

Journal of Scientific Papers “Social development & Security”
home page: <https://paperssds.eu/index.php/JSPSDS/>

*Hohoniants Spartak, Kryshhenko Valerij (2018) Analiz adekvatnosti modeli radiolokatsiynoho zabezpechennya syl i zasobiv protypovitryanoyi oborony [Adequacy analysis of radar support model for the air defense forces and means]. Social development & Security. 5(7), 78–85. Retrieved from <https://paperssds.eu/index.php/JSPSDS/article/view/75/59>
DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.1472931>*

АНАЛІЗ АДЕКВАТНОСТІ МОДЕЛІ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИЛ І ЗАСОБІВ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ

Спартак Гогонянц  *, Валерій Крищенко **

* Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського,
проспект Повітрофлотський, 28, м. Київ, 03049, Україна,
e-mail: hohoniants@gmail.com
к.в.н., старший науковий співробітник
начальник науково-дослідного відділу

** Головний командний центр Генерального штабу Збройних Сил України,
проспект Повітрофлотський, 6, м. Київ-168, 03168, Україна,
e-mail: hohoniants@gmail.com
начальник відділу



Article history:

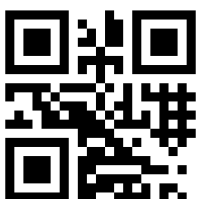
Received: September, 2018
1st Revision: September,
2018 Accepted: October,
2018
УДК 355.45

DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.1472931>

Анотація: В статті представлений підхід до аналізу адекватності моделі радіолокаційного забезпечення сил і засобів протиповітряної оборони з використанням методу зворотного переходу. Ідея підходу базується на описі формальних наслідків прийнятих гіпотез та припущень, заснованих на особливостях радіолокаційного забезпечення сил і засобів протиповітряної оборони. Критерієм адекватності оцінки моделі прийнято рівність математичних очікувань відносних втрат угруповання радіотехнічних військ та повітряного противника, для довільного закону розподілу випадкових подій шляхом виконання операцій з тільки з математичними очікуваннями.

Зручність описаного підходу визначається його простотою і чіткою логікою при визначенні формальних наслідків прийнятих гіпотез і припущень та створює передумови до його використання при необхідності урахування додаткових чинників, важливість впливу яких на результати радіолокаційного забезпечення може змінитись в ході радіолокаційного забезпечення.

Ключові слова: модель, радіолокаційне забезпечення, протиповітряна оборона, формальні наслідки гіпотез і припущень, мобільний радіолокаційний комплекс.



Гогонянц С. Ю., Крищенко В. М. Аналіз адекватності моделі радіолокаційного забезпечення сил і засобів протиповітряної оборони. *Social development & Security*. 2018. Вип. 5 (7). С. 78–85.
URL: <https://paperssds.eu/index.php/JSPSDS/article/view/75/59>
DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.1472931>

1. Постановка проблеми

Прогноз результатів радіолокаційного забезпечення (РЛЗ) споживачів інформацією про повітряну обстановку (радіолокаційною інформацією) є основою планування комплексу заходів з підготовки бойових дій сил і засобів протиповітряної оборони (ППО) [6-7; 10], тому в інтересах забезпечення оперативності розробки відповідних рішень, процедури здійснення відповідних розрахунків автоматизуються [9; 12].

При цьому, автоматизація процесів прийняття рішень на організацію РЛЗ ґрунтується на математичних співвідношеннях, що описують кількісні залежності між елементами бойової обстановки та діями сторін, що по суті є математичною моделлю радіолокаційного забезпечення [7].

В той же час, адекватність моделей РЛЗ реальним процесам, залишається найважливішим критерієм забезпечення достовірності отриманих результатів [5], і як наслідок, об'єктивності опису характерних особливостей проведених заходів в інтересах задоволення потреб в інформації про повітряну обстановку. Саме адекватність і є найважливішою ознакою придатності використання математичної моделі для вирішення відповідних завдань.

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Аналіз існуючих математичних моделей РЛЗ показав, що на сьогоднішній день їх існує достатня кількість [5-7; 11-12]. Однак, практика розробки та використання математичних моделей показала [9-12], що саме відповідність вимогам [7] визначає предметну область та спосіб їх застосування, а можливість перевірки адекватності реальному процесу є важливим критерієм їх відбору. При цьому, до найбільш поширених [7; 12] можна віднести моделі штабні та дослідницькі.

