

УДК 355.58

Пуховий Олександр Володимирович (кандидат військових наук, доцент)

<https://orcid.org/0000-0002-2863-3374>

Попов Сергій Едуардович (кандидат військових наук, доцент)

<https://orcid.org/0000-0001-7410-1267>

Дворніченко Ігор Олександрович

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ РОЗВІДКИ

В статті проведений аналіз науково-методичного апарату, що використовується для оцінювання ефективності радіолокаційної розвідки та обраний узагальнений показник ефективності радіолокаційної розвідки. Наведені основні положення методики оцінювання ефективності радіолокаційної розвідки. Методика може бути використана для оцінювання ефективності радіолокаційної розвідки під час планування бойового застосування угруповання радіотехнічних військ з метою вибору раціонального варіанту для безпосереднього планування радіолокаційної розвідки повітряного противника.

Ключові слова: радіолокаційна розвідка, ефективність, методика, радіотехнічні війська.

Вступ

Аналіз локальних війн та збройних конфліктів, у тому числі російсько-української війни, свідчить про те, що досягнення мети бойових дій суттєво залежить від результатів прикриття військ та об'єктів від ударів з повітря. Актуальною є потреба у високій точності прогнозування результатів протиборства у повітряній сфері. Це дозволяє обрати оптимальний варіант дій сил та засобів протиповітряної оборони (ППО), у тому числі частин та підрозділів радіотехнічних військ (РТВ), які залучаються до ведення радіолокаційної розвідки. Під час вироблення замислу бойового застосування розробляється декілька варіантів бойового застосування, які відрізняються порядком застосування сил та засобів РТВ під час ведення радіолокаційної розвідки. Для порівняння та вибору оптимального варіанту бойового застосування проводиться оцінювання ефективності варіантів бойового застосування. Результати оцінювання ефективності на етапі вироблення замислу дозволяють забезпечити вироблення обґрунтованих рекомендацій щодо ведення радіолокаційної розвідки підрозділами РТВ. Тому пошук шляхів щодо розвитку науково-методичного апарату оцінювання ефективності радіолокаційної розвідки визначає актуальність даної статті.

Аналіз публікацій [1-9], де авторами розглядається питання оцінювання ефективності радіолокаційної розвідки свідчить, що для оцінювання ефективності радіолокаційної розвідки найбільш широко застосовуються аналітичні та графоаналітичні методи, а також методи імітаційного моделювання.

Аналітичний метод дозволяє оцінити ймовірність своєчасного виявлення цілей як функцію ймовірностей виявлення на заданій дальності та безперервного їх супроводження в

радіолокаційному полі (РЛП) угруповання РТВ. Він базується на встановленні формульних, аналітичних залежностей між параметрами. Аналітичний метод досить простий в реалізації, але в ході реалізації допускається ряд припущень та обмежень, які чинять суттєвий вплив на достовірність результатів, які отримуються.

У основу графоаналітичного методу покладений принцип побудови сукупності перерізів РЛП на різних висотах відносно рельєфу місцевості та аналізу отриманих перерізів для визначення параметрів поля. Кількість виявлених цілей визначається шляхом послідовної оцінки можливостей виявлення кожної цілі в наявності з урахуванням параметрів польоту цілей. Метод базується на використанні номограм, графіків. Найбільш істотними недоліками графоаналітичного методу є неможливість урахування випадкового характеру процесу виявлення цілей та недостатня достовірність результатів, що отримуються через малу кількість факторів, що враховуються.

Метод імітаційного моделювання базується на використанні імітаційних моделей та передбачає імітацію на ПЕОМ радіолокаційної розвідки. Переваги методу полягають у найбільш точному врахуванні впливу зовнішніх та внутрішніх факторів досліджуваної системи, отримання результатів високої достовірності. Але складність та об'єм розробки моделей суттєво підвищується.

Взагалі сформувалося декілька напрямків, які відрізняються між собою підходами до оцінювання ефективності радіолокаційної розвідки.

