

В.Г. Чернов<sup>1</sup>, В.М. Сургай<sup>2</sup>, І.П. Мажара<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Харківський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, Харків

<sup>2</sup> Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## МЕТОДИКА ОЦІНКИ ТОЧНОСТІ ВИВОДУ ВИНИЩУВАЧА НА ЦІЛЬ ПО РАКУРСУ ТА ЧАСУ ВИХОДУ

Розглядається порядок оцінки точності виводу винищувача на повітряну ціль по ракурсу та часу виходу. Професійна діяльність офіцера бойового управління у процесі наведення винищувачів на повітряні цілі може супроводжуватися помилками різної природи й характеру. Помилки офіцера бойового управління приводять до відхилень винищувача від заданого (розрахункового) положення відносно повітряної цілі. Це є можливою причиною зриву атаки повітряної цілі або невиконання бойового завдання. Тому метою роботи є методика оцінки точності виводу винищувача в задане положення відносно цілі за величиною ракурсу та часу виходу і надання практичних рекомендацій офіцерам бойового управління щодо компенсації можливих помилок під час наведення винищувачів на повітряні цілі. Розглянуто, яким чином помилки наведення по дистанції та інтервалу впливають на точність наведення по ракурсу. Визначені умови, в яких помилки по ракурсу мають максимальні значення. Проаналізовано, як впливають відхилення винищувача по інтервалу та дистанції на час виходу винищувача на задану дистанцію від цілі. Надані практичні рекомендації офіцерам бойового управління щодо підвищення точності виводу винищувача на ціль.

**Ключові слова:** офіцер бойового управління, винищувач, наведення, точність виводу на ціль, помилки наведення, помилка за ракурсом, помилка за часом виходу на ціль.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Професійна діяльність офіцера бойового управління (ОБУ) у процесі наведення винищувачів на повітряні цілі може супроводжуватися помилками різної природи й характеру. Ці помилки можуть призвести до зриву атаки повітряної цілі або невиконанню бойового завдання [1–2].

Помилки ОБУ приводять до затримок команд по управлінню винищувачами. Це негативно позначається на точності й оперативності управління, що в остаточному підсумку приводить до відхилень винищувача від заданого (розрахункового) положення відносно повітряної цілі [2].

Однак повністю виключити помилки з діяльності людини-оператора неможливо. Неминучість помилок означає, що мало вміти діяти правильно, необхідно навчитися попереджати, виявляти й виправляти помилки [3–7].

Виходячи з відзначеного, актуальним є питання аналізу та оцінки точності виводу винищувача на повітряну ціль по ракурсу (куту зустрічі) та часу виходу. На підставі цього необхідно обґрунтувати методичні рекомендації особам бойового розрахунку пунктів управління авіацією для розпізнавання типу помилки та її оперативного усунення в процесі наведення.

**Аналіз літератури.** В роботі [1] розглянуто процес наведення винищувача на повітряну ціль,

розкрито сутність різних методів наведення при формуванні траєкторії наведення винищувачів на повітряні цілі, їх переваги та недоліки. При розгляді методів наведення враховувались лише ідеальні умови та безпомилкові дії льотчика та ОБУ.

В роботах [8–12] розглянуто процес виникнення помилок наведення у горизонтальній площині. Врахована курсова помилка наведення, зумовлена помилками визначення напрямку польоту цілі. Проаналізовані помилки, викликані несвоєчасністю початку розвороту винищувача. Розглянуті помилки наведення, викликані курсовою помилкою перед початком розвороту і визначенням швидкості цілі. Досліджено питання аналізу та оцінки точності виводу винищувача в задане положення відносно повітряної цілі.

Разом з тим у вищезазначених роботах не враховувались помилки наведення винищувача за ракурсом та часом виходу на повітряну ціль.

**Мета статті.** Методика оцінки точності виводу винищувача в задане положення відносно цілі за величиною ракурсу та часу виходу. Надання практичних рекомендацій офіцерам бойового управління щодо компенсації можливих помилок під час наведення винищувачів на повітряні цілі.

