Н.Ю. Лучик, Є.Г. Цибро

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

МЕТОДИКА КОРЕГУВАННЯ ВІДХИЛЕНЬ ЛІТАКА ДЛЯ ВИВОДУ ЙОГО НА ЗАДАНИЙ НАПРЯМОК

Розглядається методика корегування відхилень виводу винищувача на повітряну ціль за рахунок збільшення або зменшення крену під час розвороту на заданий напрямок. Професійна діяльність офіцера бойового управління у процесі наведення винищувачів на повітряні цілі може супроводжуватися помилками різної природи й характеру. Розглянуто, яким чином помилки наведення подачі команди на розворот не на розрахункових упередженій дистанції та інтервалу виконання розвороту для виводу винищувача на заданий напрямок, впливають на точність наведення. Надані практичні рекомендації офіцерам бойового управління щодо підвищення точності виводу винищувача на ціль.

Ключові слова: офіцер бойового управління, винищувач, крен, наведення, точність виводу на заданий напрямок, помилки наведення, помилка за інтервалом, помилка за упередженою дистанцією початку розвороту.

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 невиконання бойового завдання [1–2].

Через помилки наведення, винищувач може почати розворот не у розрахунковій точці, а з деяким відхиленням від неї. У зв'язку з цим, виникає необхідність внесення коректив у режим розвороту винищувача, шляхом зміни кута крену для забезпечення його виходу у задане положення відносно повітряної цілі. 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 напрямку на визначену дистанцію. 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 останніх досліджень і публікацій. 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 розкритті методів наведення було враховано лише безпомилкові дії льотчика та ОБУ й ідеальні умови виконання наведення.

В роботах [8–11] розглянуто процес виникнення помилок наведення. Врахована курсова помилка наведення, зумовлена помилками визначення напрямку польоту цілі. 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, а саме початок виконання другого етапу польоту методу наведення “Маневр”, що пов’язаний з несвоєчасною подачею команди у точці початку розвороту для виводу винищувача на заданий напрямок.

Мета статті. Порядок оцінки точності виводу винищувача в задане положення відносно цілі. Надання практичних рекомендацій офіцерам бойового управління щодо компенсації можливих помилок під час наведення винищувачів на повітряні цілі.

Виклад основного матеріалу

У процесі розв’язання задачі наведення методом “Маневр” винищувач виводиться в тактично вигідне положення відносно повітряної цілі. На цьому етапі наведення льотчик за допомогою бортових радіотехнічних засобів виявляє й розпізнає повітряну ціль. Із цього моменту відбувається перехід розв’язання задачі наведення з методу “Маневр” на метод “Пряме зближення”. Однак у процесі розв’язання завдання наведення можуть виникати помилки, які можуть суттєво вплинути на результат

наведення. Розрізняють помилки наведення в горизонтальній і вертикальній площинах. Для методу “Маневр” точність наведення в горизонтальній площині характеризується помилками вводу винишувача в розворот по упередженій дистанції (Дупер) (рис. 1) та інтервалу (I) (рис. 2) відносно заданих у розрахунковій точці закінчення розвороту K [9–10]. Ці помилки, у свою чергу, приводять до відхилень під час розвороту літака, виводу його на заданий напрямок на визначену дистанцію та часу польоту на третьому етапі наведення, що в свою чергу приведе до зсуву положення точки зустрічі C на дистанцію $\Delta S_{\text{ц}}$.

Рис. 1. Виправлення помилок наведення при невідповідності фактичної упередженої дальності розвороту розрахунковій дальності

Рис. 2. Виправлення помилок наведення при невідповідності фактичного інтервалу розрахунковому інтервалу

Основні джерела виникнення помилок наведення при виводі винишувача в задане положення методом “Маневр” і визначення помилок наведення по курсовому куту на третьому етапі наведення були розглянуті в роботі [8–9]. У розрахунковому випадку зближення винишувача з ціллю після розвороту повинне відбуватися без заданого кута зустрічі (ракурсу). Однак відхилення винишувача від заданого положення до моменту початку розвороту приведуть до того, що третій етап наведення почнеться – не з розрахункового положення, а зближення буде відбуватися під деяким ракурсом (рис. 1–2). Відпо-

відні помилки можна виправити під час розвороту літака для виводу його на заданий напрямок шляхом збільшення або зменшення кута крену β° . У регулюванні кута крену β° і складається сутність наведення на другому етапі наведення методом – маневр.

Розглянемо два випадки регулювання крену β° літака під час розвороту на заданий напрямок з помилками що виникли (рис. 1–2):

1. Якщо винишувач відхилився у зовнішню сторону, тобто від повітряної цілі, то розворот варто починати раніше і виконувати його з меншим креном β° . Якщо винишувач ще і спізнився з розворотом, то на якийсь час крен β° повинен бути збільшений аж до максимального, а потім зменшений до величини, що відповідає бічному відхиленню.

