

УДК. 681.5.015.3

М.М. Орлов, М.М. Олещук

## МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЗАЄМОДІЇ НАЗЕМНОГО І ПОВІТРЯНОГО КОМПОНЕНТІВ ПОВІТРЯНИХ СИЛ В УМОВАХ РЕСУРСНИХ ОБМЕЖЕНЬ

*Розглянуті підходи щодо розробки методики оцінювання ефективності взаємодії наземного і повітряного компонентів Повітряних Сил Збройних Сил України в умовах ресурсних обмежень.*

### Постановка проблеми

За сучасних умов, виходячи з перспективної структури Повітряних Сил Збройних Сил України [1], загострення проблеми ефективної взаємодії військових структур (з'єднань і військових частин) наземного і повітряного компонентів Військово-Повітряних Сил (ВПС) пов'язано з їх об'єднанням на оперативно-тактичному рівні двох видів Збройних Сил; суттєвим скороченням кількісного складу таких структур у межах відповідальності командування Повітряними Силами; частковим зниженням їх бойових можливостей, як результат зниження вогневих і розвідувальних можливостей, та можливостей з автоматизованого управління військами і бойовими діями. Водночас, таке об'єднання передбачає інтеграцію задумів і планів бойових дій військ (сил), бойових завдань і роз-

поділення зусиль за етапами бойового застосування сил та засобів наземного й повітряного компонентів. При цьому повинна бути створена система організації взаємодії, яка вирішує низку завдань оперативно-тактичного і тактичного рівня з урахуванням обмежених матеріальних  $R_M$ , людських  $R_L$  та фінансових  $R_F$  ресурсів (рис. 1).

Рішення загальної проблеми слід здійснювати поетапно, починаючи з тактичних питань. Одним з напрямків може бути розробка методики оцінювання ефективності взаємодії наземного і повітряного компонентів Повітряних Сил.

### Аналіз літератури

Створення ефективної взаємодії розглядалось у наукових роботах [2, 3] у плані теоретичного обгру-



нтування підходів і вироблення низки рекомендацій для умов майже необмежених людських, фінансових, матеріальних ресурсів. У [4] розглядаються загальні підходи організації взаємодії на тактичному рівні військових структур Сухопутних військ і армійської авіації без деталізації можливостей розповсюдження рекомендацій на інші види і роди Збройних Сил. У [5] розроблені рекомендації щодо об'єднання цивільно-військової системи організації повітряним рухом, які можуть частково бути використані при організації сумісних дій в єдиному повітряному просторі для забезпечення взаємної безпеки. Разом з тим, проблематичним залишається єдність підходів щодо організації взаємодії в теоретико-науковому плані. Появу "нових" обґрунтованих питань взаємодії в нормативних документах і науковій літературі [4, 5] слід віднести до певних особистих уявлень авторів.

У [6] з'явився термін міжвидової взаємодії "об'єднаність", який набув нового значення і змісту за результатами воєнних дій в Іраці. Цьому сприяла планомірна робота декількох поколінь адміністрацій президентів США (Рейгана, Буша старшого, Клінтона і Буша молодшого) з методичного формування якісно нового зовнішнього вигляду і внутрішнього стану збройних сил за рахунок реалізації концепції міжвидової взаємодії і відповідного виділення на ці цілі ресурсів (у першу чергу, фінансових  $R_{\phi}$ ). Як відмічає один із впливових американських спеціалістів Уільям Метьюс, американські командири стали здатними вміло інтегрувати сили, при цьому доволі суттєву увагу приділяють ефективному і гнучкому управлінню та зв'язку. Набуло суттєвої відчутності дійсне партнерство повітряної і наземної військової потужності: піхота виганяла супротивника з траншеї і укриття, а пілоти громили їх на відкритій місцевості. Одна авіація не впоралась би з таким завданням [6].

Система взаємодії військових структур Повітряних Сил ЗС України включає: організаційні заходи територіального підпорядкування військ (сил) єдиному органу управління; комплект узгоджених бойових документів; інтегральну систему управління. Суттєвою складовою такої системи є інтеграція військових структур наземного і повітряного компонентів в умовах їх суттєвого скорочення та ресурсних обмежень.

**Мета статті** – розглянути підходи щодо розробки методичного апарату (методики і програмного продукту) оцінювання ефективності взаємодії наземного і повітряного компонентів Повітряних Сил ЗС України в умовах ресурсних обмежень, який можна застосувати у військах.