### Виклад основного матеріалу

У процесі розв'язання завдання наведення методом “Маневр” винищувач виводиться в тактично



Точність наведення по ракурсу на попутних ( $\theta_o = 0^\circ$ ) і на зустрічних курсах ( $\theta_o = 180^\circ$ ) практично однакова. Однак точність наведення винищувача по ракурсу в задню півсферу цілі ( $\theta_o = 0 \div 90^\circ$ ) в цілому суттєво гірше точності наведення в передню півсферу ( $\theta_o = 90 \div 180^\circ$ ). Досліджуючи функцію (5) на максимум, одержимо, що максимальні значення помилок  $\sigma_\theta$  мають місце за умови:

$$\cos \theta_o = n, \quad (6)$$

чому відповідає

$$\sigma_{\theta_{\max}} = \frac{\sigma_x}{l_o \sqrt{1-n^2}}.$$

Таким чином, якщо умови застосування зброї винищувача не допускають великих відхилень від заданого ракурсу, то слід уникати наведення під ракурсом, відповідним до умови (6). Для прикладу, даного на графіку (рис. 2), самим невідгидним із цього погляду був би вивід винищувача позаду цілі під кутом ( $\theta_o = 37^\circ$ ), оскільки  $n = 0,8$ .

Перейдемо тепер до розгляду відхилень часу виходу винищувача на задану дистанцію від цілі  $\Delta l_o$ .

У розрахунковому випадку винищувач на третьому етапі наведення повинен пройти шлях  $l_o - \Delta l_o$ . Відхилення винищувача після розвороту від розрахункового положення по дистанції й інтервалу спричинять зміну довжини прямій третього етапу, а тому зміниться й час зближення з ціллю.

Для того щоб одержати вираз для середнього квадратичного відхилення довжини прямій від заданої величини  $\sigma_l$  внаслідок помилок наведення по інтервалу й дистанції, скористуємося рівняннями (7) і візьмемо повні диференціали  $x_k, y_k$ :

$$\left. \begin{aligned} x_k &= -d = n(l_o - \Delta l_o) - l_o \cos \theta_o; \\ y_k &= l_o \sin \theta_o; \\ \alpha_k &= \theta_o. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Звідки,

$$\begin{aligned} \Delta x &= n\Delta l_x - \cos \theta_o \Delta l_x + l_o \sin \theta_o \Delta \theta_x; \\ \Delta y &= \Delta l_y \sin \theta_o + l_o \cos \theta_o \Delta \theta_y. \end{aligned}$$

Якщо перейти до середніх квадратичних відхилень і замість  $\sigma_{\theta_x}, \sigma_{\theta_y}$  підставити отримані вище вирази (3) і (4), то знайдемо часткові відхилення довжини прямій внаслідок помилок наведення по дистанції і інтервалу

$$\begin{aligned} \sigma_{l_x} &= \frac{\cos \theta_o}{1 - n \cos \theta_o} \sigma_x; \\ \sigma_{l_y} &= \frac{\sin \theta_o}{1 - n \cos \theta_o} \sigma_y, \end{aligned}$$

звідки випливає, що сумарне відхилення довжини прямій третього етапу складе:

$$\sigma_l = \sqrt{\sigma_{l_x}^2 + \sigma_{l_y}^2} = \frac{\sqrt{\cos^2 \theta_o \sigma_x^2 + \sin^2 \theta_o \sigma_y^2}}{1 - n \cos \theta_o}. \quad (8)$$

Середнє квадратичне відхилення часу зближення з ціллю до дистанції  $\Delta l_o$  на швидкості  $V_k$  буде дорівнювати:

$$\sigma_t = \frac{\sigma_l}{V_k} = \frac{\sqrt{\cos^2 \theta_o \sigma_x^2 + \sin^2 \theta_o \sigma_y^2}}{V_u (m - \cos \theta_o)}. \quad (9)$$

З формули (8) випливає, що точність наведення за часом зближення, не залежить від довжини прямої  $l_o$ .

Це справедливо лише за умови, що довжина  $l_o$  обрана досить великою, щоб виключити випадки виходу винищувача з розвороту на занадто малій дальності від цілі, внаслідок чого винищувач не встигне виконати атаку.

Залежність помилки наведення  $\sigma_t$  від напрямку виводу винищувача на ціль характеризує графік величини  $\sigma_{S_u} = V_u \sigma_t$  (рис. 2). При тих самих значеннях помилок  $\sigma_x, \sigma_y$ , точність наведення при виводі винищувача в передню півсферу цілі ( $\theta_o = 180^\circ$ ) в багато разів вище, чим при виводі на попутні курси ( $\theta_o = 0^\circ$ ). В останньому випадку величина  $\sigma_{S_u}$  досягає максимального значення.