Для кількісної оцінки ефективності радіолокаційної розвідки авторами пропонується використовувати такі показники ефективності: ймовірність своєчасного виявлення повітряних цілей та видачі радіолокаційної інформації по ним споживачам; межі суцільного радіолокаційного

поля (нижня, верхня); рубежі виявлення та видачі радіолокаційної інформації споживачам по повітряним цілям на різних висотах; площа суцільного РЛП на визначеній висоті; коефіцієнт перекриття РЛП [3]; у [2] застосовуються такі показники як ймовірність виявлення повітряних цілей; математичне сподівання кількості цілей, що виявлені з імовірністю не нижче заданої; математичне сподівання кількості цілей щодо яких своєчасно видане оповіщення; математичне сподівання кількості цілей щодо яких своєчасно видана бойова інформація. У [1] викладено підхід, за яким оцінювання ефективності системи радіолокаційної розвідки пропонується здійснювати за показниками якості трасової інформації про цілі (просторові, часові, точностні, показники достовірності та завантаженості системи). У своїй сукупності вони представляють інтегральну характеристику якості трасової інформації.

Крім того потребує розгляду можливість приведення часткових показників до одного узагальненого шляхом побудови вагової функції від часткових показників. Але використання такого показника потребує вирішення складної задачі вибору ваги показників. Також виникає проблема зіставлення двох або більше різномірних показників ефективності. Один з шляхів приведення різномірних показників ефективності до одного узагальненого з використанням методу таксономії наведений в [8].

В цілому існуючі методики оцінювання ефективності радіолокаційної розвідки можуть бути взяті за основу для подальшого удосконалення.

Метою статті є удосконалення методики оцінювання ефективності радіолокаційної розвідки.

Матеріали та методи

Військовим довідником [1] для подальшого використання визначено, що спроможність – це здатність органів В статті застосовується теорія ймовірностей при визначенні часткових показників ефективності; метод двох функцій для розподілу радіотехнічних підрозділів по завданням під час формування варіанту радіолокаційної розвідки; метод імітаційного моделювання для моделювання радіолокаційної розвідки.

Результати

Під ефективністю радіолокаційної розвідки в статті розуміється ступінь відповідності результатів радіолокаційної розвідки завданням, що покладаються на РТВ з ведення радіолокаційної розвідки.

Оцінка ефективності можлива, якщо визначений показник ефективності. Вихідним моментом формування методики оцінювання ефективності є вибір показників та критерію ефективності. Основний принцип вибору показника ефективності – його суворі відповідність

меті, яка повинна бути досягнута у результаті виконання завдання.

Так як мета радіолокаційної розвідки – своєчасне виявлення повітряних цілей, безперервне їх супроводження та видача радіолокаційної інформації (РЛП) необхідної якості, то показник ефективності повинен бути мірою досягнення цієї мети.

У статті за показник ефективності, який характеризує ступінь відповідності результатів радіолокаційної розвідки завданням, що покладаються, обраний відомий показник – математичне сподівання доли кількості цілей, що приймають участь в ударі, інформація по яким видана споживачам з необхідною якістю:

$$E = \frac{M_{\text{вуд}}}{N_{\text{ц}}}, \quad (1)$$

де $M_{\text{вуд}}$ - математичне сподівання кількості цілей, інформація по яким видана споживачам з необхідною якістю;

$N_{\text{ц}}$ - прогнозована кількість цілей в ударі.

$$M_{\text{вуд}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{ц}}} P_{\text{в}} P_{\text{супр}} P_{\text{з.т.ц}}, \quad (2)$$

де $P_{\text{в}}$ – ймовірність виявлення i -ої цілі до потрібного рубежу видачі інформації;

$P_{\text{супр}}$ – ймовірність стійкого супроводження i -ої цілі в РЛП;

$P_{\text{з.т.ц}}$ – ймовірність видачі інформації заданої точності по i -й цілі.

$$P_{\text{в}} = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - P_{\text{в}j}), \quad (3)$$

де $P_{\text{в}j}$ – ймовірність виявлення i -ої цілі j -ою РЛС;

m – кількість РЛС.

$$P_{\text{в}j} = \exp \left\{ -0,69 \left(\frac{D_j}{D_{j(0,5)}} \right)^4 \right\}, \quad (4)$$

де D_j – дальність до i -ої цілі;

$D_{j(0,5)}$ – дальність виявлення i -ої цілі j -ою РЛС з імовірністю 0,5.

$$P_{\text{супр}} = \frac{\sum_{n=1}^K l_{n_i}}{S_i}, \quad (5)$$

де l_{n_i} – протяжність n -ої ділянки супроводження i -ої цілі в радіолокаційному полі;

S_i – протяжність маршруту i -ої цілі в радіолокаційному полі;

K – кількість ділянок безпровального супроводження i -ої цілі.

