

С.М. Звиглянич, М.П. Ізюмський

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І.Кожедуба, Харків

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЖИВУЧОСТІ БОЙОВИХ ЛІТАКІВ У ПОВІТРЯНОМУ УДАРІ З УРАХУВАННЯМ МОЖЛИВОСТЕЙ СИСТЕМИ ППО ПРОТИВНИКА

У статті приводяться ряд аналітичних моделей, які дозволяють кількісно обґрунтувати необхідні засоби у вигляді авіаційних хибних цілей і протирадіолокаційних ракет, які використовуються для підвищення живучості ударного угруповання літаків при прориві системи протиповітряної оборони (ППО) противника. Предметом дослідження є процес ухвалення рішень, спрямований на підвищення живучості авіаційного угруповання при веденні бойових дій. Метою статті є обґрунтування шляхів підвищення живучості бойових літаків з урахуванням можливостей системи ППО противника. Приведені розрахунки спираються на методи дослідження операцій. Дається оцінка ефективності застосування малих авіаційних хибних цілей. Проводиться розрахунок потрібної кількості протирадіолокаційних ракет для ураження виявлених радіоелектронних засобів противника. Така кількісна оцінка дозволяє підвищити ефективність рішень, що приймаються, при плануванні повітряної операції.

**Ключові слова:** авіаційні хибні цілі, засоби повітряного нападу, система ППО, зенітні керовані ракети, зенітні ракетні комплекси, безпілотні літальні апарати.

### Вступ

**Постановка проблеми.** На сьогодні з урахуванням досвіду останніх локальних війн, воєнних конфліктів особлива увага приділяється питанням застосування авіації як високоефективних засобів ведення бойових дій. Підвищення живучості ударної авіації при завданні ударів по об'єктах противника набуває особливої актуальності з урахуванням зростання можливостей сучасних (перспективних) систем ППО.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Новітні збройні конфлікти внесли деякі особливості в застосування літаків ударної авіації [1–2]. Наявність широкого спектру засобів повітряної боротьби сучасних ППО надає проблемі підвищення живучості літаків особливого значення [3–4]. Одним із ефективних способів підвищення живучості літаків є використання малих авіаційних хибних цілей [5–6]. Слід відмітити, що сьогодні акценти використання активних авіаційних пасток перемістились з поняття “подолання протидії ППО” в область “провокування ППО” [7].

Тобто втрати авіаційних хибних цілей ведуть до виснаження системи ППО і, як наслідок, знижують її ефективність боротьби з ударними літаками. Але, як правило, в роботах з цього напрямку кількісній оцінці ефективності застосування хибних цілей достатньої уваги не приділяється.

**Метою статті** є надання підходів кількісного обґрунтування шляхів підвищення живучості бойових літаків у повітряному ударі з урахуванням можливостей системи ППО противника.

### Виклад основного матеріалу

Розглянемо аналітичну модель оцінки можливостей системи ППО. Припустимо, що потік повітряних цілей, які знищуються засобами ППО, є таким, що підпорядковується розподіленню Пуассона [8], тоді інтенсивність їх знищення визначається як [9]:

$$\mu = K_{зрк} \Pi_{ог} P_{пр}, \quad (1)$$

де  $K_{зрк}$  – кількість ЗРК системи ППО;

$\Pi_{ог}$  – вогнева продуктивність ЗРК;

$P_{пр}$  – ймовірність ураження цільовим каналом.

Вогнева продуктивність зенітного ракетного комплексу (ЗРК) визначається як [9]:

$$\Pi_{ог} = \frac{R}{t_{ц}}, \quad (2)$$

де  $R$  – кількість каналів (кількість цілей, що одночасно підлягає обстрілу);

$t_{ц}$  – цикл стрільби ЗРК (час виконання однієї стрільби по цілі).

Ймовірність ураження цілі ЗРК обчислюється за формулою [8]:

$$P_{пр} = 1 - (1 - p_1)^m, \quad (3)$$

де  $p_1$  – ймовірність ураження цілі однією ракетою;

$m$  – число ракетних каналів в цільовому каналі.

