



УДК 629.7.05
ГРНТИ 78.25.13

СПОСОБ НАВЕДЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ИСТОЧНИК ИЗЛУЧЕНИЯ

*М.А. ЗАМЫСЛОВ, кандидат технических наук
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*
*А.М. МАЛЬЦЕВ, кандидат технических наук
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*
*С.В. ОРЛОВ
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*
*В.А. УФАЕВ, доктор технических наук
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

Статья относится к области управления летательными аппаратами и может быть использована для их гарантированного наведения на наземный источник излучения по известному лишь только пеленгу без определения координат источника излучения.

Ключевые слова: летательный аппарат; наземный источник излучения; способ наведения; маршрут; разворот; линия заданного пути.

*M.A. ZAMYSLOV, Candidate of Technical Sciences
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*
*A.M. MALTSEV, Candidate of Technical Sciences
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*
*S.V. ORLOV
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*
*V.A. UFAEV, Doctor of Technical Sciences
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

WAY OF GUIDANCE OF A FLYING MACHINE ON A RADIATION SOURCE

Article concerns area of management of flying machines and can be used for their guaranteed guidance on a land source of radiation in a direction known only without definition of coordinates of a source of radiation.

Keywords: flying machine; a land source of radiation; a way of guidance; a route; a turn; a line of the set way.

В настоящее время известны следующие способы наведения авиационных средств поражения на наземный источник излучения (ИИ) [1]:

- вывод летательного аппарата (ЛА) на цель, координаты которой выдает пункт управления, при этом полет осуществляют из заранее запрограммированного промежуточного пункта маршрута (ППМ) с выходом на линию «ППМ-цель»;
- курсовой способ наведения, при котором пилот непосредственно наводит ЛА на постоянно или периодически излучающий ИИ;
- маршрутный способ наведения, заключающийся в построении прямой линии заданного пути (ЛЗП) полета на ИИ в момент его пеленгации и выдерживании ЛА на ней.

Всем этим способам присущи свои достоинства и недостатки. Так, например, для применения первого способа необходима информация о точном местоположении ИИ, для второго – постоянное или периодическое излучение ИИ. При применении третьего



способа высока вероятность выхода ЛА на ЛЗП за ИИ, что обусловлено увеличением радиуса разворота ЛА при больших курсовых углах на источник излучения и скоростях ЛА.

Целью работы является разработка способа наведения на источник излучения, при котором исключается вывод летательного аппарата на линию заданного пути за источником излучения.

Для решения поставленной задачи рассмотрим маршрутный способ наведения ЛА на ИИ, заключающийся в пеленговании ИИ, его идентификации как цель, определении курсового угла на ИИ, построении прямой ЛЗП, проходящей через точку пеленгования в направлении ИИ, и выводе ЛА с разворотом на ЛЗП с нулевым курсовым углом на ИИ. Как было сказано выше, при применении данного способа высока вероятность выхода ЛА на ЛЗП за ИИ. Для исключения данного факта предлагается при условии, что ЛА осуществляет первоначальный полет с ненулевым курсовым углом источника излучения, осуществлять разворот ЛА не на ИИ, а в противоположную от него сторону. Применение маршрутного и предлагаемого способов наведения ЛА на ИИ на плоскости представлено на рисунке 1.

На рисунке 1 обозначены:

1 – вектор скорости ЛА до начала разворота;

2 – местоположение ИИ;

3 – прямая линия заданного пути;

4.1, 4.2 – маршрут ЛА при наведении на ИИ по маршрутному способу для случая малого и большого курсового угла ИИ в момент его пеленгования, соответственно;

4.3 – маршрут ЛА при наведении на ИИ по предлагаемому способу;

XOY – местная декартова система координат с центром, совпадающим с местом расположения ЛА в момент пеленгования ИИ; N – точка начала разворота ЛА; O_1 – центр окружности разворота ЛА при полете с использованием предлагаемого способа; P_m – точка перехода ЛА в разворот в другую сторону для плавного выхода на ЛЗП с использованием маршрутного способа; K, K_m – точки выхода ЛА на ЛЗП с использованием предлагаемого и маршрутного способа, соответственно; ψ – курс ЛА в момент пеленгования ИИ; θ – азимут ИИ; r – радиус разворота ЛА.

Из рисунка 1 видно, что при выводе ЛА на ЛЗП с разворотом на ИИ по кратчайшему пути возможен выход ЛА как до ИИ (маршрут 4.1 на рисунке 1), так и за ИИ (маршрут 4.2). Вероятность выхода ЛА за ИИ определяется радиусом разворота ЛА. Чем выше скорость ЛА и больше курсовой угол ИИ, а соответственно и радиус разворота, тем выше эта вероятность.

Согласно предлагаемому способу вывод ЛА на ЛЗП осуществляют с разворотом в противоположную от ИИ сторону по окружности с радиусом, определяемым скоростью ЛА и курсовым углом на ИИ (маршрут 4.3 на рисунке 1). При этом точка K выхода ЛА на ЛЗП является точкой касания окружности разворота с ЛЗП, т.е. ЛА при выводе по данной окружности выходит на ЛЗП сразу с нулевым курсовым углом на ИИ. Так как точка пеленгования O лежит на пересечении прямых ЛЗП и линии маршрута ЛА до начала разворота, являющихся касательными к окружности разворота, то ЛА при любых скоростях и курсовых углах на ИИ выходит на ЛЗП до точки пеленгования O , а значит и гарантированно до ИИ.

Предлагаемый способ может быть реализован следующим образом.