Ймовірність видачі інформації заданої точності по i -й цілі для частин зенітних ракетних військ (ЗРВ) визначається за формулою:

$$P_{з.м.,(ЗРВ)} = \Phi\left(\frac{0,5R_D}{\sigma_D}\right)\Phi\left(\frac{0,5R_\beta}{\sigma_\beta}\right)\Phi\left(\frac{0,5R_\epsilon}{\sigma_\epsilon}\right), \quad (6)$$

де $\Phi(x)$ – інтеграл ймовірності;

R_D, R_β, R_ϵ – розміри простору по дальності, азимуту та куту місця відповідно, що переглядаються на екрані індикатору станції наведення ракет;

$\sigma_D, \sigma_\beta, \sigma_\epsilon$ – середні квадратичні похибки

інформації по дальності, азимуту та куту місця відповідно.

Ймовірність видачі інформації заданої точності по i -й цілі для частин винищувальної авіації (ВА) визначається за формулою:

$$P_{з.м.,(ВА)} = \Phi\left(\frac{0,5R_D}{\sigma_D}\right)\Phi\left(\frac{0,5R_Q}{\sigma_Q}\right)\Phi\left(\frac{0,5R_H}{\sigma_H}\right), \quad (7)$$

де R_D, R_Q, R_H – розміри простору по дальності, курсу та висоті відповідно, що переглядаються на екрані бортової РЛС винищувача;

$\sigma_D, \sigma_Q, \sigma_H$ – середні квадратичні похибки інформації по дальності, курсу та висоті відповідно.

Обраний показник ефективності охоплює результати основних процесів радіолокаційної розвідки та видачі РЛІ та характеризує результат радіолокаційної розвідки повітряного противника.

Розглянемо блок-схему методу оцінювання ефективності радіолокаційної розвідки (рис. 1).