Таким чином, вираз (1) набирає наступного вигляду:

$$\mu = K_{\text{ЗРК}} \Pi_{\text{ог}} \left(1 - (1 - p_1)^m\right). \quad (4)$$

Схематично на рис. 1 зображено зону обстрілу для батареї ЗРК.

Час знаходження повітряної цілі в зоні обстрілу складе:

$$t_z = \frac{d}{V_c}, \quad (5)$$

де  $V_c$  – швидкість повітряної цілі.

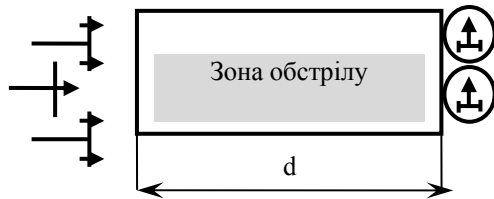


Рис. 1. Зона обстрілу

Якщо потік знищуваних повітряних цілей є таким, що підпорядковується розподіленню Пуассона з інтенсивністю  $\mu$  (4), тоді ймовірність того, що за час  $t_z$  буде знищено  $n$  цілей, визначається як:

$$P_n = \frac{(\mu t_z)^n}{n!} e^{-\mu t_z}. \quad (6)$$

Представимо вираз (6) як функцію від  $n$ :

$$P_n(n) = \frac{(\mu t_z)^n}{n!} e^{-\mu t_z}. \quad (7)$$

Тоді, ймовірніше за все, кількість збитих повітряних цілей визначається значенням аргументу  $n$ , що приводить до максимуму цю функцію [10].

Вважаємо, що система ППО оснащена ЗРК ТОР-М1. Для пускової установки час реакції складає 12 с, кількість цільових каналів 2, вірогідність ураження цілі однією ракетою  $P_1 = 0,7$ . Хай протяжність зони обстрілу  $d$  складає 10 км, а в умовах перешкод для ураження маневреної цілі здійснюється стрільба цільовим каналом, що включає 2 ракетні канали, тобто  $m = 2$ . Для розрахунків, встановимо швидкість повітряної цілі 800 км/год. На рис. 2 наведені графіки функції (7) коли задіяна одна батарея (4 пускових установки), 2 батареї (8 пускових установок), 3 батареї (12 пускових установок).

Аналіз розрахованих максимумів цієї функції дозволяє отримати залежність можливості знищення повітряних цілей даною системою ППО від технічних характеристик ЗРК та їх кількості. Так, дії однієї батареї дозволяють прогнозувати знищення до 6 повітряних цілей. Дві батареї можуть знищити вже 13 повітряних цілей. Якщо ж для прикриття військ виділяється зенітний ракетний дивізіон, то можна прогнозувати знищення вже 20 повітряних цілей.

Проведена оцінка можливостей з ураження повітряних цілей системою ППО противника дозволяє зробити обґрунтовані висновки для ухвалення раціональних рішень при плануванні повітряної операції.

На сьогодні, з урахуванням досвіду останніх локальних війн, військових конфліктів, особлива увага приділяється питанням застосування авіації як високоефективного засобу ведення бойових дій. Підвищення живучості ударної авіації при завданні ударів по об'єктах противника набуває особливої актуальності з урахуванням росту можливостей сучасних (перспективних) систем ППО. Використання авіаційних хибних цілей (АХЦ) дозволяє значно ускладнити дію комплексів ППО.

