

DOI 10.51582/interconf.7-8.04.2021.069

Савельєв Андрій Миколайович

ORCID ID: 0000-0002-7879-8580

науковий співробітник науково-дослідного відділу

науковий центр Повітряних Сил

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Україна

Запара Денис Михайлович

ORCID ID: 0000-0003-3949-7555

кандидат військових наук

начальник науково-дослідного відділу

науковий центр Повітряних Сил

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Україна

Новіченко Сергій Володимирович

ORCID ID: 0000-0001-7043-446X

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,

старший науковий співробітник науково-дослідного відділу

науковий центр Повітряних Сил

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Україна

Деменко Микола Петрович

ORCID ID: 0000-0003-3037-6765

кандидат воєнних наук, доцент,

провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу

науковий центр Повітряних Сил

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Україна

Доска Олександр Михайлович

ORCID ID: 0000-0002-9874-8716

кандидат технічних наук

старший науковий співробітник науково-дослідного відділу

науковий центр Повітряних Сил

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Україна

Третяк Вячеслав Федорович

ORCID ID: 0000-0003-2599-8834

кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник

науковий співробітник наукового центру Повітряних Сил

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Україна

Власов Андрій Володимирович

ORCID ID: ORCID ID: 0000-0001-6080-237X

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

старший науковий співробітник наукового центру Повітряних Сил

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Україна

СТРУКТУРА ІНФОРМАЦІЙНО-РОЗРАХУНКОВОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ «АРГУМЕНТ – 2021»

***Анотація.** Наведено структуру, показники оцінки ефективності та основні властивості інформаційно-розрахункової системи “АРГУМЕНТ–2021”, яка призначена для підтримки прийняття рішення командиром частини ЗРВ при виборі бойового порядку частин та підрозділів ЗРВ і оцінки ефективності бойових дій угруповання ЗРВ, яке створено.*

***Ключові слова:** підтримка прийняття рішення, показники ефективності, інформаційно-розрахункова система.*

Інформаційно-розрахункова система “Аргумент–2021” призначена для підтримки прийняття рішення командиром частини ЗРВ при виборі бойового порядку частин та підрозділів ЗРВ і оцінки ефективності бойових дій угруповання ЗРВ яке створено.

Програмне забезпечення інформаційно-розрахункової системи забезпечує:

- відображення тактичної обстановки угруповання ЗРВ та військ що прокриваються на цифрової карті;
- розрахунок кутів закриття і побудова профілів місцевості;
- розрахунок зони радіолокаційної видимості радіоелектронних засобів з урахуванням рельєфу місцевості;

- розрахунок зон поразки ЗРК (вогню) на заданих користувачем висотах дій повітряного противника;
- розрахунок кратності перекриття реалізованих зон поразки;
- розрахунок кількості стрільб ЗРК до рубежів виконання бойових завдань;
- розрахунок маневрених можливостей частин і підрозділів ЗРВ;
- оцінка ефективності бойових дій частин та підрозділів ЗРВ.

До вхідної інформації (дані для ініціалізації програми) відноситься наступна:

- район на карті в якому розміщуються угруповання ППО та параметри відображення карти;
- цифрова модель місцевості;
- бойовій склад, озброєння частин та підрозділів ППО;
- бойовій порядок угруповання ППО;
- тактико технічні характеристики озброєння ППО;
- бойовій склад, озброєння частин та підрозділів противника;
- параметри нальотів засобів повітряного нападу.

Структура інформаційно-розрахункової системи "АРГУМЕНТ 2021" наведена на рис. 1.

Вихідною інформацією інформаційно-розрахункової системи є:

- відображення тактичної обстановки угруповання ЗРВ та військ що прокриваються на цифрової карті;
- розрахунок кутів закриття і побудова профілів місцевості;
- графічне зображення реалізованих зон виявлення РЛС з урахуванням рельєфу місцевості;
- графічне зображення реалізованих зон ураження ЗРК РЛС з урахуванням рельєфу місцевості;
- розрахунок кратності перекриття реалізованих зон поразки;
- розрахунок кількості стрільб ЗРК до рубежів виконання бойових завдань;

– результати моделювання бойових дій угруповання ППО у вигляді таблиць

– оцінка ефективності бойових дій частин та підрозділів ППО.