## Висновки

У процесі виконання наведення через помилки ОБУ або льотчика, винищувач може відхилитися від заданого (розрахункового) положення відносно цілі по величині ракурсу й часу виходу. В результаті цих помилок, винищувач відносно цілі може опинитися у такому положенні (за величиною ракурсу або часу), що може привести до зриву наведення або невиконання бойового завдання.

Підвищення точності виводу винищувача на повітряну ціль можливо добитися:

- регулюванням крену винищувача на другому етапі наведення. Величина максимального крену повинна бути не більше встановленої для даної висоти й умов польоту. Зменшувати ж величину крену можна аж до виводу з розвороту;

- повним використанням маневрених можливостей винищувача і виконанням при необхідності розворотів з максимальним для даної висоти креном.

За час розвороту помилки накопичуються та можуть значно перевищити ті помилки, з якими винищувач був виведений у точку початку розвороту.

Тому крен на розвороті при можливості слід задавати максимальним.

- умінням вчасно виявляти помилки, що виникають під час наведення. ОБУ повинен вчасно реагувати на відхилення параметрів руху винищувача від розрахункових, вчасно подавати команди відповідно до зміни умов польоту.

## Список літератури

1. Каменский В.Н. Межсамолётная навигация и наведение самолетов. Часть II. Наведение истребителей на воздушные цели / В.Н. Каменский. – Монино: Воениздат, 1984. – 352 с.
2. Аналіз помилкових дій офіцерів бойового управління під час наведення винищувачів на повітряні цілі / В.Г. Чернов, І.П. Мажара, В.М. Сургай, Б.А. Телятник // Новітні технології – для захисту повітряного простору: матеріали VIII наук. конф. Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 18-19 квіт. 2012 р.: тези допов. – Х., 2012. – С. 61.
3. Человеческий фактор при управлении воздушным движением // Человеческий фактор: сб. материалов № 8. – Циркуляр ИКАО 241-AN/145. – Монреаль, Канада, 1993. – 51 с.
4. Основные принципы учёта человеческого фактора в системах организации воздушного движения (АТМ). – Doc 9758-AN/966. – Монреаль, Канада, 2000. – 156 с.
5. Циркуляр ИКАО 314-AN/178. Контроль факторов угрозы и ошибок при управлении воздушным движением. – 2008. – 34 с. – ISBN 978-92-9231-266-4.
6. Сергеев С.Ф. Инженерная психология и эргономика / С.Ф. Сергеев. – М.: НИИ школьных технологий, 2008. – 176 с.
7. Стрелков Ю.К. Инженерная и профессиональная психология / Ю.К. Стрелков. – М.: Академия, 2005. – 148 с.
8. Чернов В.Г. Визначення раціональної траєкторії польоту винищувача на перехоплення повітряної цілі при вирішенні завдання наведення методом “маневр” / В.Г. Чернов // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2016. – № 3(48). – С. 76-78.
9. Чернов В.Г. Методика оцінки точності наведення винищувачів на повітряні цілі за величиною курсового кута цілі / В.Г. Чернов, В.Ю. Павленко, А.В. Андрусенік // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2016. – № 2(23). – С. 62-64.
10. Методика оцінки точності виводу винищувача із розвороту в задане положення відносно цілі / О.І. Тимочко, В.Г. Чернов, В.І. Сауляк, І.О. Гордєв // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2017. – № 5(54). – С. 70-74.
11. Болховитинов О.В. Боевые авиационные комплексы и их боевая эффективность / О.В. Болховитинов. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1990. – 135 с.
12. Денисов В.Г. Авиационная инженерная психология / В.Г. Денисов, В.Ф. Онищенко, А.В. Скрипец. – М.: Машиностроение, 1993. – 232 с.

