М.П. Долина, Л.П. Лахоткін, А.В. Попович, Є.О. Дядченко

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

МЕТОДИКА РОБОТИ ШТУРМАНА НАВЕДЕННЯ ПУНКТУ НАВЕДЕННЯ АВІАЦІЇ ПРИ НАВЕДЕННІ ВИНИЩУВАЧІВ НА ПОВІТРЯНІ ЦІЛІ МЕТОДОМ НАВЕДЕННЯ “ПОГОНЯ”

В статті досліджено методику роботи штурмана наведення пункту наведення авіації на повітряні цілі методом “Погоня” під час прикриття важливих державних об’єктів з урахуванням досвіду локальних воєнних конфліктів. Проведено аналіз позитивних і негативних властивостей методу наведення “Погоня”, які слід враховувати в конкретних умовах, його переваги і недоліки з точки зору складності розрахунків, обмежень щодо відносної швидкості винищувача і цілі, маневрених можливостей цілі. Наведено рекомендації по застосуванню методу “Погоня” для ефективного виведення винищувачів на повітряні цілі.

Ключові слова: метод наведення, повітряна ціль, винищувач, штурман наведення.

Вступ

Постановка проблеми. В авіації комплекс заходів з управління виходом літального апарату на ціль з подальшим враженням прийнято розділяти на два взаємопов’язані процеси:

- цілевказання;
- наведення.

Цілевказівка – надання інформації екіпажу про розташування і характер цілі. Цілевказівка підрозділяється на завчасну і безпосередню.

При завчасній цілевказівці екіпаж отримує інформацію про ціль при отриманні бойового завдання по позначенням на топографічній карті, аерофотознімкам, отриманим в ході розвідувальних заходів, а також даними, отриманими від РЛС. При безпосередній цілевказівці екіпаж отримує інформацію про ціль при підльоті літаків до цілей. Дана цілевказівка здійснюється наземними авіанавідниками або екіпажами розвідувальних літаків наведення і цілевказівки. При ньому екіпажу винищувача доводяться дані про розташування цілі відносно винищувача, характерного орієнтиру або координати цілі, тип цілі, її стан, характер функціонування, параметри руху, демаскуючі ознаки на місцевості.

Для авіації під терміном наведення розуміється передача команд командирів авіаційного підрозділу або екіпажу винищувача для виведення його в положення, що забезпечує екіпажам виявлення цілі візуально або за приладами (на бортову РЛС, тепловізори та т. д.) і її атаки з ходу.

Наведення авіації є процесом складнішим ніж цілевказування. Розрахунок наведення літального апарату проводиться з урахуванням його маневрених можливостей, а також вогневих можливостей засобів ППО противника. Авіанавідник повинен прорахувати курс заходу літального апарату на ціль з висотою, кутом атаки і швидкістю,

яка дозволить найбільш ефективно вразити ціль і уникнути вогню ППО противника. Наведення на ПНА виконують офіцери штурмани наведення ШН, які вирішують задачу наведення, виробляють і передають на борт винищувача команди наведення, цілевказівки та інформацію про повітряну обстановку. Щоб виробити команди наведення, ШН повинен вибрати метод наведення, програму польоту винищувача і на основі вихідних даних вирішити задачу наведення. Досвід локальних збройних конфліктів показує, що атака повітряної цілі виявляється найбільш результативною в тому випадку, коли винищувач до моменту початку атаки знаходиться в тактично вигіднішому положенні відносно цілі. В бойових умовах інформація про параметри руху часто буває низької точності або неповною. Метод наведення “Погоня”, на відміну від методів прямого наведення, не вимагає від ШН знання параметрів руху цілі і винищувача. При наведенні цим методом ШН досить знати лише координати повітряної цілі і винищувача. Тому дослідження процесу наведення винищувачів на повітряні цілі методом “Погоня” дозволить підвищити ефективність процесу наведення на повітряні цілі за рахунок оптимізації роботи бойових розрахунків пунктів управління.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В роботах [1–3] було розглянуто процес наведення винищувача на повітряну ціль та сутність різних методів наведення та їх властивості. Однак, в роботах недостатньо досліджені питання аналізу умов, в яких раціонально застосовувати даний метод для наведення винищувача для перехоплення повітряної цілі.

Метою статті є дослідження методики роботи штурмана при наведенні винищувачів на повітряні цілі методом “Погоня” для підвищення ефективності

процесу наведення винищувачів на повітряні цілі.