## Основний матеріал

До проблемних питань взаємодії військових структур наземного і повітряного компонентів можна віднести:

1. Проблеми правових взаємовідносин між відповідними командирами (начальниками), які пов'язані з порядком підпорядкування, визначенням старшинства, урегулюванням амбіцій старших начальників.

2. Організаційні проблеми з урахуванням рівня підготовки органів управління (ОУ) і специфіки застосування сил та засобів при взаємодії, які пов'язані з опануванням посадовими особами питань сумісного застосування військ (сил).

3. Технічні проблеми взаємодії з урахуванням стану і перспектив озброєння та військової техніки (ОВТ) і системи управління, яка пов'язана зі створенням єдиної системи управління наземного й повітряного компонентів.

Шляхи рішення проблеми взаємодії пов'язані з територіальним принципом побудови угруповання військ (сил), підпорядкуванням їх єдиному органу управління, узгодженою роботою оперативних груп штабів, високою професійною підготовкою посадових осіб стосовно застосування військ (сил), створенням єдиної автоматизованої системи управління та сполученням усіх видів управління і зв'язку.

Виходячи з вищесказаного, концептуальну базу організації взаємодії повітряного і наземного компонентів можна сформулювати у вигляді наступних основних принципів:

відповідність забезпечення погодження і сполученості взаємодіючих систем управління на кожному рівні створеної структури;

дотримання встановлених меж в ієрархії структури взаємодіючих сил і засобів на основі обліку просторової розмірності бойових завдань і спільності їх змісту в конкретних умовах обстановки;

ефективність і надійність застосовуваних систем управління як сукупності органів і пунктів управління та системи зв'язку (СЗ) і комплексів засобів автоматизації (КЗА) управління, що забезпечують здійснення взаємодії;

ефективне застосування виділених фінансових ресурсів  $R_{\phi}$  на відпрацювання питань взаємодії в межах оперативно-тактичних навчань і полігонних стрільб.

Реалізація цих принципів у межах існуючої проблеми може бути здійснена із застосуванням розробленої комплексної методики і штабної математичної моделі. Методика складається з наступних блоків:

розрахунок можливої ефективності бойових дій військових структур повітряного компонента з урахуванням вогневої та інформаційної взаємодії з військовими структурами наземного компонента (блок  $E_{бдпк/нк}$ );

розрахунок інтегрального показника узгоджених дій щодо взаємодії, який характеризує ступінь реалізації вогневих можливостей військових структур повітряного компонента (блок  $П_{пк}$ );

розрахунок можливої ефективності бойових дій військових структур наземного компонента (блок

$E_{бднк}$ ). Спрощена структура методики надана на рис. 2.

Гіпотези і припущення щодо дій повітряного компонента:

розрахунок прогнозу ефективності бойових дій військових структур повітряного компонента з урахуванням вогневої та інформаційної взаємодії з військовими структурами наземного компонента розглядається при послідовному вводі складових повітряного компонента у бій з положення чергування на аеродромі;