Штабні моделі (моделі масового застосування) призначені для використання органами управління, які ухвалюють рішення в процесі постановки завдань та планування РЛЗ; управління угрупованням радіотехнічних військ (РТВ) при виконанні завдань РЛЗ; формування і видачі документів, розроблених для подальшого використання в роботі органів управління.

Дослідницькі моделі РЛЗ призначені для розв'язку дослідницьких завдань, зокрема: обґрунтування вимог до ефективності РЛЗ, технічних (експлуатаційних) процесів забезпечення РЛЗ, способів застосування окремих зразків озброєння та підрозділів в цілому, їх експлуатації та ремонту; оцінювання ступеню впливу умов і чинників на результати радіолокаційного забезпечення; дослідження області застосування різних математичних методів; дослідження інших теоретичних питань математичного моделювання.

Основна відмінність штабних моделей від дослідницьких полягає у високій оперативності застосування, зменшенні деталізації опису, в наявності засобів контролю помилок оператора і в організації введення-виведення результатів моделювання в зручній формі.

3. Постановка завдання

Невирішені раніше частини загальної проблеми. Головним призначенням перерахованих моделей і задач є забезпечення оптимізації рішень, що приймаються, підвищення обґрунтованості плануючих документів щодо РЛЗ сил і засобів протиповітряної оборони і оперативності їх підготовки.

Доцільно зазначити, що під математичною моделлю радіолокаційного забезпечення сил і засобів протиповітряної оборони розуміється система математичних залежностей і логічних

правил, які дозволяють з достатньою повнотою і точністю описувати найбільш істотні процеси, притаманні формам застосування угруповання РТВ; прогнозувати можливий хід і результати РЛЗ за варіантами (способами) бойового застосування угруповання РТВ; оцінювати ефективність варіантів рішень і планів або отримувати дані щодо оптимізації визначених елементів плануючих документів на застосування.

А це, в свою чергу, вимагає від моделі відображення характерних ознак об'єкту за тотожною або спрощеною версією модельованого явища (прототипу). Тому як штабні, так і дослідницькі моделі повинні відповідати реальному процесу в межах гіпотез і припущень прийнятих у відповідності до особливостей описового об'єкту та потребують перевірки на адекватність реальному процесу.

Особливого значення питання перевірки на адекватність набуває в умовах появи короткотривалих, у порівнянні зі строками виконання завдань, але вагомих чинників, що суттєво впливають на результати РЛЗ та формує необхідність у наукового вирішення.

Зазначене вище підкреслює актуальність назви та визначає мету статті щодо опису послідовності аналізу адекватності моделі РЛЗ сил і засобів протиповітряної оборони, методом, який дасть можливість оперативної перевірки формальних наслідків гіпотез і припущень прийнятих у ході формалізації.

4. Виклад основного матеріалу

Результатом формалізації [3; 8] стало положення про зміст радіолокаційного забезпечення, як сукупності функціональних станів мобільного радіолокаційного комплексу (МРК), що характеризують основні властивості процесу радіолокаційного забезпечення та вплив на них зовнішніх та внутрішніх факторів, а також основні гіпотези та припущення та формальні наслідки [2-3; 10]. Важливо відзначити, що для перевірки адекватності, достатньою умовою є рівність математичних сподівань відносних втрат сторін у будь-який момент протиборства в повітряному просторі [5]. Виходячи із цього, досить знайти цю рівність у загальному вигляді (для будь-яких законів розподілу випадкових подій бойових дій) шляхом виконання операцій з математичними сподіваннями результатів боїв - формальними наслідками радіонавігаційного забезпечення бойових дій сил і засобів протиповітряної оборони.

Розглянемо РЛЗ бою зенітного ракетного підрозділу, озброєного зенітним ракетним комплексом (ЗРК). Використовуючи загальні гіпотези [3; 10], припустимо, що результатом задоволення потреб зенітного ракетного підрозділу в радіолокаційній інформації про повітряну обстановку може бути знищення повітряної цілі з ймовірністю P_y^n .