Виклад основного матеріалу

Метод наведення “Погоня” відрізняється від методів прямого наведення тим, що траєкторія польоту винищувача не є прямолінійною. Даний метод, на відміну від методів прямого наведення, не вимагає від ОБУ знання параметрів руху цілі і винищувача. При наведенні цим методом ОБУ досить знати лише координати повітряної цілі і винищувача [4].

Суть методу наведення “Погоня” полягає в тому, що командами з КП (ПНА) або за допомогою бортових засобів вектор швидкості винищувача або його поздовжня вісь безперервно направляється на повітряну ціль (рис. 1).

Рис. 1. Метод наведения “Погоня”

Джерело: розроблено авторами за даними [4, С. 25].

В цьому випадку курсової кут цілі дорівнює нулю ($\psi_{\eta} = 0^{\circ}$), винишувач зближується з повітряною ціллю по криволінійній траєкторії, яку називають кривою погоні. Наведення цим методом пов'язано з розворотом винишувача і зміною кута крену в процесі зближення з повітряною ціллю.

При зближенні винищувача з повітряною ціллю по кривій погоні поздовжня вісь винищувача спрямована на повітряну ціль, тому він виводиться в задню півсферу повітряної цілі і вимагає переваги винищувача в швидкості польоту. Виняток становить лише політ суворо на зустрічних курсах, коли швидкість винищувача може бути менше швидкості повітряної цілі, при цьому метод наведення “Погоня” не відрізняється від методу “Паралельне зближення” [5].

У двох випадках – при польоті винищувача навздогін ($\psi_{\theta} = 180^{\circ}$) і суворо назустріч цілі ($\psi_{\theta} = -180^{\circ}$) крива погоні перетворюється в прямо-

лінійну траєкторію, таку ж, як при “Паралельному зближенні” (рис. 2).

Рис. 2. Можливі траєкторії польоту винищувача і кути (ракурси) зустрічі з повітряною ціллю
Джерело: розроблено авторами за даними [5, С. 29].

Сутність рішення задачі наведення винищувача методом “Погоня”, як і методами прямого наведення, складається, головним чином, у визначенні курсу польоту винищувача, часу підльоту на повітряний бій і точки зустрічі винищувача з ціллю [6].

Повністю або частково завдання наведення можна вирішити аналітичним, графічним, інструментальним, окомірним і автоматизованим способами.

Наведення винищувачів методом “Погоня” прийнято поділяти на етапи [7]:

1. Визначення курсу польоту винищувача.

При польоті по кривій погоні курс винищувача має дорівнювати пеленгу цілі (рис. 1):

$$K_{\theta} = \Pi_{\mu}. \quad (1)$$

2. Визначення часу польоту винищувача.

Час польоту винищувача знайдемо, скориставшись диференціальним рівнянням (1).

За умови, коли ціль не маневрує ($\omega_y = 0^\circ$), і за умови $\psi_y = 0^\circ$, шуканий час польоту по кривій погоні:

$$t = \frac{\mathcal{D}_0 \cdot (m - \cos \psi_{\theta_0}) - \mathcal{D} \cdot (m - \cos \psi_{\theta})}{V_u \cdot (m^2 - 1)}. \quad (2)$$

Якщо розглядати час польоту винищувача по кривій погоні до моменту зустрічі ($D = 0^\circ$), то з формули (2) отримаємо:

$$t = \frac{\mathcal{D}_0 \cdot (m - \cos \psi_{e_0})}{V_u \cdot (m^2 - 1)}. \quad (3)$$

3. Визначення положення точки зустрічі винищувача з повітряною ціллю.

Знаючи час польоту, знайдемо довжину шляху цілі за час зближення з нею винищувача по кривій погоні:

$$S_{\Pi} = V_{\Pi} \times t = \frac{D_0 \cdot (m - \cos \psi_{e_0})}{m^2 - 1}, \quad (4)$$

що дозволить визначити точку зустрічі.

I. Графічний спосіб розв'язання задачі наведення

Маючи при собі найпростіші пристосування, можна на планшеті, ІКО або схемою легко побудувати траєкторію польоту винищувача графічним способом [8].

Побудова траєкторії винищувача (кривої погоні) в нерухомій системі координат проводиться таким чином (рис. 3):

1. З кількох позначок повітряної цілі на планшеті або ІКО визначити курс і швидкість її польоту.
2. Через позначку повітряної цілі провести лінію її шляху.
3. Задатися досить малим проміжком часу, наприклад, 20 або 30 с.
4. Лінію шляху повітряної цілі розбити на ділянки довжиною $V_{\Pi} \times \Delta t$.
5. Послідовно відкладати приращення шляху винищувача $V_{\Pi} \times \Delta t$ кожен раз в напрямку на ціль доти, поки кінці відрізків не співпадуть (точка зустрічі – С).
6. Отримані точки з'єднують плавною кривою, яку з деяким наближенням можна прийняти за криву погоні.
7. Від отриманої точки С виміряти довжину шляху цілі, а по швидкості і довжині її шляху розрахувати час польоту винищувача по кривій погоні.