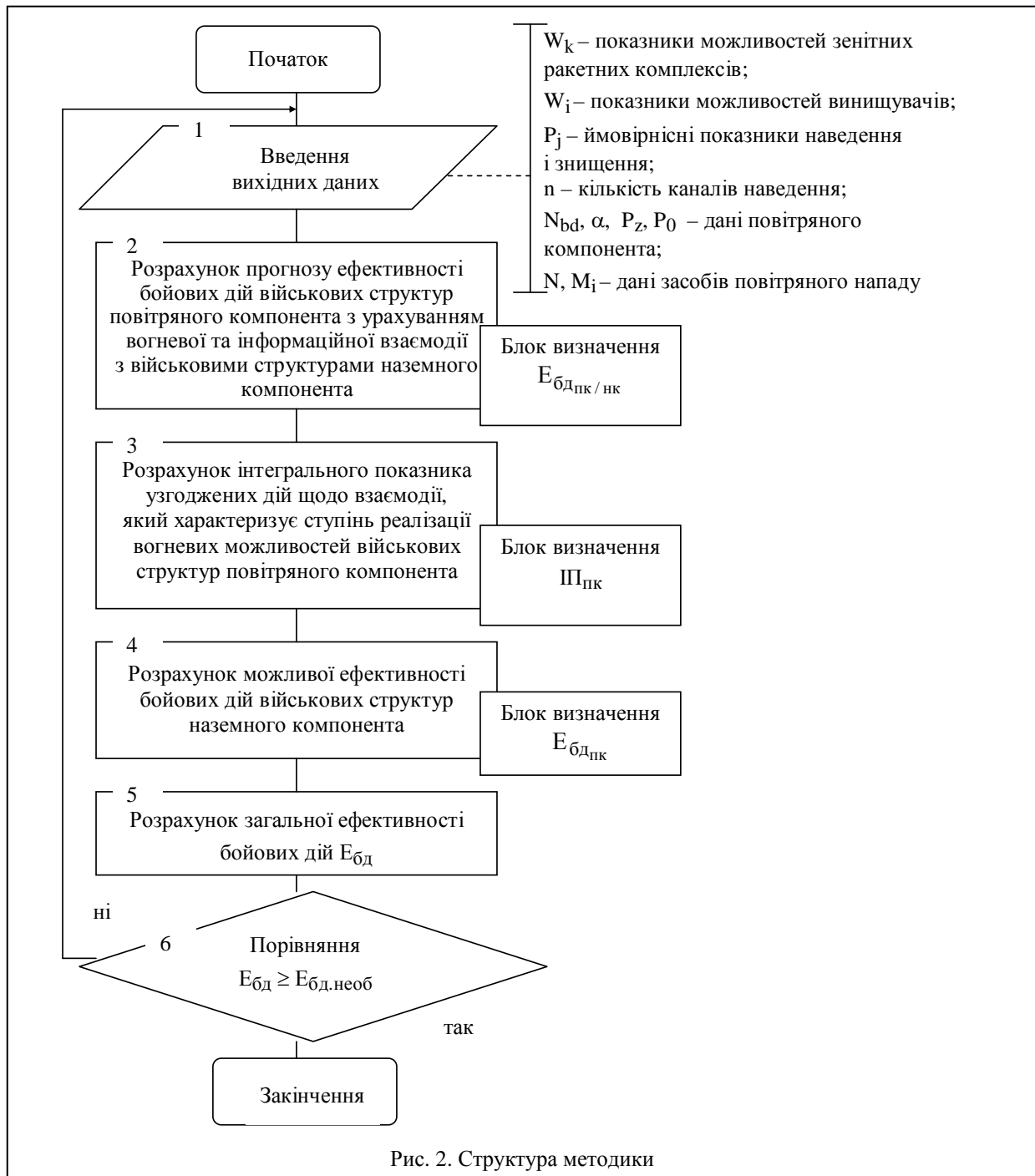


Рис. 2. Структура методики

коридори прольоту авіації будуть проходити через зони ураження складових наземного компонента;

дії авіації координуються з пунктів управління командирів військових структур наземного компонента;

зони бойових дій авіації можуть знаходитись у зоні ураження складових наземного компонента дальньої дії;

авіація буде виконувати бойові завдання в першому ешелоні.

Попередні розрахунки за вихідними даними можна провести з використанням математичного апарату, поданого в табл. 1. Вихідні дані:

склад сил повітряного  $N_{ла}$  і наземного  $N_{зрк}$  компонентів;

показники зльоту винищувача  $W_{wz}$ , виходу в точку зустрічі з повітряною ціллю  $W_{wux}$ , виявлення  $W_w$ , атаки  $W_{at}$  та знищення її  $W_{zn}$ ;

льотно-тактичні характеристики винищувачів; можливості системи управління  $P_{cy}$  і наведення  $P_b$ ;

часові показники бойового вильоту винищувачів  $T_{bw}$ ;

можливості щодо виявлення повітряної цілі  $P_o$ ;

середнє значення очікуваної тривалості удару

$T_{ud}$ ;

середнє по удару значення кількості засобів повітряного нападу в групах  $M_i$ ;

значення імовірності ураження одного винищувача в ході повітряного бою  $P_1$ .