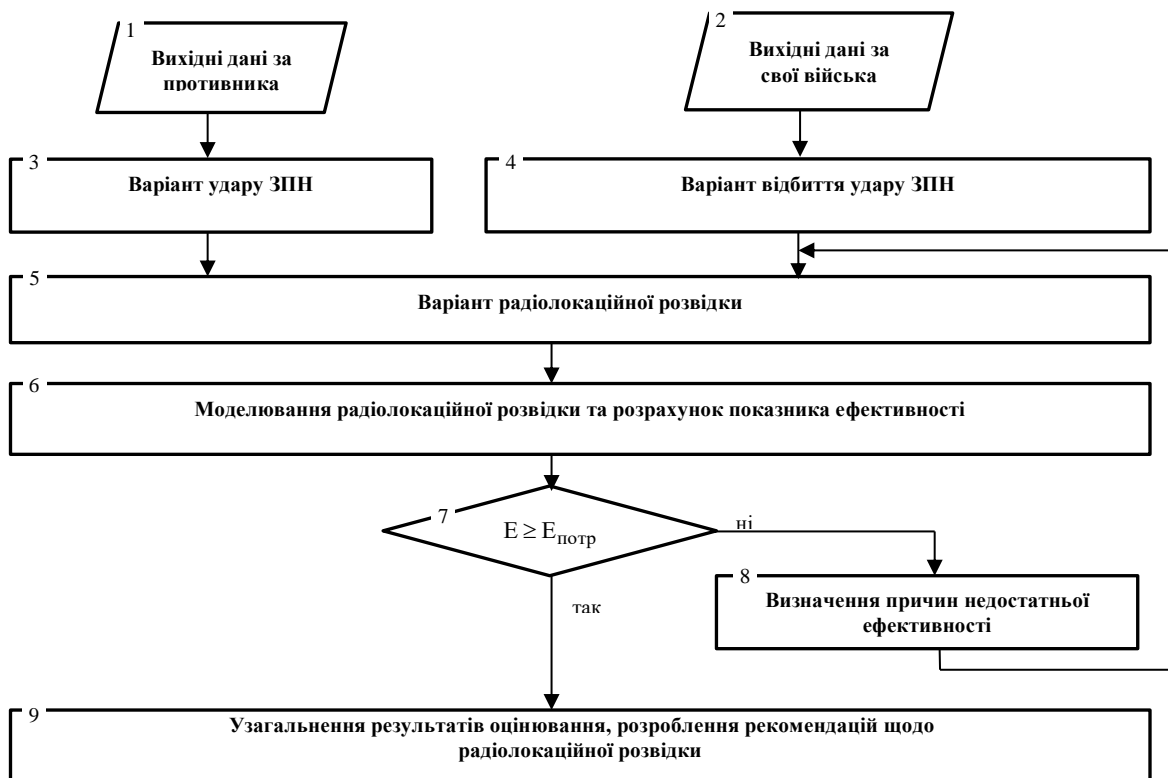


Рисунок 1. Блок-схема методу оцінювання ефективності радіолокаційної розвідки

У блоці 1 під час оцінювання обстановки визначаються вихідні дані за противника. Вихідними даними є: угруповання ЗПН на даному напрямку (розміщення аеродромів, з яких очікуються бойові дії ЗПН, типи та кількість літаків на них, організаційна структура, ступені бойової готовності ЗПН, льотно-тактичні характеристики ЗПН). Основними льотно-тактичними

характеристиками, які впливають на виконання бойових завдань угрупованням РТВ є: тип ЗПН та його бойове призначення; ЕПР ЗПН; дальність та тактичний радіус дії; максимальна та крейсерська швидкість, за якими можуть бути розраховані часові показники нальоту (час входу цілей в зони виявлення РЛС, підлітний час); мінімальна та максимальна висоти бойового застосування;

можливості ЗПН по маневру курсом, швидкістю та висотою, знання яких використовується при оцінці можливих тактичних прийомів, а в ході бойового застосування – при обробці РЛІ; можливості різних типів ЗПН по постановці завад, як основи для розробки моделі завадової обстановки, що очікується під час нальоту.

Наведені вихідні дані є основою для визначення ймовірного варіанту удару ЗПН (блок 3). Так як дії повітряного противника мають певну невизначеність, то вони можуть визначатися методами прогнозування. У відношенні до повітряного противника виділяють прогноз можливостей угруповання ЗПН, прогноз масштабу та характеру його дій. При прогнозуванні масштабу та характеру дій визначається кількість ЗПН, можливі наряди ЗПН на об'єкти удару, напрямки та висоти дій ЗПН, щільність нальоту, способи подавлення системи ППО та ін. На основі прогнозування масштабу та характеру дій розробляються моделі варіантів удару ЗПН.

У блоці 2 визначаються вихідні дані за свої війська. За ЗРВ визначається місцеположення зенітних ракетних дивізіонів ЗРВ, типи ЗРК, час приведення частин та підрозділів в готовність №1, час прийняття рішення на КП, робітний час ЗРК, середня швидкість польоту ракети до дальньої межі зони ураження на різних висотах, дальня та ближня межа зони ураження ЗРК для різних висот та швидкостей польоту цілей.

За ВА визначається дислокація аеродромів та КП (ПН) ВА, зони чергування у повітрі винищувачів, рубежі перехвату, типи літаків, час приведення в готовність №1, час прийняття рішення на КП ВА, час польоту винищувачів до рубежів введення в бій відносно аеродромів та зон чергування у повітрі, час маневру винищувачів для виходу в область можливої атаки.

У блоці 4 визначається варіант відбиття удару ЗПН. Варіант відбиття удару ЗПН залежить від кількості об'єктів прикриття, їх розподілу по фронту та в глибину, важливості об'єктів прикриття, можливостей наявних сил та засобів ППО. Під варіантом відбиття удару ЗПН противника розуміється встановлений порядок бойових дій визначених сил та засобів ППО з розподілом зусиль по зонах, по висотах, по цілях, по напрямках, по смугах, по рубежах, по секторах та за часом [7].

