В.М. Сургай, М.В. Писаренко, Є.В. Терешин

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

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НАВЕДЕННЯ ВИНИЩУВАЧІВ НА ПОВІТРЯНІ ЦІЛІ МЕТОДОМ НАВЕДЕННЯ “МАНЕВР”

В статті досліджено процес наведення винищувачів на повітряні цілі методом “Маневр” під час прикриття військ та об’єктів з урахуванням досвіду локальних воєнних конфліктів. Завдання визначення параметрів наведення методом “Маневр” пов’язана з рішенням рівняння, що визначає траєкторію руху винищувача чисельними методами. Проведено аналіз позитивних і негативних властивостей методу наведення “Маневр”, які слід враховувати в конкретних умовах, їх переваги і недоліки з точки зору складності розрахунків. Проведено порівняльний аналіз методу “Маневр” з методу наведення “Маневр”. Наведено рекомендації по застосуванню методу “Маневр” для ефективного виведення винищувачів на повітряні цілі.

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

Вступ

Постановка проблеми. Найважливішими оперативно-тактичними вимогами до бойових дій винищувальної авіації, є раптовість, точність та своєчасність. Для виконання цих вимог винищувачі повинні точно виводитися на визначені повітряні цілі в призначений час. Бойовий політ виконувати по траєкторіях, що забезпечують ефективне виконання поставленого бойового завдання. Самостійно вирішити цю задачу екіпажі винищувачів можуть лише в обмеженій області повітряного простору, починаючи з дальності виявлення цілі за допомогою бортових засобів або візуально. Поза цією областю політ винищувача по заданій траєкторії виконується завдяки взаємодії екіпажу винищувача та бойовим розрахунком пункту управління (командного пункту (КП), пунктами наведення авіації (ПНА)).

Наведення авіації – це комплекс заходів розрахунків пунктів управління, спрямованих на забезпечення виведення винищувача в тактично вигідне положення щодо повітряних цілей за оптимальними траєкторіями. Наведення – найважливіша складова частина управління екіпажами при виконанні ними різних бойових завдань. Воно забезпечує виявлення противника за допомогою бортових засобів або візуально і виконання атаки. Наведення здійснюється розрахунками пунктів управління відповідно до рішення командира за даними повітряної і наземної обстановки, що надходить від наявних засобів радіолокаційної розвідки.

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. Екіпажам винищувачів подаються команди про курс та режим польоту з періодичним

цілевказівкою (зазначенням дальності до цілі, її висоти і положення відносно винищувача). 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. Зайняти його екіпаж винищувача може по командам з пунктів управління тільки із застосуванням методу наведення “Маневр”. Тому дослідження процесу наведення винищувачів на повітряні цілі методом “Маневр” 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. При їх розгляді враховувались лише ідеальні умови та безпомилкові дії льотчика та бойової обслуги ПНА. У роботі [8] розглянуто вирішення задачі наведення методом “Маневр” з використанням апроксимуючого програмування. Виконана постановка й запропонований алгоритм вирішення задачі перехоплення цілі по мінімальному заглибленню методом наведення “Маневр”. У роботі [4; 7] вирішена задача наведення методом “Маневр” і побудована траєкторія наведення. Однак у роботах недостатньо досліджені питання аналізу умов в яких раціонально застосовувати даний метод для наведення винищувача для перехоплення повітряної цілі.

Метою статті є дослідження процесу наведення винищувачів на повітряні цілі методом “Маневр” для

вироблення рекомендацій щодо ефективного застосування методу наведення.

Виклад основного матеріалу

Траєкторії польоту винищувачів при наведенні їх на повітряні цілі можуть бути прямолінійними, криволінійними і складатися з прямолінійних і криволінійних ділянок (рис. 1).

Рис. 1. Траєкторія польоту винищувача на перехоплення повітряної цілі

Джерело: розроблено авторами за даними [5–7].

Початкові дані, необхідні для вирішення завдання наведення:

- положення заданого рубежу введення в бій;
- умови наведення (навігаційна обстановка, час року, час доби, метеоумови, можливості технічних засобів системи управління, бойові можливості винищувачів та ін.);
- кількість і тип цілей, дані про їхнє становище в просторі і переміщенні (азимут, дальність, висота, швидкість, курс);
- місце розташування своїх винищувачів;
- взаємне положення винищувача та повітряної цілі (дальність винищувача – мета, пеленг цілі, курсовий кут цілі і винищувача, рівень пониження (перевищення) винищувача відносно цілі).

Рішення завдання наведення зводиться до виконання безпосередніх штурманських розрахунків з визначення параметрів наведення. Ці розрахунки ШН виконує під час наведення, і основою для їх виконання служать попередні штурманські розрахунки.