Введення низки вихідних даних  $W_i$  (блок 1) дозволяє визначити імовірність виконання складовими повітряного компонента бойових завдань

$$P_y = \prod_{i=1}^n W_i . \quad (1)$$

З урахуванням можливостей повітряного компонента (кількість винищувачів  $N_{bg}$ ) і системи наведення (кількість каналів наведення  $n$ ) можна визначити реалізоване значення математичного сподівання кількості зайнятих каналів наведення  $M_{zk}$  з урахуванням їх максимального значення й обмежень на кількість формуючих нарядів винищувачів:

$$M_{zk} = \min \left\{ M_k, n, \frac{N_{bg}}{\alpha M_i} \right\}, \quad (2)$$

де  $\alpha$  – середнє значення коефіцієнта тактичної переваги, який показує, у скільки разів кількість винищувачів у групі, яка наводиться, повинна бути більше кількості засобів повітряного нападу в групі, яка атакує;

Таблиця 1

Попередні розрахунки	Математичний апарат
Визначається середнє за типами засобів повітряного нападу в ударі і за винищувачами значення імовірності виконання винищувачем бойового завдання	$P_y = W_{wux} W_{wz} W_w W_{at} W_{zn}$
Значення показника $N_i$ потрібного наряду винищувачів для знищення повітряних цілей з заданою імовірністю $P_z$ може бути отримано при гіпотезі про однакові умови впливу кожного із $N_i$ призначених винищувачів на ціль	$N_i = \frac{\ln(1-P_z)}{\ln(1-P_y)}$
З урахуванням потрібного наряду винищувачів $N_i$ для знищення повітряних цілей рішенням командира (начальника) винищувачам у складі $N_{bg}$ ставиться завдання на знищення $N_{wa}$ літаків супротивника	$N_{wa} = \frac{N_{bg}}{N_i}$
Визначаються можливості одного каналу наведення	$\mu = \frac{1}{T_{bw}}$
Знаходиться інтенсивність потоку виявлених груп засобів повітряного нападу супротивника	$I = \frac{N_{wa} P_o}{M_i T_{ud}}$
Знаходиться імовірність знищення одиночного засобу повітряного нападу винищувачами з урахуванням їх успішного наведення	$P_{y1} = 1 - (1 - P_y P_b)^\alpha$
Визначається імовірність ураження винищувача з урахуванням можливостей виводу його на повітряну ціль $P_b$	$P_{b1} = P_1 P_b$
Знаходиться допоміжне значення математичного сподівання кількості зайнятих каналів наведення автоматизованої системи управління в ході бою	$M_k = \frac{I}{\mu(1-P_{b1})}$

$M_i$  – середнє по удару значення кількості засобів повітряного нападу у групі.

Визначення максимально можливої кількості бойових вильотів  $N_{\max \text{wl}}$  з урахуванням ресурсних обмежень  $R_M$ ,  $R_L$  і максимально можливої кількості атакованих засобів повітряного нападу  $N_{\max \text{at}}$  з урахуванням відносних втрат  $\chi$  з обох сторін дозволяє здійснити оцінку (блок 2):

кількості виконаних атак цілей

$$N_{\text{at}} = \chi N_{\max \text{at}}; \quad (3)$$

кількості знищених засобів повітряного нападу

$$N_{\text{zn}} = \chi N_{\text{un}}; \quad (4)$$

кількості уражених винищувачів

$$N_{\text{p}} = \chi N_{\text{bg}}; \quad (5)$$

кількості бойових вильотів

$$N_{\text{wl}} = \chi N_{\max}^{\text{wl}}.$$

Вищезазначені процеси реалізовані у штабній математичній моделі за допомогою програмного забезпечення (ПЗ) Mathcad. При встановлених вихідних даних знаходяться оцінки досягнутих до моменту закінчення удару засобів повітряного нападу (ЗПН) значень математичних сподівань визначених показників:

кількість виконаних атак цілей

$$N_{\text{at}} := \chi \cdot N_{\max \text{at}},$$

$$N_{\text{at}} = 32;$$

кількість знищених ЗПН

$$N_{\text{zn}} := \chi \cdot N_{\max \text{un}},$$

$$N_{\text{p}} = 13,188;$$

кількість уражених винищувачів

$$N_{\text{p}} := \chi \cdot N_{\text{bg}},$$

$$N_{\text{p}} = 19,2;$$

кількість бойових вильотів

$$N_{\text{w}} := \chi \cdot N_{\max \text{wl}},$$

$$N_{\text{w}} = 40.$$

Розрахунок інтегрального показника узгоджених дій щодо взаємодії, який характеризує ступінь реалізації вогневих можливостей військових структур повітряного компонента (блок 3), вміщує таке:

1. Розрахунок показника, що характеризує імовірність прольоту своїх літаків у зоні вогню своїх наземних зенітних ракетних комплексів (ЗРК):

$$P_{\text{pr}} = \left[ 1 - (1 - P_0)^f \right]^{\text{ent} \left( \frac{S}{\Delta t V} \right)}, \quad (7)$$

де  $P_0$  – імовірність виявлення групи ЗПН противника;

$r$  – кількість упізнавань у циклі (за час бойової роботи по цілі);

$S$  – відстань, яку пролітає літак у зоні ураження ЗРК у коридорі прольоту, м;

$\Delta t$  – час між послідовними циклами, коли здійснюється впізнавання, с;

$V$  – швидкість польоту винищувача в коридорі прольоту, м/с.

