетами / Ф. К. Неупокоев. – М. : Воениздат, 1970. – 352 с.
10. Петухов С. И. Эффективность ракетных средств ПВО / С. И. Петухов, А. Н. Степанов. – М. : Воениздат, 1976. – 104 с.
11. Оганесов А. А. Оценка эффективности стрельбы артиллерии : учеб. пособие / А. А. Оганесов. – Л. : ВАА, 1989. – 100 с.
12. Буравлев А. И. Влияние заданных значений ущерба и собственных потерь на решение боевых задач : учеб. пособие / А. И. Буравлев, И. П. Русанов // Воен. мысль. – 2011. – № 1. – С. 26–30.