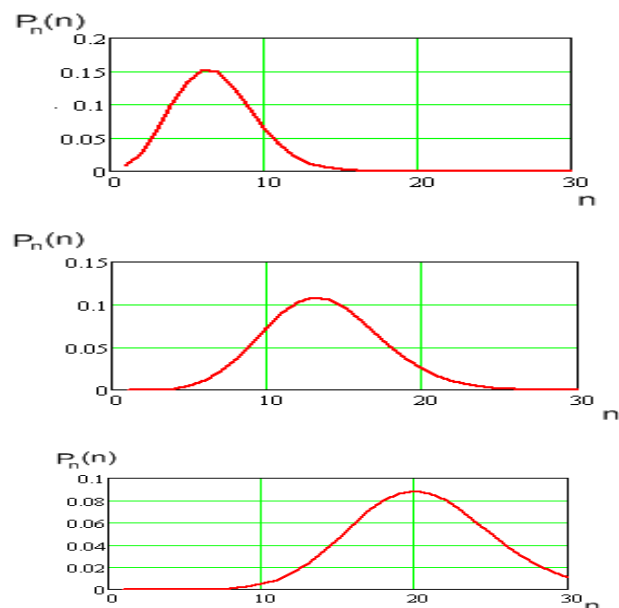


Рис. 2. Графіки функції (7)

Розглянемо завдання визначення необхідної кількості АХЦ, що забезпечують заданий рівень втрат засобів повітряного нападу при плануванні повітряної операції [11].

Нехай для вирішення завдання по нанесенню удару по об'єкту, що прикривається засобами ППО, потрібна ударна група, що складається з  $n_{\text{зпн}}$  бойових одиниць.

У подальшому – засоби повітряного нападу (ЗПН). Вважатимемо, що в процесі рішення цієї задачі цій групі протидіятиме деяка кількість однотипних ЗРК ППО, що мають у своєму складі сумарно  $n_{\text{зкр}}$  зенітних керованих ракет (ЗКР). Тут і нижче під ЗРК розуміється цільовий канал ЗРК, який з урахуванням швидкоплинності бою задіюється один раз.

Для ухвалення рішення по кількісному складу змішаного угруповання потрібно провести оцінку кількості  $x_1$  втрачених ЗПН і кількості  $x_2$  АХЦ, що

забезпечують допустимий рівень бойових втрат ЗПН.

В основу цієї оцінки покладемо підхід, пов'язаний з безпосереднім підрахунком вірогідності відповідних випадкових подій [8].

Нехай з угруповання літальних апаратів (ЛА) у складі ЗПН і АХЦ ( $n_{зпн} + x_2$ ), засоби ППО випадковим чином вибирають і вражають цілі за допомогою  $n_{зкр}$  зенітних ракет. При цьому передбачається, що АХЦ достатньою мірою імітують інформаційні ознаки ЗПН і в контурах управління ЗРК ЗПН і АХЦ відображаються як однакові цілі. Тоді отримуємо, що за допомогою випущених  $n_{зкр}$  ракет буде знищено  $n_{зкр}$  одиниць ЛА угруповання.

Загальне число випадків знищення  $n_{зкр}$  ракетами  $n_{зкр}$  цілей зі складу угруповання визначається числом поєднань  $C_{n_{зпн} + x_2}^{n_{зкр}}$ .

Число сприятливих випадків, при яких пусками  $n_{зкр}$  ракет буде знищено рівно  $x_1$  ЗПН визначається як  $C_{n_{зпн}}^{x_1} \cdot C_{x_2}^{n_{зкр} - x_1}$ . Даний вираз представляє собою добуток числа випадків  $C_{n_{зпн}}^{x_1}$ , при яких буде знищено  $x_1$  ЗПН, та числа випадків  $C_{x_2}^{n_{зкр} - x_1}$ , при яких останні уражені цілі ( $n_{зкр} - x_1$ ) будуть являтися хибними.