## References

1. Kamenskij, V.N. (1984), “*Mezhsamolyotnaya navigaciya i navedenie samoletov. Chast` II. Navedenie istrebitelej na vozdushny`e celi*” [Interplane navigation and targeting of aircraft. Part II. Targeting fighter aircraft for aerial purposes], Voensizdat, Monino, 352 p.
2. Shchernov, V.H., Mazhara, I.P., Surhai, V.M. and Teliatnyk, B.A. (2012), “Analiz pomylkovykh dii ofitseriv boiovoho upravlinnia pid chas navedennia vynyshchuvachiv na povitriani tsili” [Analysis of erroneous actions of officers of combat management in the conduct of fighters on air targets], *Novitni tekhnologii - dlia zakhystu povitrianoho prostoru: materialy VIII nauk. konf. Kharkivskoho universytetu Povitrianykh Syl imeni Ivana Kozheduba*, KNAFU, Kharkiv, pp. 61.
3. ICAO Circular 241-AN/145 (1993), “Chelovecheskij faktor pri upravlenii vozdushnym dvizheniem” [The human factor in controlling air traffic], *Human Factor*, No. 8, Montreal, Canada, 51 p.
4. Doc 9758-AN/966 (2000), “*Osnovnye principy uchjota chelovecheskogo faktora v sistemah organizacii vozdushnogo dvizhenija (ATM)*” [The basic principles of accounting of the human factor in air traffic organization systems (ATM)], Montreal, Canada, 156 p.
5. ICAO Circular 314-AN/178 (2008), “*Kontrol' faktorov ugrozy i oshibok pri upravlenii vozdushnym dvizheniem*” [Control of Threat and Error Factors in Air Traffic Control], ISBN 978-92-9231-266-4, 34 p.
6. Sergeev, S.F. (2008), “*Inzhenernaya psixologiya i ergonomika*” [Engineering psychology and ergonomics], NII shkolyh tehnologii, Moscow, 176 p.
7. Strelkov, Ju.K. (2005), “*Inzhenernaya i professionalnaya psixologiya*” [Engineering and a professional psychology], Akademiya, Moscow, 148 p.
8. Chernov, V. (2016), “*Vyznachennia ratsionalnoi traiekatorii polotu vynyshchuvacha na perekhoplennia povitrianoi tsili pry vyrishenni zavdannia navedennia metodom “manevr”*” [Determination of rational trajectory of the fighter's flight to intercept the air target in solving the task of guidance by the “maneuver” method], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, No. 3(48), pp.76-78.

9. Chernov, V.G., Pavlenko, V.Ju. and Andrusenyk, A.V. (2016), "Metodyka ocinky tochnosti navedennja vynyshhuvachiv na povitryani cili za velychynuju kursovogo kuta cili" [Method of estimation of accuracy of targeting of fighters on air targets by the value of the heading angle of the target], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2(23), pp. 62-64.

10. Tymochko, A.I., Chernov, V.H., Sauliak, V.I., and Hordieiev, I.O. (2017), "Metodyka otsinky tochnosti vyvodu vynyshchuvacha iz rozvorotu v zadane polozhennia vidnosno tsili" [Method of estimation of accuracy of output of fighter from turning to a given position with respect to the target], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, No. 5(54), pp. 70-74.

11. Bolhovitinov, O.V. (1990), "Boevye aviacionnye komplekxy i ih boevaya effektivnost" [Combat aircraft complexes and their combat effectiveness], VVIA im. N.E. Zhukovskogo, Moscow, 135 p.

12. Denisov, V.G., Onishchenko, V.F. and Skripets, A.V. (1993), "Aviacionnaya inzhenernaya psihologiya" [Aviation engineering psychology], Mechanical Engineering, Moscow, 232 p.

Надійшла до редколегії 7.10.2019

Схвалена до друку 19.11.2019

**Відомості про авторів:**

**Чернов Вадим Геннадійович**

кандидат технічних наук  
судовий експерт Харківського  
науково-дослідного експертно-криміналістичного  
центру МВС України,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-6050-7768>

**Сургай Віталій Михайлович**

старший викладач Харківського національного  
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-5994-5418>

**Мажара Ігор Петрович**

старший викладач Харківського національного  
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-7986-4992>

**Information about the authors:**

**Vadym Chernov**

Candidate of Technical Sciences  
Forensic Expert the Kharkiv Scientific  
Research Forensic Center of the Ministry  
of Internal Affairs of Ukraine,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-6050-7768>

**Vitalii Surhai**

Senior Lecturer of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-5994-5418>

**Igor Mazhara**

Senior Lecturer of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-7986-4992>