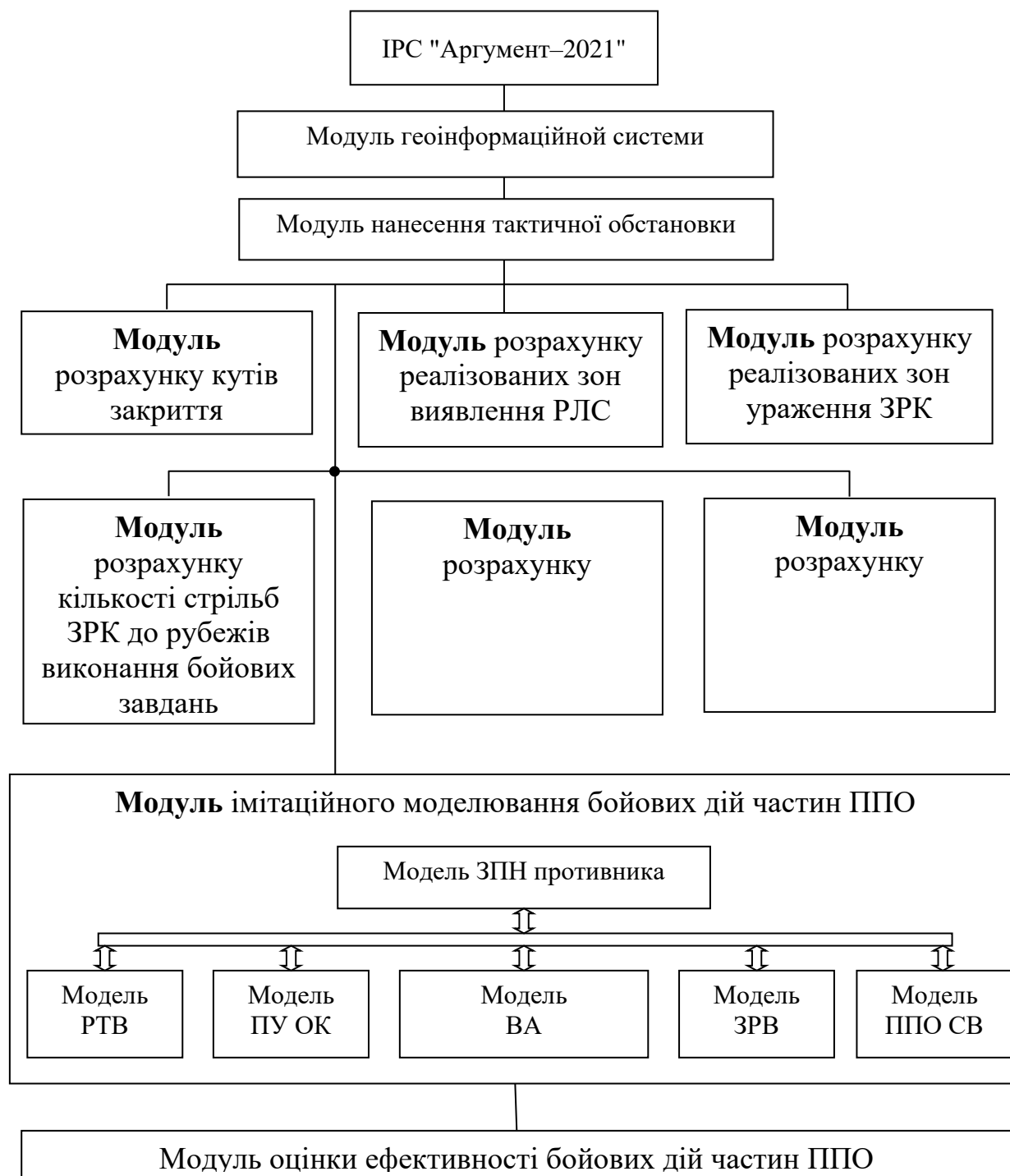


Рис. 1. Структура інформаційно-розрахункової системи

В програмних модулях системи використовується наступний математичний апарат [1-4]:

- алгоритм розрахунку кутів закриття;
- алгоритм розрахунку реалізованих зон виявлення РЛС, з урахуванням рельєфу місцевості;
- алгоритм розрахунку реалізованих зон ураження ЗРК, з урахуванням рельєфу місцевості;
- алгоритм розрахунку кількості стрільб ЗРК до рубежів виконання бойових завдань;
- алгоритм оцінки показників ефективності застосування міжвидових (різнорідних) сил і засобів ППО ОК;
- алгоритм знаходження найкоротшого маршруту при русі по автошляхам.