Тоді імовірність втрати рівняється  $x_1$  ЗПН зі складу угруповання, яке включає до свого складу  $x_2$  АХЦ, буде мати гіпергеометричне розподілення [10] і визначатися функцією:

$$P_{x_1, x_2} = \frac{C_{n_{зпн}}^{x_1} \cdot C_{x_2}^{n_{зкр} - x_1}}{C_{n_{зпн} + x_2}^{n_{зкр}}} = \frac{x_2! \cdot n_{зпн}! \cdot n_{зкр}! \cdot (x_2 + n_{зпн} - n_{зкр})!}{x_1! \cdot (n_{зпн} - x_1)! \cdot (n_{зкр} - x_1)! \cdot (x_2 + n_{зпн})! \cdot (x_2 + x_1 - n_{зкр})!} \quad (8)$$

Область існування цієї функції дискретних аргументів визначається як:

$$\begin{aligned} 0 \leq x_1 \leq n_{зпн}, \quad 0 \leq x_1 \leq n_{зкр}, \\ x_2 \geq 0, \quad x_2 \geq n_{зкр} - n_{зпн}, \\ x_2 + x_1 \geq n_{зкр}. \end{aligned} \quad (9)$$

Найбільш імовірна кількість знищених ЗПН визначається як таке значення  $x_1$ , яке є аргументом і доставляє максимум функції  $P_{x_1, x_2}$  для кожного фіксованого значення аргументу  $x_2$ .

На рис. 3 представлені розрахунки з урахуванням того, що 6 ударним літакам протистойть система

ППО у складі 3 ЗРК. Кожен ЗРК в ході бою може зробити 2 постріли, тобто  $n_{зкр} = 6$ .

Розрахунки показують, що при використанні 5 АХЦ максимальні втрати ударних літаків можуть досягати 4. Використання 10 АХЦ знижує втрати до 3 літаків. Застосування 15 АХЦ призводять до можливих втрат в 2 літаки. Подальше збільшення кількості АХЦ для даного випадку до зниження втрат не призводить.

Значне підвищення живучості ЗПН при подоланні системи ППО забезпечується за рахунок попереднього знищення працюючих РЛС.

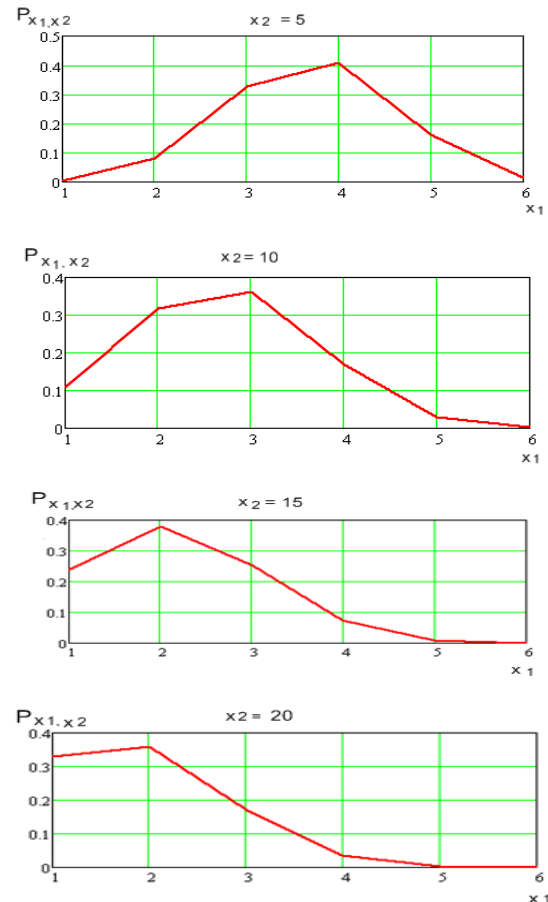


Рис. 3. Графіки функції (8)

При розрахунку необхідної кількості протирадіолокаційних ракет для ураження радіоелектронних засобів (РЕЗ) противника вихідними даними виступають:

- кількість РЕЗ противника;
- маса бойової частини протирадіолокаційної ракети;
- кругове імовірне відхилення (КІВ) протирадіолокаційної ракети;
- необхідна імовірність ураження РЕЗ.

В якості РЕЗ розглянемо РЛС АН/МРQ-33 і АН/МРQ-39. Для їх повного руйнування надмірний тиск ударної хвилі  $\Delta P$  має бути в районі 0,05 МПа.