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ВЫВОДА ИСТРЕБИТЕЛЯ НА ЦЕЛЬ  
ПО РАКУРСУ И ВРЕМЕНИ ВЫХОДА**

В.Г. Чернов, В.М. Сургай, І.П. Мажара

Рассматривается порядок оценки точности вывода истребителя на воздушную цель по ракурсу и времени выхода. Профессиональная деятельность офицера боевого управления в процессе наведения истребителей на воздушные цели может сопровождаться ошибками различной природы и характера. Ошибки офицера боевого управления приводят к задержкам команд управления истребителями. Это отрицательно сказывается на точности и оперативности управления, что в конечном итоге приводит к отклонениям истребителя от заданного (расчетного) положения относительно воздушной цели. Ошибки являются возможной причиной срыва атаки воздушной цели или невыполнению боевой задачи. Поэтому целью работы является исследование вопросов по оценке точности вывода истребителя в заданное положение относительно цели по величине ракурса и времени выхода. А также, предоставление практических рекомендаций офицерам боевого управления для компенсации возможных ошибок во время наведения истребителей на воздушные цели. Проанализированы основные причины возникновения ошибок наведения при выводе истребителя в заданное положение относительно цели. Рассмотрено, каким образом ошибки наведения по дистанции и интервалу влияют на точность наведения по ракурсу. В виду того, что ошибки наведения по дистанции и интервалу являются независимыми, была определена суммарная ошибка наведения по ракурсу. Определены условия, в которых ошибки по ракурсу имеют максимальные значения. Построен график зависимости ошибок наведения по ракурсу и времени сближения с целью. Проанализировано, как влияют отклонения истребителя по интервалу и дистанции на время выхода истребителя на заданную дальность от цели. Даны практические рекомендации офицерам боевого управления по повышению точности вывода истребителя на цель и эффективности выполнения боевой задачи. Основными из них явля-

ются: регулирование крена истребителя на втором этапе наведения; полное использование маневренных возможностей истребителя; выполнение при необходимости разворотов с максимальным для данной высоты креном; умение вовремя замечать и исправлять ошибки, возникающие при наведении.

**Ключевые слова:** офицер боевого управления, истребитель, наведение, точность вывода на цель, ошибки наведения, ошибка по ракурсу, ошибка по времени выхода на цель.

## METHODOLOGY OF ESTIMATION OF FIGHTER ACCURACY OUTPUT ON TARGET BY ANGLE AND TIME OF EXIT

V. Chernov, V. Surhai, I. Mazhara

*Will consider order of accuracy estimating of the fighter guidance to an air target by angle and time of arrival. Professional activity of combat control officer in a process of guidance of fighters to an air targets can be accompanied by various mistakes. Combat control officers mistakes cause fighter combat orders delay. This make bad influence on accuracy and operative control, that can cause misguidance of plane relative to calculated (estimated) position of the fighter to an air target. Mistakes can cause failure of the attack of an air target or even failure of the combat mission (also called missed mission). So the main objective of this work is to study questions of on assessing the accuracy of plane relative to calculated (estimated) position of the fighter to the air target by angle and time of arrival. Also providing practical recommendations to the combat control officer for the compensation of possible mistakes during fighter guidance to an air targets. The main reasons of guidance mistakes when fighter is brought to a calculated (given) to the air target position were analyzed. It was reviewed how the mistakes of guidance on distance and interval affect guidance accuracy by angle. Because guidance mistakes by distance and interval are independent, the total guidance mistake by the angle was founded. Conditions in which angle mistakes will have maximum values were founded. A graph that shown dependences of the guidance mistakes on the angle and time of approach to the air target were built. It was analyzed how the deviation of the fighter in the interval and distance effects on necessary time to get fighter to a given distance to an air target. Practical recommendations to combat control officers were given to increase accuracy of fighter guidance to an air target and to improve the effectiveness of the combat mission. The main of them are: regulation of the roll of the fighter in the second stage of guidance; full use of the maneuverability of a fighter; making, if it necessary, turns with a maximum roll for a given height; ability to detect and correct mistakes that can occur during guidance in time.*

**Keywords:** combat command officer, fighter, guidance, accuracy of output on the target, guidance mistakes, angle mistakes, time mistake of reaching the target.