Припустимо, що за умови виявлення та видачі інформації про повітряну ціль з ймовірністю $P_{вц}$ вона буде знищена з ймовірністю $P_y^n = 1$. Тоді успіх виконання завдання знищення повітряної цілі у протиповітряному бою P_z буде обмежений ймовірністю видачі інформації про повітряну ціль під час РЛЗ

$$P_z = P_{вц} \cdot P_y^n = P_{вц} \cdot 1 = P_{вц}.$$

За таких умов, математичне сподівання кількості знищених цілей виявиться рівним математичному сподівання кількості цілей, інформація про які видається зенітному ракетному підрозділу, а успіх протиповітряної оборони можна оцінити успіхом РЛЗ

$$M_y^{зн}(t) = P_y^n M_{вц}(t) = M_{вц}(t). \quad (1)$$

Ураховуючи те, що на початку РЛЗ у складі угруповання РТВ було $n_{МРК}$, а до моменту

закінчення нальоту t виявлено $N_u(t)$ цілей, то математичне сподівання кількості цілей, за якими видається інформація матиме вигляд

$$M_{\text{вц}}(t) = P_{\text{вц}} \cdot N_u(t). \quad (2)$$

За результатом виявлення цілі МРК може бути уражений з ймовірністю $P_{\text{уп}}^{\text{МРК}}$, тому математичне сподівання кількості уражених МРК визначається аналогічно (2)

$$M_{\text{уп}}^{\text{МРК}}(t) = P_{\text{уп}}^{\text{МРК}} \cdot N_u(t). \quad (3)$$

Для оцінки граничних значень можливих результатів РЛЗ припустимо, що кількість цілей у нальоті не обмежена.

Оскільки кожне виявлення може призвести до знищення МРК, а їх початкова кількість обмежена величиною $n_{\text{МРК}}$, то з часом усі МРК будуть уражені і радіолокаційне забезпечення бойових дій сил і засобів ППО буде неможливо. У цей момент $M_{\text{вц}}(t)$ досягне максимального значення,

$$\lim_{t \rightarrow \infty} M_{\text{вц}}(t) = N_u, \quad (4)$$

яка обмежується максимальною кількістю уражених МРК:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} M_{\text{уп}}^{\text{МРК}}(t) = n_{\text{МРК}}. \quad (5)$$

Підставляючи (3) і (4) у (2), знайдемо граничну кількість виявлених цілей

$$\lim_{t \rightarrow \infty} M_{\text{вц}}(t) = N_u = \frac{n_{\text{МРК}}}{P_{\text{уп}}^{\text{МРК}}} = \frac{\lim_{t \rightarrow \infty} M_{\text{уп}}^{\text{МРК}}(t)}{P_{\text{уп}}^{\text{МРК}}} \quad (6)$$

Підставляючи (5) в (1), знайдемо граничну кількість цілей, інформація про які видається для випадку, коли тривалість нальоту та кількість цілей необмежені:

$$M_{\text{цв}}^{\text{зп}} = P_{\text{вц}} M_{\text{вц}} = n_{\text{МРК}} \frac{P_{\text{вц}}}{P_{\text{уп}}^{\text{МРК}}}. \quad (7)$$

Введемо поняття відносних значень втрат МРК $\tilde{M}_{\text{уп}}^{\text{МРК}}$, а також кількість цілей, за якими видається інформація $\tilde{M}_{\text{цв}}(t)$, розділивши їх поточні значення на максимально можливі

$$\tilde{M}_{\text{уп}}^{\text{МРК}}(t) = \frac{M_{\text{уп}}^{\text{МРК}}(t)}{n_{\text{МРК}}}, \quad (8)$$

$$\tilde{M}_{\text{цв}}(t) = \frac{M_{\text{цв}}(t)}{M_{\text{цв}}^{\text{зп}}}. \quad (9)$$

Розділимо ліву і праву частини (2) на $n_{\text{МРК}}$, а чисельник і знаменник правої частини помножимо на ймовірність знищення цілі, та отримаємо

$$\tilde{M}_{\text{уп}}^{\text{МРК}}(t) = \tilde{M}_{\text{вц}}(t). \quad (10)$$

Таким чином, наслідком гіпотез і припущень, викладених у [3; 10], є рівність математичних сподівань відносних втрат угруповання РТВ і повітряних цілей в будь-який момент РЛЗ. Ця рівність знайдена в загальному випадку довільних законів розподілу випадкових подій шляхом виконання операцій з математичними очікуваннями.