При вибуху на земній поверхні величина  $\Delta P$  апроксимується наступною формулою [12]:

$$\Delta P = 0,95 \cdot \frac{\sqrt[3]{m}}{r} + 3,9 \cdot \frac{\sqrt[3]{m^2}}{r^2} + 13,0 \cdot \frac{m}{r^3}, \quad (10)$$

де  $m$  – маса вибухової речовини (ВР);  
 $r$  – відстань від точки вибуху.

На рис. 4 представлений графік залежності  $\Delta P$  від відстані до точки вибуху для ракет з масою ВР 70 кг (середнє значення ВР для такого типу ракет).

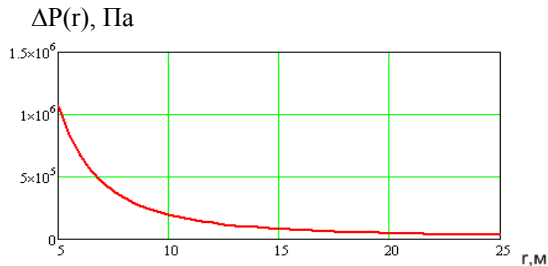


Рис. 4. Залежність  $\Delta P$  від відстані до точки вибуху

Величині 0,05 МПа відповідає відстань приблизно в 20 метрів, тобто вибух протирадіолокаційної ракети на цій відстані призводить до знищення РЕЗ.

Розрахуємо імовірність влучення протирадіолокаційної ракети в круг радіусом 20 м залежно від її точності.

Для простоти розрахунків замінимо круг на квадрат рівної площі. Тоді на рис. 5 приведені значення вірогідності ураження РЕЗ однією ракетою залежно від її точності. Розрахунки проводилися з використанням приведеної функції Лапласа [8], де  $E$  – вірогідне відхилення.

Визначимо необхідний рівень ураження РЕЗ величиною необхідної вірогідності ураження  $P_{тр}$ . При застосуванні  $n$  ракет ця імовірність виражається формулою:

$$P_{тр} = 1 - (1 - P_1)^n, \quad (11)$$

де  $P_1$  – імовірність влучення однією ракетою,  
 $n$  – кількість задіяних ракет.

Тоді необхідна кількість ракет для заданої імовірності ураження  $P_{тр}$  виражається формулою:

$$n = \frac{\ln(1 - P_{тр})}{\ln(1 - P_1)}. \quad (12)$$

Загальна кількість протирадіолокаційних ракет, які будуть задіяні в ході повітряного удару, повинна обґрунтовуватися з урахуванням аналізу системи ППО противника і задачами, які стоять перед ударними літаками.

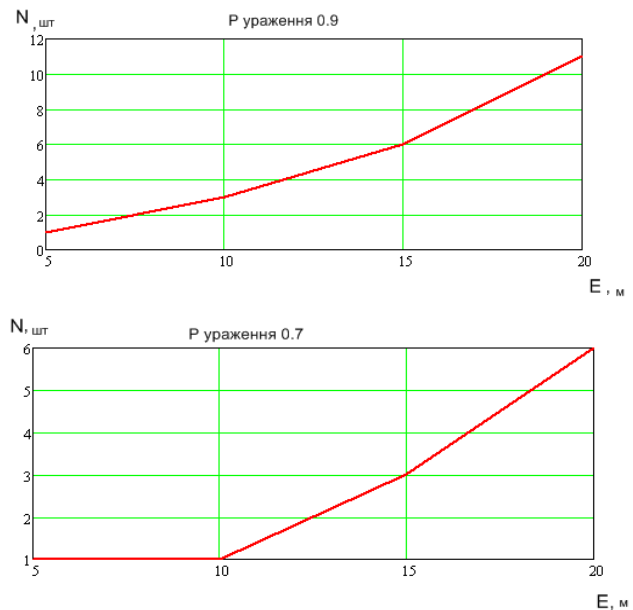


Рис. 5. Необхідна кількість ракет для ураження РЕЗ із заданою імовірністю

Порядок і послідовність застосування протирадіолокаційних ракет для ураження РЕЗ визначається загальним задумом щодо проведення повітряного удару.