Рис. 3. Крива погоні в нерухомій системі координат
Джерело: розроблено авторами за даними [8, С. 27].

II. Окомірний спосіб вирішення завдання наведення

Окомірний спосіб вирішення завдання наведення методом “Погоня” зводиться лише до визначення курсу винищувача. ОБУ після виявлення позначки цілі на екрані ІКО окомірно визначає курс на ціль і задає його льотчику. Дискретність видачі команд на зміну курсу винищувача залежить від взаємного положення цілі і винищувача, від вихідної дальності і відносної швидкості зближення [9].

Межами області можливих зближень є дві окружності з $R = 1/2n \times R_{\min}$. Межі області легко побудувати, тому що це рівняння є рівнянням двох кіл в полярних координатах, що проходять через повітряну ціль (рис. 4).

Якщо винищувачі потраплять всередину цих кіл, зближення з ціллю по кривій погоні стає нездійсненним через нестачу доступних перевантажень.

Залежно від того, як проходить траєкторія зближення по відношенню до кордонів області, політ по кривій погоні може бути виконано повністю, тобто до моменту зустрічі, якщо винищувачі не входять всередину кіл (положення 1 на рис. 4).

Рис. 4. Межі області можливих зближень в полярних координатах, що проходять через повітряну ціль і траєкторії зближення винищувача з ціллю по відношенню до меж цієї області
Джерело: розроблено авторами за даними [9, С. 48].

Політ може бути виконано лише частково, тобто до моменту виходу винищувачів на межі області (положення 2 на рис. 4). В цьому випадку, продовжуючи розворот з максимально допустимим креном, винищувачі будуть відставати від заданого курсу і перейдуть на іншу сторону від цілі. Дане наведення виявиться зірваним, перехоплення цілі в кращому випадку відбудеться після повторного наведення. Якщо винищувач знаходиться під курсовим кутом,

меншим $\psi_{\min}$, то в процесі зближення з повітряною ціллю по кривій погоні його кутова швидкість і кут нахилу поступово збільшуються. Якщо ж курсовий кут винищувача більший $\psi_{\min}$, кутова швидкість і кут нахилу поступово зменшуються. Однак так відбувається тільки при відношенні швидкостей $m < 2$. При $m > 2$ відбувається безперервне зростання потрібної кутової швидкості розвороту, причому при $m > 2$ – до завідомо нездійсненних значень. Зрозуміло, що в останньому випадку вихід винищувача на ціль (зустріч з нею) принципово неможливий [10].

Повністю і частково здійсними криві погоні поділяються кривою, що торкається границі області можливих зближень (положення 3 на рис. 4). У точці дотику A радіус кривизни ρ досягає мінімального значення, тому дана точка знаходиться під курсовим кутом $\psi_{\min}$.

Збільшення швидкості польоту цілі (зменшення відношення швидкостей m) призводить до зростання часу зближення з ціллю і, отже, до більш пізнього її знищення. Значне зростання швидкості цілі, коли $m < 1$, може взагалі виключити застосування методу “Погоня” для наведення винищувачів.

Якщо для збереження співвідношення швидкості винищувача також збільшити, можливість зближення з метою по кривій погоні все ж погіршуються внаслідок зростання можливого радіусу розвороту і скорочення розмірів області можливих зближень [11].

Значне зменшення швидкості цілі, коли $m > 2$, може також ускладнити вихід на ціль по кривій погоні, якщо система озброєння винищувачів не дозволяє виявити і атакувати ціль на достатній дальності.

До важливих характеристик методу “Погоня” відноситься кривизна траєкторії, з якою пов'язана можливість виконання польоту винищувача по кривій погоні [12]. При польоті винищувача по кривій погоні він постійно буде знаходитися в розвороті зі змінними креном і перевантаженнями.

Наявність області можливих зближень з ціллю для методу “Погоня” пов'язано не з відсутністю у винищувача переваги в швидкості польоту, як у інших методів наведення, а з обмеженими маневреними можливостями [13].

Політ по кривій погоні для винищувача виконаємо тільки до тих пір, поки радіус кривизни кривої буде не менше допустимого радіусу розвороту винищувача, обумовленого можливим перевантаженням. Іншими словами, необхідна кутова швидкість при польоті по кривій погоні не повинна перевищувати максимально допустиму кутову швидкість винищувача.