2. Якщо винишувач відхилився у внутрішню сторону, тобто на повітряну цілю, то розворот треба починати пізніше і виконувати його з великим креном. Якщо, крім того, розворот почався раніше чим потрібно, то необхідно на якийсь час зменшити крен, аж до виводу з розвороту, а потім збільшити його до величини, що відповідає значенню бічного відхилення.

Таким чином, може знадобитися кількарізова зміна крену винишувача під час виконання розвороту, що в свою чергу негативно впливає на пілотування льотчика літаком. Але можна також застосувати спосіб однократної зміни крену, але зі зміною курсу виходу винишувача з розвороту, а саме (рис. 3):

– якщо винишувач ухилився праворуч або спізнився з розворотом, то кут крену β° збільшують, але зменшують курс виходу з розвороту (1-а лінія);

– якщо ж винишувач ухилився ліворуч або розворот початий раніше, ніж потрібно, то кут крену зменшується, але збільшується курс виходу з розвороту (2-а лінія).

Рис. 3. Вплив зміни кута крену на курс виходу з розвороту:

- 1 – крен збільшується, курс виходу зменшується;
- 2 – крен зменшується, курс виходу з розвороту збільшується

Однократною зміною кута крену β° можна істотно зменшити помилки наведення. Однак, зустріч у цих випадках з повітряною ціллю відбувається не у розрахунковій точці, а винишувач відхиляється від заданого напрямку виходу на цілю.

Виходячи з вищезазначеного виникає необхідність у розрахунку потрібного крену на розвороті при заданих значеннях швидкості (V_θ) і радіуса розвороту (R) винищувача, а також часу розвороту на різні кути.

$$R = \frac{V_\theta^2}{g \cdot \tan \beta^\circ}; \quad (1)$$

$$t_{кр} = \frac{R \cdot KP}{V_\theta}, \quad (2)$$

де g – прискорення сили ваги;

KP – кут розвороту, вимірюваний у радіанах (рад);

β° – крен на розвороті.

Висновки

У процесі виконання наведення через помилки ОБУ або льотчика, винищувач може відхилитися від заданого (розрахункового) положення відносно цілі по величині упередженої дистанції й інтервалу виконання розвороту.

У результаті цих помилок, винищувач відносно цілі може опинитися у такому положенні (за величиною ракурсу або відносно заданої дистанції

виходу на ціль), 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.

– величиною 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. Ч. I. Наведение истребителей на воздушные цели / В.Н. Каменский. – Монино: Воениздат, 1972. – 168 с.
2. Каменский В.Н. Межсамолётная навигация и наведение самолетов. Ч. II. Наведение истребителей на воздушные цели / В.Н. Каменский. – Монино: Воениздат, 1984. – 352 с.
3. 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 // Збірник матеріалів VIII наукової конференції Харківського університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба “Новітні технології – для захисту повітряного простору”. – Харків, 18-19 квітня 2012 р. – С. 61.
4. Человеческий фактор при управлении воздушным движением // Сборник материалов № 8. – Циркуляр ИКАО 241-AN/145. – Монреаль, Канада, 1993. – 51 с.
5. Основные принципы учёта человеческого фактора в системах организации воздушного движения (АТМ). – Doc 9758-AN/966. – Монреаль, Канада, 2000. – 156 с.
6. Циркуляр ИКАО 314-AN/178. Контроль факторов угрозы и ошибок при управлении воздушным движением, ISBN 978-92-9231-266-4. – 2008. – 34 с.
7. Сергеев С.Ф. Инженерная психология и эргономика / С.Ф. Сергеев. – М.: НИИ школьных технологий, 2008. – 176 с.
8. Стрелков Ю.К. Инженерная и профессиональная психология / Ю.К. Стрелков. – М.: Академия, 2005. – 148 с.
9. 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. – С. 76-78.
10. 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. – С. 62-64.
11. Методика оцінки точності виводу винищувача із розвороту в задане положення відносно цілі / О.І. Тимочко, В.Г. Чернов, В.І. Сауляк, І.О. Гордєєв // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2017. – № 5(54). – С. 70-74.
12. Болховитинов О.В. Боевые авиационные комплексы и их боевая эффективность / О.В. Болховитинов. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1990. – 135 с.

References

1. Kamenskij, V.N. (1972), “*Mezhsamolyotnaya navigaciya i navedenie samoletov. Chast' I. Navedenie istrebitel'ej na vozdushny'e celi*” [Interplane navigation and targeting of aircraft. Part I. Targeting fighter aircraft for aerial purposes], Voenizdat, Monino, 168 p.