## Висновки

Наведені підходи дозволяють провести ряд розрахунків, які направлені на підвищення живучості бойових літаків, що задіяні в повітряному ударі.

Дається метод проведення розрахунку тієї кількості АХЦ, яка забезпечує потрібний рівень живучості бойових літаків, виходячи з можливостей ППО противника.

Виходячи з даних про кількість РЕЗ у системі ППО, надається підхід до визначення потрібної кількості протирадіолокаційних ракет для їх знищення із заданою ймовірністю.

Така оцінка безпосередньо впливає на якість рішень, які приймаються при плануванні повітряного удару, та взагалі підвищує ефективність застосування літаків ударної авіації.

## Список літератури

1. Алімпієв А.М. Особливості гібридної війни РФ. Довід, що отриманий Повітряними силами Збройних Сил України / А.М. Алімпієв, Г.В. Певцов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 2(27). – С. 19-25. <https://doi.org/10.30748/ntps.2017.27.03>.
2. Шамко Є.В. Основні особливості застосування Повітряних Сил в сучасних умовах ведення збройної боротьби / Є.В. Шамко, О.М. Жарик, В.В. Коваль // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 2(27). – С. 15-18. <https://doi.org/10.30748/ntps.2017.27.02>

3. Вишневецький С.Д. Потенційні можливості РЛС РТВ з виявлення оперативно-тактичних та тактичних безпілотних літальних апаратів / С.Д. Вишневецький, Л.В. Бейліс, В.Й. Климченко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 2(27). – С. 92-98.
4. Шулежко В.В. Математична модель ведення бойових дій групою зенітних ракетних дивізіонів в умовах поведінкової невизначеності дій засобів повітряного нападу / В.В. Шулежко, О.Я. Деркач // Системи озброєння і військова техніка. – 2016. – № 2(50). – С. 39-41.
5. Агафонов Ю.М. Моделі оцінки дій ударних безпілотних літальних апаратів / Ю.М. Агафонов, С.М. Звиглянич, М.П. Ізюмський // Системи озброєння і військова техніка. – 2013. – № 1(33). – С. 2-5.
6. Агафонов Ю.М. Оцінка очікуваного ефекту від застосування малих авіаційних хибних цілей при виконанні завдань введення противника в оману в операціях (бойових діях) / Ю.М. Агафонов, С.М. Звиглянич, М.П. Ізюмський // Системи озброєння і військова техніка. – 2016. – № 1(45). – С. 125-127.
7. Жарик О.М. Досвід використання безпілотних авіаційних комплексів для виконання бойових (спеціальних) завдань в Арабо-Ізраїльських війнах та збройних конфліктах / О.М. Жарик // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2013. – № 1(34). – С. 5-15.
8. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Наука, 1988. – 480 с.
9. Зимин Г.В. Справочник офицера противовоздушной обороны. – 2-е изд., перераб. и доп. / Г.В. Зимин, С.К. Бурмистров, Б.М. Букин. – М.: Воениздат, 1987. – 512 с.
10. Моисеев Г.В. Основы теории создания и применения имитационных беспилотных авиационных комплексов: монография / Г.В. Моисеев, В.С. Моисеев. – Казань: Редакционно-издательский центр, 2013. – 208 с.
11. Моисеев В.С. Основы теории эффективного применения беспилотных летательных аппаратов: монография / В.С. Моисеев. – Казань: Редакционно-издательский центр “Школа”, 2015. – 444 с.
12. Балаганский И.А. Действие средств поражения и боеприпасов / И.А. Балаганский, Л.А. Мерзиевский. – Новосибирск: НГТУ, 2004. – 408 с.