В блоці 5 визначається варіант радіолокаційної розвідки, який зводиться до знаходження такого складу (перелік та кількість елементів) та структури (взаємне розташування елементів і сукупність взаємозв'язків між ними), які своїми включеними засобами дозволять створити РЛП з визначеними параметрами, та яке задовольнить встановлені вимоги споживачів до РЛІ. Тобто під варіантом радіолокаційної розвідки розуміється таке кількісно-якісне співвідношення керованих параметрів (склад, кількість, тип засобу, розміщення на місцевості), яке дозволить створити РЛП з визначеними параметрами з урахуванням ресурсних обмежень. Вихідними даними для

варіанту радіолокаційної розвідки є вимоги споживачів РЛІ до рубежів видачі РЛІ, вимоги до кількості цілей, що одночасно видаються та вимоги до точності РЛІ, що видається, а також наявність ресурсів (РЛС, КЗА, засоби зв'язку) [7].

Для формування варіанту радіолокаційної розвідки можливо використати методику щодо розподілу радіотехнічних підрозділів по завданням, які вони вирішують при забезпеченні споживачів радіолокаційною інформацією, що наведена в [10]. Дана методика базується на використанні методу двох функцій, що дозволяє врахувати індивідуальні бойові можливості радіотехнічних підрозділів при виконанні спектру різних завдань (враховується індивідуальна сукупність показників ефективності підрозділів РТВ щодо виконання конкретного завдання по забезпеченню конкретного споживача) та сформуванню варіанту радіолокаційної розвідки.

В блоці 6 здійснюється моделювання радіолокаційної розвідки та розрахунок показника ефективності радіолокаційної розвідки.

У блоці 7 здійснюється порівняння значення отриманого показника ефективності з потрібним. При задоволенні критерійної оцінки здійснюється розроблення рекомендацій щодо радіолокаційної розвідки (блок 9). При незадоволенні умов критерійної оцінки визначаються причини недостатньої ефективності (блок 8) та новий варіант радіолокаційної розвідки. При відсутності ресурсів та незадоволенні умов критерійної оцінки обирається варіант, який забезпечує максимальну ефективність радіолокаційної розвідки.

Обговорення

Основою методики оцінювання ефективності радіолокаційної розвідки є узагальнений показник ефективності, який в повній мірі характеризує ступінь відповідності результатів радіолокаційної розвідки та відповідність її меті.

Запропонована методика оцінювання ефективності радіолокаційної розвідки представляє собою логічну послідовність дій щодо формування варіанту радіолокаційної розвідки та його оцінювання за обраним показником ефективності.

Висновки

Авторами запропоновано методику оцінювання ефективності радіолокаційної розвідки, яка може бути використана під час планування радіолокаційної розвідки угруповання РТВ.

Методика дозволяє оцінити прогностичну ефективність радіолокаційної розвідки та обрати раціональний варіант для безпосереднього планування радіолокаційної розвідки повітряного противника.

Список використаних джерел

1. П.М. Сніцаренко. Методологічні основи створення і розвитку радіолокаційних систем ППО. Наука і оборона. Київ, 1998, №1. С. 39-42.
2. І.С. Романченко, О.М. Загорка, С.Г. Бутенко, О.В. Дейнега. Теорія і практика боротьби з малорозмірними низьколітніми цілями (оцінка можливостей, тенденції розвитку засобів протиповітряної оборони): монографія. Житомир, 2011.

344 с.

3. В.П. Городнов. Методики прогноза ефективності родов войск ПВО. Харьков, 1999. 32 с.

4. В.П. Городнов, Г.А. Дробаха, М.О.Єрмошин. Моделювання бойових дій військ (сил) протиповітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними (теорія, практика, історія розвитку): монографія. Харків, 2004. 409 с.

5. Д.І. Гразіон. Удосконалена методика оцінювання ефективності ведення радіолокаційної розвідки повітряного противника з урахуванням боротьби з КР. Збірник наукових праць ЦНДІ ЗСУ. Київ, 2005. №1(31). С. 80-88.