При наявності випереджуючих ударів з боку противника з'являються небойові втрати угруповання РТВ та (10) перетворюється у нерівність:

$$\tilde{M}_{ур}^{мпк}(t) \geq \tilde{M}_{цв}(t).$$

Зворотна ситуація пов'язана з випереджувальним знищенням цілей [3; 9-12], призводить до зниження ймовірності $P_{вц}$ і автоматично враховуються в (1), (5), не порушуючи рівності (10).

Таким чином, формальними наслідками гіпотез і припущень, що зазначені в [3; 10-12], є рівність і нерівність відносних втрат сторін, що свідчить на користь адекватності розглянутої моделі [10].

5. Висновки

В статті представлена логічна послідовність аналізу адекватності моделі радіолокаційного забезпечення сил і засобів протиповітряної оборони з використанням методу зворотного переходу.

При перевірці адекватності не було зроблено припущень щодо законів розподілу випадкових величин, які характеризують радіолокаційне забезпечення, що дозволило застосовувати рівність втрат сторін, як критерій адекватності моделей реального радіолокаційного забезпечення споживачів.

Зручність даного підходу визначається його простотою і чіткою логікою при визначенні формальних наслідків прийнятих гіпотез і припущень та свідчить про можливість його використання при появі нових (додаткових) чинників, що суттєво впливають на результати радіолокаційного забезпечення.

Author details (in Russian)

АНАЛИЗ АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИЛ И СРЕДСТВ ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ

Спартак Гогоняц  *, Валерій Крищенко **

* Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского,
пр-т Воздухофлотский, 28, г. Киев, 03049, Украина,
e-mail: hohoniants@gmail.com
к.в.н., старший научный сотрудник
начальник научно-исследовательского отдела

** Главный командный центр Генерального штаба Вооруженных Сил Украины,
проспект Воздухофлотский, 6, г. Киев-168, 03168, Украина,
e-mail: hohoniants@gmail.com
начальник отдела

Аннотация: В статті представлений підхід до аналізу адекватності моделі радіолокаційного забезпечення сил і засобів протиповітряної оборони з використанням методу зворотного переходу. Ідея підходу базується на описі формальних наслідків

прийнятих гіпотез та припущень, заснованих на особливостях радіолокаційного забезпечення сил і засобів протиповітряної оборони. Критерієм адекватності оцінки моделі прийнято рівність математичних очікувань відносних втрат угруповання радіотехнічних військ та повітряного противника, для довільного закону розподілу випадкових подій шляхом виконання операцій з тільки з математичними очікуваннями.

Зручність описаного підходу визначається його простотою і чіткою логікою при визначенні формальних наслідків прийнятих гіпотез і припущень та створює передумови до його використання при необхідності урахування додаткових чинників, важливість впливу яких на результати радіолокаційного забезпечення може змінитись в ході радіолокаційного забезпечення.

Ключевые слова: модель, радиолокационное обеспечение, противовоздушная оборона, формальные последствия гипотез и предположений, мобильный радиолокационный комплекс.

Author details (in English)

ADEQUACY ANALYSIS OF RADAR SUPPORT MODEL FOR THE AIR DEFENSE FORCES AND MEANS

Spartak Hohoniants *, Valerij Kryshhenko **

* *The National Defense University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskyi, 28, Vozduhoflotsky avenue, Kyiv, 03049, Ukraine, e-mail: hohoniants@gmail.com
PhD of Military science, Senior Researcher
Chief of Scientific Research Department*

** *Chief of Department The Main Command Center of the General Staff of the Armed Forces of Ukraine, 28, Povitroflotsky avenue, Kyiv-049, 03049, Ukraine, e-mail: hohoniants@gmail.com
Chief of Department*

Abstract: *The article presents an approach to the adequacy analysis of the radar support model for air defense forces and means using the method of reverse transition. The approach idea is based on a description of the formal consequences of the hypotheses and assumptions adopted, based on the peculiarities of radar support for air defense forces and means. The criterion for the adequacy of the model evaluation is the equality of relative losses mathematical expectations of the of radio troops formation, for the arbitrary law of the distribution of random events by performing operations with only mathematical expectations.*

The convenience of the described approach is determined by its simplicity and clear logic in determining the formal consequences of the hypotheses and assumptions adopted and creates the preconditions for its use, if necessary, to take into account additional factors, the importance of which influence on the results of radar support may change during the radar support.