Наведення методом “Маневр” полягає у виведенні винищувача по траєкторії, що складається з декількох ділянок, що включають спеціальний маневр, у визначену відносно цілі точку у просторі. Ця точка визначається можливостями системи озброєння винищувача і тактичним задумом ШН.

Траєкторія польоту винищувача при наведенні методом “Маневр” складається з трьох ділянок [9]:

- ділянка прямолінійного польоту в точку початку маневру (P^{manev});
- маневру (розвороту) для виходу на ціль з заданого напрямку;

– прямолінійної ділянки безпосереднього виходу на ціль на задану дальність (D^{targ}) до неї.

Наведення винищувачів методом “Маневр” прийнято поділяти на етапи (рис. 2):

1 етап – політ по прямій в точку початку маневру (розвороту) (P^{manev}).

2 етап – маневр з заданим радіусом R в точку на дальність виведення (D^{obser}) від мети під заданим кутом (φ).

3 етап – політ по прямій на дальність (D^{targ}) до цілі.

На першому етапі винищувач по прямій виводиться в точку початку маневру (розвороту), тобто першою ділянкою траєкторії є дотична до траєкторії розвороту. Довжина прямолінійної ділянки першого етапу залежить від вихідної дальності між ціллю і винищувачем, їх взаємного положення, швидкостей польоту і заданого кута зустрічі а також деяких інших умов.

Рис. 2. Графічне представлення методу наведення “Маневр”

Джерело: розроблено авторами за даними [4–6].

На другому етапі наведення винищувач виконує маневр. Найбільш поширеним видом маневру є розворот на деякий кут з певним креном – α , який визначає радіус розвороту – R . Команда на виконання маневру подається при виході винищувача в точку початку розвороту (P^{manev}). Її положення при виконанні окомірному наведення визначається по інтервалу dis та випередженої дальності розвороту D^{sun} . Дані величини є не що інше, як координати P^{manev} відносно повітряної цілі.

Інтервал (dis) – найкоротша відстань між винищувачем і лінією польоту цілі в момент початку розвороту винищувача. Випереджена дальність розвороту (D^{sun}) – відстань між ціллю і проекцією

винищувача на лінію її шляху в момент початку маневру (розвороту) винищувача.

В результаті розвороту на розрахований ШН кут ціль повинна увійти в зону огляду радіолокаційної прицільної комплексу (РЛПК) винищувача і перебувати від нього на деякій дальності (D^{obsr}).

У точці D курсової кут цілі – θ_u повинен бути не більше граничного кута зустрічі винищувача з ціллю φ тобто $\theta_u \leq \varphi$. Значення φ зазвичай має дорівнювати максимальному відхиленню зони огляду РЛПК винищувача від його поздовжньої осі. У цій же точці (D) винищувач повинен перебувати на заданій дальності виведення ($D^{вив}$) від цілі. $D^{вив}$ – це відстань між винищувачем, що знаходяться в точці закінчення розвороту, і повітряною ціллю, виміряний вздовж лінії руху цілі. На третьому етапі винищувач зближується з ціллю по прямій, при цьому реалізується метод “Пряме зближення”.

На цьому етапі курс винищувача дорівнює курсу цілі з урахуванням заданого кута зустрічі (φ) [9–13]:

$$H^e = H^u \pm \varphi, \quad (1)$$

де “–” – при атаці цілі з правого боку;

“+” – при атаці цілі з лівого боку.

Значення φ вимірюється в градусах, але спосіб його вимірювання може бути різним при окомірних і автоматизованому наведенні. Довжина прямої третього етапу (dis) – це відстань від точки закінчення розвороту винищувача (D) до рубежу введення в бій. Третій етап (зближення) забезпечує:

– виправлення помилок ШН і льотчика, що виникають в процесі наведення, в тому числі при розвороті;

– виконання додаткових маневрів, наприклад, або заняття висоти та швидкості атаки;

– розгін винищувача або гальмування;

– виявлення цілі і її ідентифікація;

– доповідь льотчика на ПН і отримання дозволу на атаку.

При цьому винищувач знаходиться в точці на дальності початку атаки D^{am} , коли і закінчується наведення.

Час зближення визначається за формулою:

$$t_{збл} = t_{en} + t_{вияв} + t_{id} + t_{захв}, \quad (2)$$

де t_{en} – час на виправлення помилок;

$t_{вияв}$ – час на виявлення цілі;

t_{id} – час на ідентифікацію цілі;

$t_{захв}$ – час на захват цілі бортовим РЛПК.

Величина dis залежить від величини помилок при наведенні, необхідності виконання додаткового маневру винищувача, швидкості зближення винищувача з ціллю, їх різниці висот, можливостей РЛПК та ракет.