При моделюванні відбиття одного повітряного удару по об'єктах (військах) маємо наступні показники (виміри):

а) $N_{BA_{j,i}}$, $i = \overline{1, n_{BA}}$ – кількість перехватів, що здійснив i -ий винищувач при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару; n_{BA} – кількість винищувачів, що задіяні в прикритті об'єктів (військ) при відбитті повітряного удару;

б) $N_{ЗРВ_{j,i}}$, $i = \overline{1, n_{ЗРВ}}$ – кількість стрільб, що здійснив i -ий зенітний ракетний підрозділ (вогнева одиниця) при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару; $n_{ЗРВ}$ – кількість зенітних ракетних підрозділів (вогневих одиниць), що задіяні в прикритті об'єктів (військ) при відбитті повітряного удару;

в) $N_{ППО\ СВ_{j,i}}$, $i = \overline{1, n_{ППО\ СВ}}$ – кількість стрільб, що здійснив i -ий підрозділ (вогнева одиниця) ППО СВ при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару; $n_{ППО\ СВ}$ – кількість підрозділів (вогневих одиниць) ППО СВ, що задіяні в прикритті об'єктів (військ) при відбитті повітряного удару;

г) $Q_{BA_{j,i}}$, $i = \overline{1, n_{BA}}$ – кількість знищених ЗПН i -им винищувачем при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару;

д) $Q_{ЗРВ_{j,i}}$, $i = \overline{1, n_{ЗРВ}}$ – кількість знищених ЗПН і-им зенітним ракетним підрозділом (вогневою одиницею) при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару;

е) $Q_{ППО СВ_{j,i}}$, $i = \overline{1, n_{ППО СВ}}$ – кількість знищених ЗПН і-им підрозділом (вогневою одиницею) ППО СВ при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару;

ж) $U_{ВА_{j,i}}$, $i = \overline{1, n_{ВА}}$ – ознака знищення і-го винищувача при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару;

и) $U_{ЗРВ_{j,i}}$, $i = \overline{1, n_{ЗРВ}}$ – ознака знищення і-го зенітного ракетного підрозділу (вогневої одиниці) при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару;

к) $U_{ППО СВ_{j,i}}$, $i = \overline{1, n_{ППО СВ}}$ – ознака знищення і-го підрозділу (вогневої одиниці) ППО СВ при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару;

л) $U_{РТВ_{j,i}}$, $i = \overline{1, n_{РТВ}}$ – ознака знищення і-го засобу РТВ при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару; $n_{РТВ}$ – кількість засобів РТВ, що задіяні в наданні РЛІ для прикриття об'єкту (військ) при відбитті повітряного удару;

м) $U_{ПНА_{j,i}}$, $i = \overline{1, n_{ПНА}}$ – ознака знищення і-го пункту наведення авіації (ПНА) при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару; $n_{ПНА}$ – кількість ПНА, що задіяні в наданні винищувачів на ЗПН для вирішення завдання прикриття об'єкту (військ) при відбитті повітряного удару;

н) $U_{КП ОК_j}$ – ознака знищення пункту управління (ПУ) авіації та ППО командного пункту (КП) оперативного командування (ОК), при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару;

п) $U_{ОБ_{j,i}}$, $i = \overline{1, n_{ОБ}}$ – ознака нанесення удару по і-му об'єкту (військам), що прикривається, при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару.

Ознаки ж)-н) можуть приймати два значення $U_{j,i} = 0$ – і-ий засіб не знищений, $U_{j,i} = 1$ – і-ий засіб знищений при j-ій реалізації процесу відбиття повітряного удару. Ознака о) може приймати два значення $U_{обj,i} = 0$ – удар по і-му об'єкту (військам) не нанесено, $U_{обj,i} = 1$ – нанесено удар по і-му об'єкту (військам) при j-ій реалізації процесу відбиття повітряного удару.

Загальна кількість перехватів, здійснених силами та засобами ВА при j-ій реалізації процесу відбиття повітряного удару по об'єктах (військах) визначається наступним чином:

$$N_{ВАj} = \sum_{i=1}^{n_{ВА}} N_{ВАj,i} . \quad (1)$$

Загальна кількість стрільб, здійснених силами та засобами ЗРВ при j-ій реалізації процесу відбиття повітряного удару по об'єктах (військах) визначається наступним чином:

$$N_{ЗРВj} = \sum_{i=1}^{n_{ЗРВ}} N_{ЗРВj,i} . \quad (2)$$

Загальна кількість стрільб, здійснених силами та засобами ППО СВ при j-ій реалізації процесу відбиття повітряного удару по об'єктах (військах) визначається наступним чином:

$$N_{ППО СВj} = \sum_{i=1}^{n_{ППО СВ}} N_{ППО СВj,i} . \quad (3)$$

Загальна кількість впливів по ЗПН за підрозділи ВА, ЗРВ, ППО СВ при j-ій реалізації процесу відбиття повітряного удару по об'єктах (військах) визначається наступним чином:

$$N_{\Sigma j} = N_{ВАj} + N_{ЗРВj} + N_{ППО СВj} . \quad (4)$$

Оцінка загальної кількості впливів по ЗПН за підрозділи ВА, ЗРВ, ППО СВ визначається як середнє арифметичне:

$$N_{\Sigma} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m N_{\Sigma j} , \quad (5)$$