2. Розрахунок показника, який характеризує оперативність управління взаємодії:

$$P_{\text{oy}} = 1 - \exp \left( - \frac{T_{\text{pid}}}{T_{\text{pot}}} \right), \quad (8)$$

де  $T_{\text{pid}}$  – підлітний час для винищувальної авіації;

$T_{\text{pot}}$  – потрібний час для рішення бойових завдань винищувальною авіацією.

3. Розрахунок показника, який характеризує живучість пунктів управління:

$$P_{\text{py}} = P_{\text{nw}} P_{\text{wid}} P_{\text{mc}} P_{\text{zx}} P_{\text{mb}}, \quad (9)$$

де  $P_{\text{nw}}$  – імовірність невиявлення пунктів управління;

$P_{\text{wid}}$  – імовірність відновлення пунктів управління;

$P_{\text{mc}}$  – імовірність маскуванння пунктів управління;

$P_{\text{zx}}$  – імовірність захищеності пунктів управління;

$P_{\text{mb}}$  – імовірність мобільності пунктів управління.

4. Розрахунок показника, який характеризує стійкість роботи системи зв'язку:

$$P_{\text{cz}} = K_{\text{cp}} P_{\text{bz}} P_{\text{zs}}, \quad (10)$$

де  $K_{\text{cz}}$  – коефіцієнт справності ліній зв'язку у довільно вибраній час;

$P_{\text{bz}}$  – імовірність живучості вузлів зв'язку;

$P_{\text{zs}}$  – імовірність завадостійкості системи зв'язку.

5. Розрахунок інтегрального показника узгоджених дій взаємодії, який характеризує ступінь реалізації вогневих можливостей військової структури повітряного компонента:

$$Q = 0,95 P_{\text{pr}} P_{\text{oy}} P_{\text{py}} P_{\text{cz}}, \quad (11)$$

де 0,95 – значення показника імовірності надійної роботи комплексу засобів автоматизації системи управління.

Методика реалізована у штабній математичній моделі за допомогою ПЗ Mathcad (рис. 3):

$$P_{pr} := \left[ 1 - (1 - P_o)^r \right]^{\text{ceil} \left( \frac{S}{\Delta t V} \right)}$$

$$P_{pr} = 0,914$$

$$P_{oy} := 1 - \exp \left( \frac{-T_{pid}}{T_{pot}} \right)$$

$$P_{oy} = 0,939$$

$$P_{py} := P_{nw} \cdot P_{wid} \cdot P_{mc} \cdot P_{zx} \cdot P_{mb}$$

$$P_{py} = 0,509$$

$$P_{cz} := K_{cp} \cdot P_{gw} \cdot P_{zs}$$

$$P_{cz} = 0,325$$

$$Q := P_{pr} \cdot P_{oy} \cdot P_{py} \cdot P_{cz} \cdot 0,95$$

Рис. 3. Програма 1-ої реалізації методики

Звідси приріст ефективності бойових дій військових структур повітряного компонента в загальну ефективність бойових дій військових структур наземного компонента:

$$E_{wa} := \frac{N_{zn} Q}{N};$$

$$E_{wa} = 0,018,$$

де  $N$  – очікувана кількість засобів повітряного нападу у складі удару;

$N_{zn}$  – кількість знищених засобів повітряного нападу винищувальною авіацією.

Розрахунок прогнозу ефективності бойових дій наземних військових структур наземного компонента за методикою [7] (блок 4) з урахуванням певних гіпотез і допущень вміщує визначення ефективності бойових дій наземних військових структур наземного компонента з урахуванням певних повітряних цілей, які знищені винищувальною авіацією:

$$E_{zrw} = \frac{N_y}{N - N_{zn}}, \quad (12)$$

де  $N_y$  – кількість знищених засобів повітряного нападу зенітними ракетними комплексами.