Довжина прямої третього етапу визначається формулою:

$$dis = V^e \times t_{збл} + D^{targ}, \quad (3)$$

де V^e – швидкість винищувача.

Дальність D^{targ} залежить від напрямку виходу винищувача на ціль (від кута зустрічі φ), від можливостей прицільної системи винищувача і його озброєння, а також від рівня підготовки льотчика. Чим ближче курс польоту винищувача відносно цілі до зустрічного $\varphi \rightarrow 180^\circ$, тим більше величина D^{targ} . Величина D^{targ} визначається за формулою:

$$D^{targ} = V^{збл} \times t_{прц} + D^{атак}, \quad (4)$$

де $V^{збл}$ – відносна швидкість зближення винищувача з ціллю;

$t_{прц}$ – час прицілювання (зазвичай 20–60 с.);

$D^{атак}$ – дальність пуску ракет.

Знаючи порядок розрахунку величин D^{targ} та $t_{збл}$ можна розрахувати і величину $D^{вияв}$:

$$D^{вияв} = (V_e \times t_{збл} + D^{targ}) \times \cos(\varphi) - V_u \times t_{збл}, \quad (5)$$

Величина дальності до цілі при виході винищувача з розвороту важлива тим, що ШН наочно бачить її на індикаторі кругового огляду (ІКО); вона задається при підготовці до наведення і служить критерієм її оцінки. Величини, що визначають форму траєкторії винищувача при наведенні, називаються параметрами траєкторії польоту винищувача.

Метод наведення “Маневр” має ряд недоліків, що відрізняють його від інших методів наведення. До них слід віднести, перш за все, складність його виконання. Метод містить елементи інших методів наведення. Додаткові витрати часу, пов’язані з виконанням винищувачем розвороту для виходу в задане положення щодо цілі. Особливо вихід на попутні курси, призводить до збільшення глибини проникнення цілі в тил, що найбільшою мірою проявляється під час польоту цілі на великій висоті і великій швидкості. Додаткові витрати часу ще більш збільшуються за рахунок помилок виведення винищувача з розвороту.

На метод наведення “Маневр” сильно впливає маневр повітряної цілі. Це вимагає застосування спеціальних заходів, а в ряді випадків-переходу на наведення іншими методами. Незважаючи на ці не-

доліки, метод “Маневр” є основним при наведенні сучасних винищувачів на повітряні цілі. Це єдиний метод, що забезпечує виведення винищувача в задане положення відносно цілі. Навіть для винищувачів, озброєних всеракурсними ракетами великої дальності, необхідно використовувати метод наведення “Маневр”. Також його ефективно використовувати для виведення винищувача на ціль з боку сонця в обхід заборонених зон, з боку, де неефективне оборонне озброєння повітряної цілі, тобто з урахуванням фактичної обстановки, конкретного супротивника і відповідно до рішення командира. Крім розвороту в горизонтальній площині при наведенні методом “Маневр” в різних умовах можуть застосовуватися і інші види маневрів, в тому числі і вертикальні. Сутність методу наведення при цьому зберігається.

Порівняльний аналіз ефективності методів показав, що при недостатній точності даних про пересування цілі (ціль маневрує, оцінка траєкторії цілі ще не завершена), а також якщо ціль знаходиться на великій висоті та рухається з великою швидкістю, метод “Маневр” є менш ефективним ніж метод “Погоня” (як через складність розрахунку і кількість помилок через нестачу даних, так через додаткові витрати часу, необхідні для досягнення вигідної позиції).

З іншого боку, при достатній кількості даних про пересування цілі і при її відносно слабкому маневруванні, різниця між часом застосування алгоритмів зменшується і при обліку інших чинників (необхідність зайняти положення, в якій оборонні засоби цілі неефективні, необхідність обійти заборонені зони та ін.), алгоритм “Маневр” стає пріоритетним, так як дозволяє зайняти задане положення відносно цілі. Як підсумок, при неточних відомостях про політ цілі або її активному маневруванні ефективнішим є алгоритм “Погоня”, а при можливості точного прогнозування траєкторії цілі ефективнішим є

метод “Маневр”. Також варто враховувати той факт, що в плані пілотування “Погоня” вкрай складна.

Висновки

Проведене дослідження дозволяє обґрунтувати вибір методу наведення “Маневр” в залежності від умов наведення винищувача на повітряну ціль.

А саме при наведенні методом “Погоня” курс винищувачу задається в точку поточного положення повітряної цілі, через що його вигідно застосовувати в кількох випадках:

1. На початку наведення, коли даних про переміщення цілі ще недостатньо і завдання щодо наведення ще не вирішено;
2. На етапі перенацілювання;
3. При виході на ціль, що активно маневрує.

У першому випадку через те, що параметри руху цілі визначені не точно, ефективне застосування методу “Маневр” просто неможливо.