де m – кількість реалізацій процесу відбиття повітряного удару по об'єктах (військах).

Загальна кількість знищених ЗПН силами та засобами ВА при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару по об'єктах (військах) визначається наступним чином:

$$Q_{BA_j} = \sum_{i=1}^{n_{BA}} Q_{BA_{j,i}} \quad (6)$$

Загальна кількість знищених ЗПН силами та засобами ЗРВ при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару по об'єктах (військах) визначається наступним чином:

$$Q_{ZPB_j} = \sum_{i=1}^{n_{ZPB}} Q_{ZPB_{j,i}} \quad (7)$$

Загальна кількість знищених ЗПН силами та засобами ППО СВ при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару по об'єктах (військах) визначається наступним чином:

$$Q_{\text{ППО СВ}_j} = \sum_{i=1}^{n_{\text{ППО СВ}}} Q_{\text{ППО СВ}_{j,i}} \quad (8)$$

Загальна кількість знищених ЗПН підрозділами ВА, ЗРВ, ППО СВ при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару по об'єктах (військах) визначається наступним чином:

$$Q_{\Sigma_j} = Q_{BA_j} + Q_{ZPB_j} + Q_{\text{ППО СВ}_j} \quad (9)$$

Оцінка математичного очікування кількості знищених ЗПН підрозділами ВА, ЗРВ, ППО СВ визначається як середнє арифметичне:

$$M_{\text{ЦС}} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m Q_{\Sigma_j} \quad (10)$$

Загальна кількість знищених винищувачів при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару по об'єктах (військах) визначається наступним чином:

$$U_{BA_j} = \sum_{i=1}^{n_{BA}} U_{BA_{j,i}} \quad (11)$$

Загальна кількість знищених зенітних ракетних підрозділів при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару по об'єктах (військах) визначається:

$$U_{ЗРВ_j} = \sum_{i=1}^{n_{ЗРВ}} U_{ЗРВ_{j,i}} \quad (12)$$

Загальна кількість знищених підрозділів ППО СВ при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару по об'єктах (військах) визначається наступним чином:

$$U_{ППО\ СВ_j} = \sum_{i=1}^{n_{ППО\ СВ}} U_{ППО\ СВ_{j,i}} \quad (13)$$

Загальна кількість знищених засобів РТВ при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару по об'єктах (військах) визначається наступним чином:

$$U_{РТВ_j} = \sum_{i=1}^{n_{РТВ}} U_{РТВ_{j,i}} \quad (14)$$

Загальна кількість знищених ПНА при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару по об'єктах (військах) визначається наступним чином:

$$U_{ПНА_j} = \sum_{i=1}^{n_{ПНА}} U_{ПНА_{j,i}} \quad (15)$$

Загальна кількість знищених своїх засобів ВА, ЗРВ, ППО СВ, РТВ, ПУ авіації та ППО КП ОК при j -ій реалізації процесу відбиття повітряного удару по об'єктах (військах) визначається наступним чином:

$$U_{\Sigma_j} = U_{BA_j} + U_{ЗРВ_j} + U_{ППО\ СВ_j} + U_{РТВ_j} + U_{ПНА_j} + U_{КП\ ОК_j} \quad (16)$$

Оцінка математичного очікування кількості знищених своїх засобів ВА, ЗРВ, ППО СВ, РТВ, ПУ авіації та ППО КП ОК визначається як середнє арифметичне:

$$M_{\Pi\Sigma} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m U_{\Sigma_j} \quad (17)$$

Оцінка імовірності прикриття і-го об'єкту (військ) визначається як:

$$P_{\text{Об}_i} = 1 - \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m U_{\text{Об}_i, j} \quad (18)$$

Оскільки оцінки показників ефективності (5), (10), (17), (18) отримуються статистичними методами, то їх точність і достовірність залежать від кількості m реалізацій процесу відбиття повітряного удару по об'єктах (військах).