## References

1. Alimpiev, A.M. and Pevcov, G.V. (2017), "Osoblyvosti hibridnoyi viyny RF. Dosvid, shcho otrymany Povitryanymy sylamy Zbroynykh Syl Ukrainy" [Features of the hippodrome of the RF. Experience gained by the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2(27), pp. 19-25. <https://doi.org/10.30748/ntps.2017.27.03>.
2. Shamko, E.V., Zharik, O.M. and Koval, V.V. (2017), "Osnovni osoblivosti zastosuvannya Povitryanix Sil v suchasnix umovax vedennya zbroynoy borotbi" [The main features of the use of the Air Force in the current conditions of armed struggle], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2(27), pp. 15-18. <https://doi.org/10.30748/ntps.2017.27.02>.
3. Vishevskiy, S.D., Beylis, L.V. and Klimchenko, V.Y. (2017), "Potenciyni mozhlivosti RLS RTV z viyavlennya operativno-taktichnix ta taktichnix bezpilotnix litalnix aparativ" [Potential capabilities of the RTV radar for the detection of operational tactical and tactical unmanned aerial vehicles], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2(27), pp. 92-98. <https://doi.org/10.30748/ntps.2017.27.18>.
4. Shulezhko, V.V. and Derkach, O.Ya. (2016), "Matematychna model vedennya boyovykh diy hrupoyu zenitnykh raketnykh dyvizioniv v umovakh povedinkovoyi nevyznachenosti diy zasobiv povitryanoho napadu" [Mathematical model of combat operations by a group of anti-aircraft missile divisions in conditions of behavioral uncertainty of actions of means of air attack], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 2(5), pp. 39-41.
5. Agafonov, Yu.M., Zviglyanich, S.M. and Izyumsky, M.P. (2013), "Modeli otsinky diy udarnykh bezpilotnykh litalnykh aparativ" [Models of impact assessment of drone unmanned aerial vehicles], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 1(13), pp. 2-5.
6. Agafonov, Yu.M., Zviglyanich, S.M. and Izyumsky, M.P. (2016), "Otsinka ochikuvanoho efektu vid zastosuvannya малыkh aviatsiynykh khybnykh tsiley pry vykonanni zavdan vvedennya protyvnyka v omanu v operatsiyakh (boyovykh diyakh)" [Estimation of the expected effect from the use of small aviation false targets when performing tasks of misleading the enemy in operations (combat)], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 1(45), pp. 125-127.
7. Zharik, O.M. (2013), "Dosvid vykorystannya bezpilotnykh aviatsiynykh kompleksiv dlya vykonannya boyovykh (spetsialnykh) zavdan v Arabo-Izrayil'skykh viynakh ta zbroynykh konfoiktakh" [Experience of using unmanned aviation complexes to carry out combat (special) tasks in Arab-Israeli wars and armed conflicts], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, No. 2(51), pp. 6-8.
8. Ventcel, E.S. and Ovcharov, L.A. (1988), "Teoriya veroyatnostey i yeye inzhenernyye prilozheniya" [Probability theory and its engineering applications], Nauka, Moscow, 480 p.
9. Zimin, G.V., Burmistrov, S.K. and Bukin, B.M. (1987), "Spravochnik ofitsera protivovozdushnoy oborony" [Reference book of an air defense officer], Voenizdat, Moscow, 512 p.
10. Moiseev, G.V. and Moiseev, V.S. (2004), "Osnovy teorii sozdaniya i primeneniya imitatsionnykh bespilotnykh aviatsionnykh kompleksov: monografiya" [Fundamentals of the theory of the creation and application of imitation unmanned aerial systems: monograph], "Shkola", Kazan, 208 p.
11. Moiseev, V.S. (2015), "Osnovy teorii effektivnogo primeneniya bespilotnykh letatel'nykh apparatov: monografiya" [Fundamentals of the theory of effective use of unmanned aerial vehicles: monograph], "Shkola", Kazan, 444 p.
12. Balaganskiy, I.A. and Merzhievskiy, L.A. (2004), "Deystviye sredstv porazheniya i boyepripasov" [The action of weapons and ammunition], NGTU, Novosibirsk, 408 p.