Keywords: *model, radar support, air defense, formal implications of hypotheses and assumptions, mobile radar system.*

Використана література

1. Barabash O. The simplest model of functioning a separate element of the executive system when solving typical tasks / O. Barabash, S. Hohoniants, S. Titarenko // *Akadémia ozbrojených síl generála Milana Rastislava Štefánika, “Riadenie bezpečnosti zložitých systémov”*. 2015. № 1. P. 153–158.
2. Гогонянець С. Ю. Загальні положення удосконаленої методики оцінки ефективності радіолокаційного забезпечення бойових дій угруповання сил і засобів протиповітряної оборони / С. Ю. Гогонянець, С. В. Поліщук // *Наука і техніка Повітряних Сил*. Харків: ХНУПС, 2016. №4 (25). С. 70–73.
3. Гогонянець С. Ю. Обґрунтування інтенсивностей зміни функціональних станів мобільного радіолокаційного комплексу / С. Ю. Гогонянець, С. В. Поліщук // *Наука і техніка Повітряних Сил*. Харків: ХНУПС, 2016. № 3 (24). С. 90–92.
4. Гогонянець С.Ю. Декомпозиція елементарного процесу радіолокаційного забезпечення / С.Ю. Гогонянець, С.В. Поліщук // *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони–2016.– № 1*. С. 20-23.
5. Гогонянець С.Ю. Модель радіолокаційного забезпечення бойових дій угруповання сил і засобів протиповітряної оборони в операціях / С. Ю. Гогонянець, С. В. Поліщук // *Системи обробки інформації*. Харків: ХУПС, 2016, №3 (130). С. 126–130.
6. Методологічні засади обґрунтування раціональних форм та способів застосування угруповань військ (сил): воєнно-теоретична праця / [В. Г. Радецький, І. С. Руснак, О. М. Загорка та ін.]; під заг. ред. С. О. Кириченка. Київ : НАОУ, 2007. 288 с.
7. Моделювання бойових дій військ (сил) протиповітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними (теорія, практика, історія розвитку). Монографія / [В. П. Городнов, Г. А. Дробаха, М. О. Єрмошин та ін.]. Харків: ХВУ, 2004. 409 с.
8. Павленко М. А. Подход к оцениванию эффективности радиолокационного обеспечения потребителей для контроля воздушного пространства / М. А. Павленко, С. Ю. Гогонянець, С. В. Полищук // *“Оралдын ғылым жаршысы”*. – Республика Казахстан: Уральск, 2017. вип. № 1(161). С. 86–94.
9. Радецький В.Г. Протиповітряна оборона у локальних війнах і збройних конфліктах / В.Г. Радецький, І.С. Руснак, П.В. Щипанський та ін. НАОУ Київ, 2007. 254 с.
10. Романченко І.С. Теорія і практика боротьби з малорозмірними низьколітніми цілями (оцінка можливостей, тенденції розвитку засобів ППО): моногр. / І.С. Романченко, О.М. Загорка, С.Г. Бутенко, О.В. Дейнега. Житомир: Полісся, 2011. 344 с.
11. Сницаренко П.М. Методические основы обоснования требований к военным системам дистанционного мониторинга окружающего пространства для выявления и сопровождения подвижных объектов при условии ресурсных ограничений на их создание / П. М. Сницаренко // *Прикладная радиоэлектроника*. 2010. №2. С. 185-192.
12. Ярош С.П. Теоретичні основи побудови та застосування розвідувально-управляючих інформаційних систем протиповітряної оборони: монографія / С. П. Ярош; за ред. І. О. Кириченка. Харків: ХУПС, 2012. 512 с.

References

1. Barabash, O., Hohoniants, S. and Titarenko, S. (2015), “The simplest model of functioning a separate element of the executive system when solving typical tasks”, *Riadenie bezpečnosti zložitých systémov, Akadémia ozbrojených síl generála Milana Rastislava Štefánika*, No. 1, pp. 153-158.