Остаточно загальна ефективність бойових дій буде:

$$E_{\text{бд}} = E_{wa} + E_{zrw}. \quad (13)$$

Результати штабної математичної моделі Mathcad (рис. 4):

$$E_{zrv}(T_{ud}) := \frac{N_y(T_{ud})}{N}$$

$$E_{zrv}(T_{ud}) = 0,249$$

$$E_{\text{бд}} := E_{wa} + E_{zrv}(T_{ud})$$

$$E_{\text{бд}} = 0,267$$

Рис. 4. Програма 2-ої реалізації методики

Оцінювання отриманих результатів і порівняння з установленими здійснюється в блоці 6. У разі отримання низьких результатів іде пошук їх збільшення за рахунок збільшення кількісних показників вогневих структур наземного і повітряного компонентів, а також покращання показників системи розвідки, управління і наведення. Співвідношення цих складових для досягнення необхідного результату ефективності бойових дій – це тема окремого дослідження.

### Висновки

Розроблена методика і штабна математична модель дозволяють:

1. Попередньо обрахувати необхідні власні ресурси повітряного компонента (кількість літаків винищувачів і кількість бойових вильотів) при заданих втратах противника та можливу кількість знищених засобів повітряного нападу при виділеному льотному ресурсі (рис. 5).

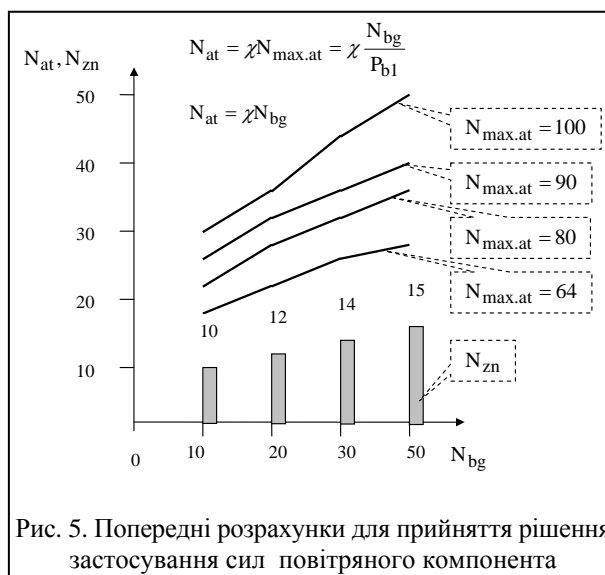


Рис. 5. Попередні розрахунки для прийняття рішення застосування сил повітряного компонента

2. Визначити ступінь ризику знаходження своїх літаків у зоні вогню ЗРК при встановлених (отриманих) значеннях складових системи управління (пункти управління і система зв'язку). Користуючись виразом 7, на етапі проведення оперативно-тактичних розрахунків визначається швидкість польоту своїх літаків у зоні вогню зенітних ракетних комплексів при встановлених вогневих можливостях ЗРК. Для існуючих показників зон вогню ЗРК середньої дії і можливостей системи впізнавання щодо своїх винищувачів при швидкості їх польоту в зоні вогню 420...580 км/год. ступінь ризику буде в межах  $P_{pr} = 0,92...0,97$ .

3. Визначити інтегральний показник узгоджених дій щодо взаємодії, який характеризує ступінь реалі-