У другому випадку необхідно вести спостереження за ціллю, і без крайньої необхідності застосовувати “Маневр” не потрібно ціль вже в зоні ураження винищувача.

У третьому випадку, як і в першому, складно розрахувати на якій траєкторії буде ціль і яку позицію треба при цьому зайняти винищувачу.

Метод “Маневр” доцільно застосовувати при необхідності виведення винищувача в тактично вигідне положення або будь-яке задане положення щодо цілі:

- якщо радіус ураження винищувача обмежений;
- якщо перехоплення відбувається у районі дії засоби ППО (застосувати “Маневр” необхідно, щоб не заважати засобам ППО і не потрапити під їх вогонь);
- якщо необхідно зайняти положення, в якому повітряна ціль не зможе ефективно застосовувати наявне на борту озброєння (початкова позиція винищувача невдала).

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. Королюк Н.О. Наведення винищувачів на повітряні цілі як складова частина процесу бойового управління авіацією / Н.О. Королюк, 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. – МИФИ, 2005. – № 12. – С. 13-15.

7. Циркуляр ИКАО 241-AN/145. Человеческий фактор при управлении воздушным движением [Электронный ресурс]. – Монреаль, 1993. – 51 с. – Режим доступа: <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 [Электронный ресурс]. – 2008. – 34 с. – Режим доступа: 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 04.01.2021

Схвалена до друку 09.02.2021

Відомості про авторів:

Сургай Віталій Михайлович

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

Писаренко Максим Володимирович

курсант Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-8611-6068>

Терешин Євгеній Вікторович

курсант Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-1505-0807>

Information about the authors:

Vitalii Surhai

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

Maksym Pysarenko

Cadet of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-8611-6068>

Yevhenii Tereshyn

Cadet of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-1505-0807>

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАВЕДЕНИЯ ИСТРЕБИТЕЛЕЙ НА ВОЗДУШНЫЕ ЦЕЛИ МЕТОДОМ “МАНЕВР” ВО ВРЕМЯ ПРИКРЫТИЯ ВОЙСК И ОБЪЕКТОВ С УЧЕТОМ ОПЫТА ЛОКАЛЬНЫХ ВОЕННЫХ КОНФЛИКТОВ

В.М. Сургай, М.В. Писаренко, Е.В. Терешин

В статье исследован процесс наведения истребителей на воздушные цели методом “Маневр” во время прикрытия войск и объектов с учетом опыта локальных военных конфликтов. Задача определения параметров наведения методом “Маневр” связана с решением уравнения, которое определяет траекторию движения истребителя численными методами. Проведен анализ положительных и отрицательных свойств метода наведения “Маневр”, которые следует учитывать в конкретных условиях. А также их преимущества и недостатки с точки зрения сложности расчетов. Проведен сравнительный анализ метода “Маневр” и метода наведения “Погоня”. Приведены рекомендации по применению метода “Маневр” для эффективного вывода истребителей на воздушные цели штурманом наведения.

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

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF INTRODUCING AIR FIGHTER FIGHTERS BY THE “MANEUVER” METHOD DURING THE COVERAGE OF TROOPS AND FACILITIES, TAKING INTO ACCOUNT

V. Surhai, M. Pysarenko, Ye. Tereshyn

The article examines the process of aiming fighters at air targets by the “Maneuver” method during the cover of troops and objects, taking into account the experience of local military conflicts. The problem of determining the parameters of guidance by the method of “Maneuver” is associated with the solution of the equation that determines the trajectory of the fighter by numerical methods. The analysis of positive and negative properties of the method of guidance “Maneuver”, which should be taken into account in specific conditions, their advantages and disadvantages in terms of complexity of calculations. A comparative analysis of the “Maneuver” method with the “Maneuver” guidance method is performed. Recommendations for the use of the “Maneuver” method for effective withdrawal of fighters for air purposes are given. One of the important tasks of fighter aircraft is to fight enemy air targets. One of the important tasks of fighter aircraft is to fight enemy air targets. Guidance of fighters can be carried out by various methods, the main of which are: parallel approach, direct approach, chase method, maneuver, which aim to ensure the withdrawal of fighters in a tactically advantageous position relative to the air target on its visibility by airborne means or visual detection. The analysis of positive and negative properties which should be considered in concrete conditions, advantages and lacks of methods of guidance from the point of view of realization in the automated systems, and also in perspective systems of decision support is carried out. Thus, each of the methods has advantages and disadvantages, the use of a method is allowed in an automated system. The method of guidance can and should be determined by the tactical situation, tactical and technical data and characteristics of the fighter armament system, the experience of a combat control officer, the pilot's preferences in choosing a method, as well as subjective factors and external conditions.

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