Таким чином, якщо задана точність і достовірність, які повинні бути досягнені при оцінці показників ефективності, то необхідна для цього кількість m реалізацій процесу відбиття повітряного удару по об'єктах (військах) може бути знайдена як мінімальна кількість (але не менше 10), при якій виконується комплексна умова:

$$\begin{cases} m \geq 10; \\ \Phi\left(\frac{\Delta N}{\sqrt{\frac{D_N}{m}}}\right) \leq \frac{\gamma}{2} \cap \Phi\left(\frac{\Delta M_{\Pi}}{\sqrt{\frac{D_{M_{\Pi}}}{m}}}\right) \leq \frac{\gamma}{2} \cap \Phi\left(\frac{\Delta M_{\Pi}}{\sqrt{\frac{D_{M_{\Pi}}}{m}}}\right) \leq \frac{\gamma}{2}, \end{cases} \quad (19)$$

де $\Phi(\bullet)$ – функція Лапласа; ΔN , ΔM_{Π} , ΔM_{Π} – задана точність оцінок відповідних показників; $D_N \neq 0$, $D_{M_{\Pi}} \neq 0$, $D_{M_{\Pi}} \neq 0$ – дисперсії оцінок відповідних показників; γ – задана достовірність оцінок показників.

Дисперсії оцінок D_N , $D_{M_{\Pi}}$, $D_{M_{\Pi}}$ відповідних показників визначаються наступним чином:

$$\begin{cases} D_N = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m ((N_{\Sigma_j} - N_{\Sigma})^2); \\ D_{M_{\Pi}} = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m ((Q_{\Sigma_j} - M_{\Pi\Sigma})^2); \\ D_{M_{\Pi}} = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m ((U_{\Sigma_j} - M_{\Pi\Sigma})^2) \end{cases} \quad (20)$$

На мінімальну кількість реалізацій процесу відбиття повітряного удару по об'єктах (військах) m також впливає умова:

$$\begin{cases} D_N \neq 0; \\ D_{M_{\Pi}} \neq 0; \\ D_{M_{\Pi}} \neq 0, \end{cases} \quad (21)$$

оскільки дисперсії оцінок відповідних показників містяться в знаменниках (19).

Тобто при проведенні моделювання відбиття повітряних ударів по об'єктах (військах) необхідно збільшувати кількість реалізацій m до тих пір (не менше 10) поки не буде виконана умова (21), а потім перевіряти виконання умови (19).

Інформаційно-розрахункова система "АРГУМЕНТ 2021" використовується в штабах Повітряних Сил, штабі зенітної ракетної бригади (полку), командному пункти зенітного ракетного дивізіону для підтримки прийняття рішення на бойові дії, а також є інтерактивною і часових обмежень на її роботу не існує.

Список джерел:

1. Лукьянчук, В., Николаев, И., Теребуха, И., Фоменко, Д., Запара, Д., Калугин, Д., & Третьяк, В. (2021). Общая постановка задачи управления старением зенитных ракетных систем средней и большой дальности на основе современных информационных технологий. *InterConf*, (42), 1110-1114. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.02.2021.110>
2. Лукьянчук, В., Николаев, И., Васильев, В., Запара, Д., Фоменко, Д., Кобзев, В., & Третьяк, В. (2021). Описательная модель задачи обоснования стоимости полного жизненного цикла зенитной ракетной системы с использованием информационных технологий. *Грааль науки*, (1), 144-153. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.19.02.2021.028>
3. Коломійцев, О., Кудряшов, В., Третьяк, В., Кулешов, О., & Клівець, С. (2020). Оцінювання значень умовних ймовірностей ураження нетипової повітряної цілі у різноманітних умовах. *Збірник наукових праць ЛОГОС*, 132-135. <https://doi.org/10.36074/05.06.2020.v4.46>

4. Третяк, В., Голубничий, Д., Коломійцев, О., Мегельбей, Г., Возний, О., & Філіпенков, О. (2020). Математична модель рангового підходу. Збірник наукових праць ЛОГОС, 116-122. <https://doi.org/10.36074/25.12.2020.v1.40>
5. Третяк, В., Деменко, М., Запара, Д., Новіченко, С., Доска, О., & Савельєв, А. (2021). Спосіб рішення задачі цілерозподілу сил та засобів зенітних ракетних військ. Scientific Collection «InterConf», (40): with the Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference «Scientific Community: Interdisciplinary Research» (January 26-28, 2021) in Hamburg, Germany, 744-27.