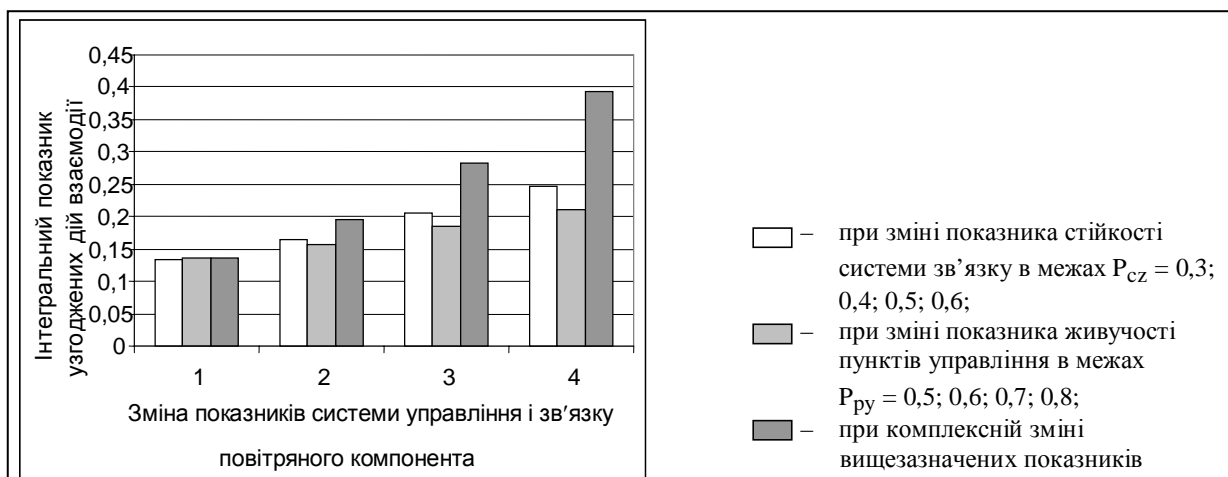


Рис. 6. Можливі значення показника узгодженості дій взаємодії

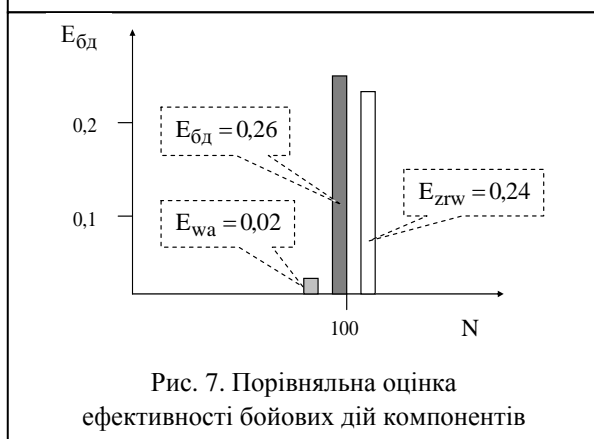


Рис. 7. Порівняльна оцінка ефективності бойових дій компонентів

зації вогневих можливостей військових структур повітряного компонента (рис. 6). Наведені дані дозволяють визначити наряд сил повітряного компонента залежно від кількості засобів повітряного нападу в нальоті й відсоток їх знищення.

4. Визначити ефективність бойових дій військових структур наземного компонента з урахуванням участі повітряного компонента та загальної ефективності бойових дій обох компонентів (рис. 7).

Звідси можна зробити об'єктивні розрахунки щодо вкладання ресурсів у відповідні компоненти. Ефективність бойових дій наземного компонента більш як у 10 разів перевищує ефективність бойових дій повітряного компонента.

5. Спланувати розподілення обмежених ресурсів при організації взаємодії наземного і повітряного компонентів з урахуванням елементів вогневої та інформаційної взаємодії і створеної інтегрованої системи управління.

6. Чітко розподілити завдання між взаємодіючими компонентами, суворим визначенням місця, часу і порядку узгоджених дій.

7. Визначити механізм створення ефективної

структури системи управління (у які складові необхідно вкласти відповідні ресурси).

8. Обґрунтувати необхідність удосконалення системи взаємодії наземного і повітряного компонентів в умовах скорочення потенційних можливостей військових структур Повітряних Сил ЗС України.

Розроблена математична модель і отриманий програмний продукт при реалізації у військах можуть бути використані при виробленні пропозицій до рішення командира (начальника).

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стратегічний оборонний бюлетень України на період до 2015 року (Біла книга України). – К.: Аванпост-прим, 2004. – С. 87 – 92.
2. Барвиненко В.В. Об организации взаимодействия войск и сил ПВО // Военная мысль. – 1991. – № 3. – С. 18 – 23.
3. Родский Ю.А. Каким быть войскам обороны воздушного пространства? // Народна Армія. – 1992. – С. 1.
4. Харитонов К.П. К вопросу взаимодействия соединений и частей СВ с авиацией в общевойсковом бою // Военная мысль. – 1996. – № 4. – С. 21 – 24.
5. Ткачов В.В. Об'єднана цивільно-військова система організації повітряним рухом // Наука і оборона. – 1999. – № 2. – С. 13 – 16.
6. Печуров С.Л. Межвидовое взаимодействие: Испытание Ираком // Независимое военное обозрение. – 2003. – № 36. – С. 3.
7. Городнов В.П. Методика прогноза эффективности группировок родов войск ПВО / Уч. пособие. – Х.: ХВУ, 1999. – 32 с.

Надійшла 25.03.2005

Рецензент: д-р військ. наук професор І.О. Кириченко, Харківський університет Повітряних Сил.