Надійшла до редколегії 16.11.2018

Схвалена до друку 11.12.2018

**Відомості про авторів:****Звиглянич Сергій Миколайович**

кандидат технічних наук  
старший науковий співробітник  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-2419-8093>

**Ізюмський Микола Павлович**

науковий співробітник  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-2752-239X>

**Information about the authors:****Sergey Zviglyanich**

Candidate of Technical Sciences  
Senior Research Associate  
of Ivan Kozhedub Kharkiv National  
Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-2419-8093>

**Nikolay Izumskiy**

Research Associate  
of Ivan Kozhedub Kharkiv National  
Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-2752-239X>

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЖИВУЧЕСТИ БОЕВЫХ САМОЛЕТОВ В ВОЗДУШНОМ УДАРЕ С УЧЕТОМ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ ПВО ПРОТИВНИКА**

С.Н. Звиглянич, Н.П. Изюмский

В статье приводится ряд аналитических моделей, которые позволяют количественно обосновать необходимые средства в виде авиационных ложных целей и противолокационных ракет для повышения живучести ударной группировки самолетов при прорыве системы противовоздушной обороны (ПВО) противника. Предметом исследования является процесс принятия решений, направленный на повышение живучести авиационной группировки при ведении боевых действий. Целью статьи является обоснование путей повышения живучести боевых самолетов с учетом возможностей системы ПВО противника. Приведенные расчеты опираются на методы исследования операций. Дается оценка эффективности применения малых авиационных ложных целей. Проводится расчет нужного количества противорадиолокационных ракет для поражения обнаруженных радиоэлектронных средств противника. Такая количественная оценка позволяет повысить эффективность решений, которые принимаются, при планировании воздушной операции.

**Ключевые слова:** авиационные ложные цели, средства воздушного нападения, система ПВО, зенитные управляемые ракеты, зенитные ракетные комплексы.

**WAYS TO INCREASE THE SURVIVABILITY OF COMBAT AIRCRAFT IN THE AIR CENTER WITH ACCOUNTING THE CAPABILITIES OF THE ENEMY AIR DEFENSE SYSTEM**

S. Zviglyanich, N. Izumskiy

The article presents a number of analytical models that allow planning methods for overcoming the enemy air defense system by attack aircraft. The subject of research is the decision-making process directed at increasing the survivability of the air group during combat operations. The aim of the article is to justify ways to increase the survivability of combat aircraft taking into account the capabilities of the enemy's air defense system. The given calculations are based on methods of operations analysis. The article considers the analytical model for assessment the capabilities of the enemy's air defense system. Such basic indicators of anti-aircraft missile systems as fire performance, the number of target channels, the probability of destroying the air target and the time of the control cycle were considered as initial data. The capabilities of the air defense system for the destruction of attack aircraft were assessed depending on their speed and taking into account the characteristics of anti-aircraft missile systems. Calculations were carried out for a different number of anti-aircraft missile systems that are part of the air defense system. The proposed approach to the assessment of air defense system capabilities to defeat the enemy attack aircraft is a tool to justify the correctness of the decision-making in the planning of air operations. The direct calculation of the probability of damage to attack aircraft is given taking into account the use of aerial false targets. The approach to substantiating the required number of such false targets to ensure a given level of survivability of attack aircraft is proposed in the article. Combat experience in the use of aviation in modern wars (armed conflicts) shows that a significant increase in survivability of attack aircraft is achieved by pre-destroying the enemy's operational radar stations. The approach to calculating the required number of anti-radar missiles for the destruction of the enemy's identified electronic means, taking into account their number and the prescribed degree of destruction guarantee, was proposed. The proposed series of analytical models with acceptable accuracy allows one to obtain a quantitative assessment actions directed at increasing the survivability of attack aircraft. This quantitative assessment allows to increase the effectiveness of decisions taken when planning an air operation.

**Keywords:** the Aviation erroneous aims, facilities of air attack, system air defence, zenithal guided rockets, zenithal rocket complexes, pilotless aircrafts.