2. Hohoniants, S.Yu., & Polishhuk, S.V. (2016). "Zaghaljni polozhennja udoskonalenoji metodyky ocinky efektyvnosti radiolokacijnogho zabezpechennja bojovykh dij ughrupovannja syl i zasobiv protypovitrjanoji oborony" [General provisions of the advanced methodology for assessing the efficiency of the air defense forces radar support]. *Nauka i tekhnika Povitrjanykh Syl – Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 4 (25), pp. 70-73.
3. Hohoniants, S.Yu., and Polishhuk, S.V. (2016). "Obgruntuvannja intensyvnoziej zminy funkcionalnykh staniv mobilnogho radiolokacijnogho kompleksu" [Change intensity substantiation of mobile radar complex functional states]. *Nauka i tekhnika Povitrjanykh Syl – Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 3 (24), pp. 90-92.
4. Hohoniants, S.Ju. and Polishuk, S.V. (2016), "Dekompozycja elementarnogho procesu radiolokacijnogho zabezpechennja" [The decomposition of the elementary radar process], *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*, No. 1, pp. 20-23.
5. Hohoniants, S.Yu., & Polishhuk, S.V. (2016). Model radiolokacijnogho zabezpechennja bojovykh dij ughrupovannja syl i zasobiv protypovitrjanoji oborony v operacijakh [Combat operations radar support model of the forces grouping and air defense means in operations]. *Information Processing Systems*, No. 3 (130), pp. 126-130.
6. Radecjkyj, V.Gh., Rusnak, I.S. Zagorka, O.V. (2007), "Metodologichni zasady obgruntuvannya racionalnyx form ta sposobiv zastosuvannya ugrupovan vijsk (syl)" [Methodological principles of justification of rational forms and methods groups of troops (forces) using], *National Defense University of Ukraine, Kyiv*, 288 p.
7. Ghorodnov, V. P., Gh. Drobakha, A. M., Jermoshyn, O. M. (2004), "Modeljuvannja bojovykh dij vijsk (syl) protypovitrjanoji oborony ta informacijne zabezpechennja procesiv upravlinnja nymy (teorija, praktyka, istorija rozvytku)" [Methodological principles of justification of rational forms and methods groups of troops (forces) using], *KhUPS, Kharkiv*, 409 p.
8. Pavlenko, M.A. Hohoniants, S.Yu., and Polishhuk, S.V. (2017). "Podkhod k ocnenyvanju efektyvnosti radyolokacyonnogho obespechenja potrebytelej dlja kontrolja vozdushnogho prstranstva" [Approach to evaluating the effectiveness of consumer radar to control airspace]. *Uraljskyj nauchnyj vestnyk – Оралдын гылым жаршысы*, No. 1(161), pp. 86-94.
9. Radecjkyj, V.Gh., Rusnak, P.V. and Shhypanykyj, P.V. (2017), "Protypovitrjana oborona u lokalnykh vijnakh i zbrojnykh konfliktakh: navachljno-metodychnyj posibnyk" [The air defense of local wars and armed conflicts], *National Defense Academi of Ukraine, Kyiv*, 254 p.
10. Romanchenko, I.S., Zagorka, O.M., Butenko, S.Gh. and Dejnegha, O.V. (2011), "Teorija i praktyka borotjby z malorozmirnymy nyzkolitnymy ciljamy (ocinka mozhlyvostej, tendenciji rozvytku zasobiv PPO): monohrafiia" [The theory and practice of combating small-scale low-caliber purposes (assessment of opportunities, tendencies of development of means of air defense)], *Polissya, Zhytomyr*, 344 p.
11. Snycarenko, P.M. (2010). "Metodycheskye osnovy obosnovannja trebovanyj k voennym systemam dystancyonnogho monitorynha okruzhajushhegho prostranstva dlja vyjavlenija y soprovozhdenija podvyzhykh ob'ektov pry uslovny resursnykh oghranychenyj na ykh sozdanye" [Methodical bases of requirements substantiation for military systems of the surrounding space remote monitoring for identifying and tracking moving objects, subject to resource constraints on their creation]. *Prykladnaja radyoelektronika – Applied radioelectronics*, No. 3, pp. 229-241.
12. Yarosh, S.P. (2012), "Teoretychni osnovy pobudovy ta zastosuvannia rozvidualno-upravliaiuchykh informatsiynykh system protypovitrjanoi oborony" [Theoretical foundations of the construction and application of intelligence-control information systems of air defense], *KhUPS, Kharkiv*, 512 p.