Разом з ціллю, при її маневрі курсом, як єдине ціле обертається і область можливих зближень, гра-

ниці якої не залежать від кутової швидкості повітряної цілі.

По відношенню до кордонів цієї області, як зазначалося раніше, можна розрізняти здійсненні криві погоні, що виводять винищувач на межі області. Крім здійснених і частково здійснених кривих розрізняють розділяють їх криві погоні. Розділяючих кривих дві. Одна з них торкається окружності, що лежить праворуч від цілі, а інша примикає до окружності, що лежить зліва від повітряної цілі. Ці дотичні (розділяючі) криві і утворюють якби два “канала”, які дозволяють вивести винищувач на маневруючу ціль.

У зв'язку з цим заходом протидії маневру цілі курсом, як і для інших методів наведення, є одночасне наведення на ціль винищувачів з різних сторін.

Якщо маневр цілі виведе з області можливих зближень одного з винищувачів, то цей же маневр не завадить іншому винищувачу зблизитися з метою і атакувати її. Маневр цілі проти одиночного винищувача не буде ефективним, якщо він виявиться в ділянці простору, що належить обом “каналам”, який називають областю неефективного маневрування цілі.

Висновки

У даній статті проведений аналіз методики роботи штурмана наведення пункту наведення авіації при наведенні винищувачів на повітряні цілі методом “Погоня” під час прикриття особливо важливих об'єктів держави з урахуванням досвіду локальних воєнних конфліктів. Важливими позитивними якостями методу “Погоня” є:

1. Простота визначення курсу польоту винищувача.
2. Найкращі умови пошуку цілі винищувачем в кінці наведення, так як вектор швидкості винищувача (його поздовжня вісь) постійно спрямовані на повітряну ціль.
3. Відсутність вимог знання параметрів руху повітряної цілі і винищувача. Для наведення цим методом досить знати лише їх координати.
4. Можливість застосовувати метод на початку наведення, коли дані про повітряну мету нестійкі і по ним неможливо визначити швидкість і напрямки її польоту.

Недоліки методу:

1. З точки зору пілотування це найбільш складний метод, так як курс і крен винищувача весь час змінюються аж до перевищення дозволених.
2. Метод не забезпечує вихід на ціль в найкоротший час по найкоротшій відстані, так як траєкторія винищувача є криволінійною.
3. Метод застосовується, коли швидкість винищувача більше швидкості повітряної цілі, так як

винищувач виводиться в задню півсферу повітряної цілі.

4. Метод не забезпечує вихід винищувача на ціль під заданим кутом зустрічі і не забезпечує безпеку від зіткнення літаків в повітрі, так як зустріч винищувача з метою відбувається в одній точці.

5. При наведенні цим методом значна область простору щодо повітряної цілі, тобто майже вся пе-

редня півсфера, не може бути використана для наведення.

Згідно з наведеними вище позитивними і негативними властивостями пропонується використовувати даний метод в наступних ситуаціях:

- на початку наведення;
- на заключному етапі наведення;
- при наведенні на маневруючі повітряні цілі.

Список літератури

1. 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 // Матеріали VIII наукової конференції Харківського університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба “Новітні технології – для захисту повітряного простору”. – Харків, 18-19 квітня 2012 р. – С. 61.
2. 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.
3. 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.
4. Тимочко О.І. 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.
5. Корольок Н.О. Наведення винищувачів на повітряні цілі як складова частина процесу бойового управління авіацією / Н.О. Корольок, О.І. Тимочко // Системи обробки інформації. – 2005. – № 2(42). – С. 53-61.
6. Бушин С.В. Решение задачи наведения методом “маневр” с использованием аппроксимирующего программирования / С.В. Бушин, Н.А. Крицына, Ю.П. Кулябичев // Информатика и процессы управления. – 2005. – № 12. – С. 13-15.
7. Циркуляр ИКАО 241-AN/145. Человеческий фактор при управлении воздушным движением [Електронний ресурс]. – Монреаль, 1993. – 51 с. – Режим доступу: <https://studylib.ru/doc/776065/ikao--cirkulyar-cirkulyar-241an-145>.
8. Doc 9758-AN/966. Основные принципы учёта человеческого фактора в системах организации воздушного движения (АТМ). – Монреаль: МОГА, 2000. – 156 с.
9. Циркуляр ИКАО 314-AN/178. Контроль факторов угрозы и ошибок при управлении воздушным движением [Електронний ресурс]. – 2008. – 34 с. – Режим доступу: https://www.studmed.ru/cirkulyar-ikao-314-kontrol-faktorov-ugrozy-i-oshibok-kuo-pri-upravlenii_ae2a3d9a347.html.
10. Сергеев С.Ф. Инженерная психология и эргономика / С.Ф. Сергеев. – М.: НИИ школьных технологий, 2008. – 176 с.
11. Стрелков Ю.К. Инженерная и профессиональная психология / Ю.К. Стрелков. – М.: Академия, 2005. – 148 с.
12. Болховитинов О.В. Боевые авиационные комплексы и их боевая эффективность / О.В. Болховитинов. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1990. – 135 с.
13. Бортовые информационно-управляющие средства оснащения летательных аппаратов / Р.В. Мубаракшин, Н.В. Ким, Ю.А. Саблин, И.П. Шингирий. – М.: МАИ, 2003. – 380 с.