2. Kamenskij, V.N. (1984), "Mezhsamolyotnaya navigaciya i navedenie samoletov. Chast' II. Navedenie istrebitel' na vozdushny'e celi" [Interplane navigation and targeting of aircraft. Part II. Targeting fighter aircraft for aerial purposes], Voenizdat, Monino, 352 p.
3. Shchernov, V.H., Mazhara, I.P., Surhai, V.M. and Teliatnyk, B.A. (2012), "Analiz pomylykovykh 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], *Proceedings of the VIII Scientific Conference of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University "Latest technologies for airspace protection"*, 18-19 April, Kharkiv, Ukraine, pp. 61.
4. 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.
5. Doc 9758-AN/966 (2000), "Osnovnye principy uchjota chelovecheskogo faktora v sistemah organizacii vozdušnogo dvizhenija (ATM)" [The basic principles of accounting of the human factor in air traffic organization systems (ATM)], Montreal, Canada, 156 p.
6. ICAO Circular 314-AN/178 (2008), "Kontrol' faktorov ugrozy i oshibok pri upravlenii vozdušnym dvizheniem" [Control of Threat and Error Factors in Air Traffic Control], ISBN 978-92-9231-266-4, 34 p.
7. Sergeev, S.F. (2008), "Inzhenernaya psixologiya i e'rgonomika" [Engineering psychology and ergonomics], NII shkolnyh tekhnologij, Moscow, 176 p.
8. Strelkov, Ju.K. (2005), "Inzhenernaya i professional'naya psixologiya" [Engineering and a professional psychology], Akademiya, Moscow, 148 p.
9. Chernov, V. (2016), "Vyznachennia ratsionalnoi traiektorii 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, pp.76-78.
10. Chernov, V.G., Pavlenko, V.Ju. and Andrusenyk, A.V. (2016), "Metodyka ocinky tochnosti navedennja vynyshchuvachiv na povitrjani 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, pp. 62-64.
11. 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.
12. Bolxovitinov, O.V. (1990), "Boevye aviacionnye komplekxy i ix boevaya effektivnost'" [Combat aircraft complexes and their combat effectiveness], VVIA im. N.E. Zhukovskogo, Moscow, 135 p.

Надійшла до редколегії 27.03..2020

Схвалена до друку 14.04.2020

Відомості про авторів:**Лучик Нестор Юрійович**

курсант Харківського національного
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-8063-6919>

Цибро Євген Геннадійович

курсант Харківського національного
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9383-2428>

Information about the authors:**Nestor Luchyk**

Cadet of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-8063-6919>

Yevhen Tsybro

Cadet of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9383-2428>

МЕТОДИКА КОРРЕКТИРОВКИ ОТКЛОНЕНИЙ САМОЛЕТА ДЛЯ ВЫВОДА ЕГО НА ЗАДАННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ

Н.Ю. Лучик, Е.Г. Цибро

Рассматривается методика коррекции отклонений вывода истребителя на воздушную цель за счёт увеличения или уменьшения крена во время разворота на заданное направление. Профессиональная деятельность офицера боевого управления в процессе наведения истребителей на воздушные цели может сопровождаться ошибками различной природы и характера. Рассмотрено, каким образом ошибки наведения подачи команды на разворот не на расчётных упреждённой дистанции и интервала выполнения разворота для вывода истребителя на заданное направление влияют на точность наведения. Даны практические рекомендации офицерам боевого управления по повышению точности вывода истребителя на цель.

Ключевые слова: офицер боевого управления, истребитель, крен, наведение, точность вывода на заданное направление, ошибки наведения, ошибка по интервалу, ошибка по упреждённой дистанции начала разворота.

METHODOLOGY OF ADJUSTMENT THE DEVIATION OF THE AIRPLANE TO REVERT TO A GIVEN DIRECTION

N. Luchykh, Ye. Tsybro

The technique of correction of deviations of the fighter's output to an air target due to an increase or decrease in the roll during a turn in a given direction is considered. The professional activities of the combat control officer in the process of guiding fighters to air targets may be accompanied by errors of various nature and character. Errors of the combat control officer lead to untimely issued fighter control commands, which in turn leads to deviations of the fighter from a given (calculated) position relative to the air target. This adversely affects the accuracy and efficiency of control, which ultimately leads to deviations of the fighter from a given (calculated) position relative to the air target. Errors are a possible cause of the failure of an attack on an air target or the failure of a combat mission to intercept air targets at predetermined boundaries. Therefore, the aim of the work is to correct the deviations of the aircraft when the fighter is brought to a predetermined position relative to the target at the second stage of guidance of the Maneuver method (U-turn). And also, providing practical recommendations to combat control officers to compensate for possible errors during fighter guidance on air targets. The main reasons for the occurrence of guidance errors during the withdrawal of a fighter to a predetermined position relative to the target are analyzed. It is examined how the guidance errors of a command for a turn not at the calculated anticipated distance and the turn interval for a fighter to lead to a given direction affect the accuracy of guidance. It is analyzed how the deviation of the fighter in the interval and distance affects the time the fighter enters a given distance relative to the target. Practical recommendations are given to the officers of the combat command to increase the accuracy of the withdrawal of the fighter on the target and the effectiveness of the combat mission. The main ones are: regulation of the roll of the fighter in the second stage of guidance; full use of the maneuverability of a fighter; performing, if necessary, turns with a maximum roll for a given height; the ability to notice and correct errors that occur during hovering in time.

Keywords: combat control officer, fighter, roll, guidance, accuracy of withdrawal to a given direction, guidance errors, interval error, error on the lead-in distance of the start of a turn.