6. С.П. Ярош. Теоретичні основи побудови та застосування розвідувально-управляючих інформаційних систем протиповітряної оборони: монографія. Харків, 2012. 512 с.

7. О.В. Пуховий. Удосконалена методика оцінювання

ефективності бойового застосування угруповання радіотехнічних військ. Збірник наукових праць ХУПС. Харків, 2013. №1(34). С. 16-19.

8. О.В. Пуховий. Методика розрахунку показника ефективності бойового застосування радіотехнічних військ. Труды університету. Київ, 2016. №1(134). С. 151-155.

9. О.В. Пуховий, С.Е. Попов, В.П. Диптан. Підхід до оцінювання ефективності системи розвідки повітряного противника. Specialized and multidisciplinary scientific researches: Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ» with Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Амстердам, 2020. №6. С. 138-139.

10. П.В. Щипанський, О.В. Пуховий. Обґрунтування підходу до раціонального розподілу радіотехнічних підрозділів угруповання радіотехнічних військ для виконання завдань радіолокаційного забезпечення. Труды університету. Київ, 2019. №1(151). С. 48-53.

METHODOLOGY OF EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF RADAR RECONNAISSANCE

Oleksandr Pukhovyi (Candidate of Military Sciences, Associate Professor)

<https://orcid.org/0000-0002-2863-3374>

Serhyi Popov (Candidate of Military Sciences, Associate Professor)

<https://orcid.org/0000-0001-7410-1267>

Igor Dvornichenko

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

In article analyzes the scientific and methodological apparatus used to evaluate the effectiveness of radar reconnaissance and selected indicator of the effectiveness of radar reconnaissance. The main provisions of the methodology for evaluating the effectiveness of radar reconnaissance are given. The methodology can be used to evaluate the effectiveness of radar reconnaissance during the planning of the combat use of a group of radio troops with to choose a rational option for planning of radar reconnaissance of the air enemy.

Keywords: radar reconnaissance, effectiveness, methodology, radio troops.

References

1. P.M.Snitsarenko. Metodolohichni osnovy stvorennia i rozvytku radiolokatsiinykh system PPO. Nauka i oborona. Kyiv, 1998, №1. S. 39-42.

2. I.S.Romanchenko, O.M.Zahorka, S.H.Butenko, O.V.Deineha. Teoriia i praktyka borotby z malorozmirnymy nyzkolytnymy tsiliamy (otsinka mozhlyvosti, tendentsii rozvytku zasobiv protypovitrianoi oborony): monohrafiia. Zhytomyr, 2011. 344 s.

3. V.P.Gorodnov. Metodiki prognoza effektivnosti rodov voisk PVO. Kharkov, 1999. 32 s.

4. V.P.Horodnov, H.A.Drobakha, M.O.Yermoshyn. Modeliuvannia boiovykh dii viisk (syl) PPO ta informatsiine zabezpechennia protsesiv upravlinnia nymy (teoriia, praktyka, istoriia rozvytku): monohrafiia. Kharkiv, 2004. 409 s.

5. D.I.Hrazion Udoskonalena metodyka otsiniuvannia efektyvnosti vedennia radiolokatsiinoi rozvidky povitrianoho protyvnyka z urakhuvanniam borotby z KR. Zbirnyk naukovykh prats TsNDI ZSU. Kyiv, 2005. №1(31). S. 80-88.

6. S.P.Yarosh Teoretychni osnovy pobudovy ta zastosuvannia rozviduvalno-upravliaiuchykh informatsiinykh system protypovitrianoi oborony: monohrafiia. Kharkiv, 2012. 512 s.

7. O.V.Pukhovyi. Udoskonalena metodyka otsiniuvannia efektyvnosti boiovoho zastosuvannia uhrupovannia radiotekhnichnykh viisk. Zbirnyk naukovykh prats KHUPS. Kharkiv, 2013. №1(34). S. 16-19.

8. O.V.Pukhovyi. Metodyka rozrakhunku pokaznyka efektyvnosti boiovoho zastosuvannia radiotekhnichnykh viisk. Trudy universytetu. Kyiv, 2016. №1(134). S. 151-155.