Надійшла до редколегії 01.02.2021

Схвалена до друку 02.03.2021

Відомості про авторів:

Долина Михайло Петрович
кандидат військових наук доцент
старший науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-0872-4033>

Information about the authors:

Mykhailo Dolyna
Candidate of Military Sciences Associate Professor
Senior Research Associate
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-0872-4033>

Лахоткін Леонід Павлович

курсант
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-4164-1712>

Leonid Lakhotkin

Cadet
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4164-1712>

Попович Антон Володимирович

курсант
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-1886-307X>

Anton Popovych

Cadet
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-1886-307X>

Дядченко Євген Олександрович

курсант
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-8225-1393>

Yevhen Diadchenko

Cadet
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-8225-1393>

МЕТОДИКА РАБОТЫ ШТУРМАНА НАВЕДЕНИЯ ПУНКТА НАВЕДЕНИЯ АВИАЦИИ ПРИ НАВЕДЕНИИ ИСТРЕБИТЕЛЕЙ НА ВОЗДУШНЫЕ ЦЕЛИ МЕТОДОМ НАВЕДЕНИЯ “ПОГОНЯ”

М. Долина, Л.П. Лахоткин, А.В. Попович, Е.А. Дядченко

В статье исследовано методiku работы штурмана наведения пункта наведения авиации на воздушные цели методом “Погоня” во время прикрытия особо важных объектов государства с учетом опыта локальных военных конфликтов. Проведен анализ положительных и отрицательных свойств метода наведения “Погоня”, которые следует учитывать в конкретных условиях, его преимущества и недостатки с точки зрения сложности расчетов, ограничений по относительной скорости истребителя и цели, маневренных возможностей цели. Приведены рекомендации по применению метода “Погоня” для эффективного вывода истребителей на воздушные цели.

Ключевые слова: метод наведения, воздушная цель, истребитель, штурман наведения.

THE METHOD OF THE AIR TRAFFIC CONTROLLER WORK ON THE POINT OF GUIDANCE OF AVIATION WHEN POINTING FIGHTERS TO AIR TARGETS BY THE METHOD OF “CHASE”

M. Dolyna, L. Lakhotkin, A. Popovych, Ye. Diadchenko

The article examines the method of work of the air traffic control officer to point of aviation for air targets by the “Chase” method during the cover of important objects of the state, taking into account the experience of local military conflicts. Aviation guidance is a more complex process than targeting. The calculation of the guidance of the aircraft is made taking into account its maneuverability, as well as the firepower of the enemy's air defenses. Air traffic control officers must calculate the course of approach of the aircraft to the target with altitude, angle of attack and speed, which will most effectively hit the target and get away from enemy air defense fire. Guidance on the guidance post is performed by air traffic control officers, who solve the task of guidance, produce and transmit on board the fighter guidance, targeting and information about the air situation. To generate guidance commands, air tracking control officer must choose the method of guidance, the flight program of the fighter and on the basis of the initial data to solve the problem of guidance. The experience of local armed conflicts shows that an air target attack is most effective when the fighter is in a more tactically advantageous position relative to the target by the time the attack begins. The essence of solving the problem of directing a fighter by the “Chase” method, as well as methods of direct guidance, is mainly to determine the flight course of the fighter, flight time for air combat and the meeting point of the fighter. The guidance problem can be solved in whole or in part by analytical, graphical, instrumental, eye-measuring and automated methods. The analysis of positive and negative properties of the method of guidance “Chase”, which should be taken into account in specific conditions, their advantages and disadvantages in terms of complexity of calculations. According to the given positive and negative properties it is offered to use this method in the following situations - at the beginning of guidance, at the final stage of guidance and at guidance on maneuvering air targets.

Keywords: guidance method, air target, fighter, navigation navigator.