1) ЛА совершает полет. При наличии излучения от ИИ с помощью пеленгатора на борту его идентифицируют. При классификации источника как цель измеряют курсовой угол на него ($\theta - \psi$) и скорость ЛА V . Строят прямую ЛЗП.

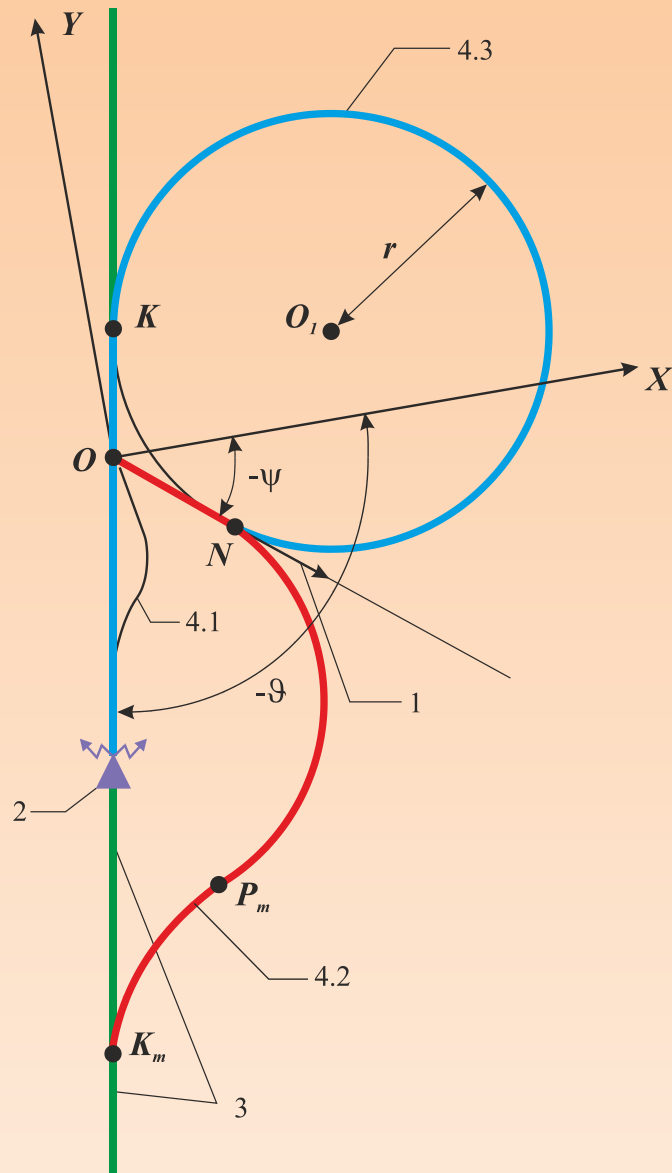


Рисунок 1 – Способы наведения ЛА на ИИ

2) С учетом минимально допустимого радиуса разворота для данного типа ЛА r_{min} , который может быть выбран исходя из допустимой угловой скорости разворота ЛА [2], рассчитывают промежуток времени Δt с момента пеленгования источника излучения T_0 до начала разворота T_r

$$\Delta t = T_r - T_0 \geq \frac{r_{min}}{V \cdot \operatorname{tg}(\alpha)} \quad (1)$$

и радиус разворота

$$r = V \cdot \Delta t \cdot \operatorname{tg}(\alpha), \quad (2)$$

где V – скорость ЛА; $\alpha = \frac{\pi - (\theta - \psi)}{2}$.



При этом принято, что ЛА будет совершать разворот с постоянным радиусом по окружности с центром O_1 (см. рис. 1). Поскольку вектор скорости ЛА является касательной к данной окружности, центр которой перпендикулярен к начальному курсу ЛА, то координата $O_1 = N + i \cdot r \cdot \exp(i \cdot \psi)$.

Для расчетов принято комплексное представление координат $\dot{Z} = \text{Re}(\dot{Z}) + i \cdot \text{Im}(\dot{Z})$, где $\text{Re}(\dot{Z}) = X$ – реальная часть, абсцисса, $\text{Im}(\dot{Z}) = Y$ – мнимая часть, ордината, i – мнимая единица, $\text{arg}(\cdot)$ – аргумент комплексного числа (фаза), заключенного в скобки.

3) Определяют точку начала разворота ЛА с учетом того, что до этого ЛА совершает прямолинейный полет с выдерживанием постоянного курса:

$$N = O + V \cdot \Delta t \cdot \exp(i \cdot \psi). \tag{3}$$

4) По завершении расчетов выводят ЛА на ЛЗП по выбранному маршруту, а именно, первоначально выполняют прямолинейный полет с постоянной скоростью до точки N , затем осуществляют разворот в противоположную сторону от ИИ с рассчитанным радиусом разворота до точки K на ЛЗП.

На рисунке 2 показаны зависимости дальностей вывода ЛА на ЛЗП от курсового угла источника излучения $|\theta - \psi|$ для предложенного $|OK|$ (сплошная линия) и маршрутного $|OK_m|$ (штриховая линия) способов при скорости летательного аппарата $V=250$ м/с. Расчеты дальности вывода ЛА на ЛЗП с использованием маршрутного способа осуществлялись аналогично, за исключением того, что летательный аппарат в точке N сначала разворачивают в направлении на ЛЗП по кратчайшему маршруту с минимально возможным для ЛА радиусом разворота r_{min} , а потом в точке P_m делают разворот в другую сторону с таким же радиусом r_{min} для плавного вывода ЛА на ЛЗП.

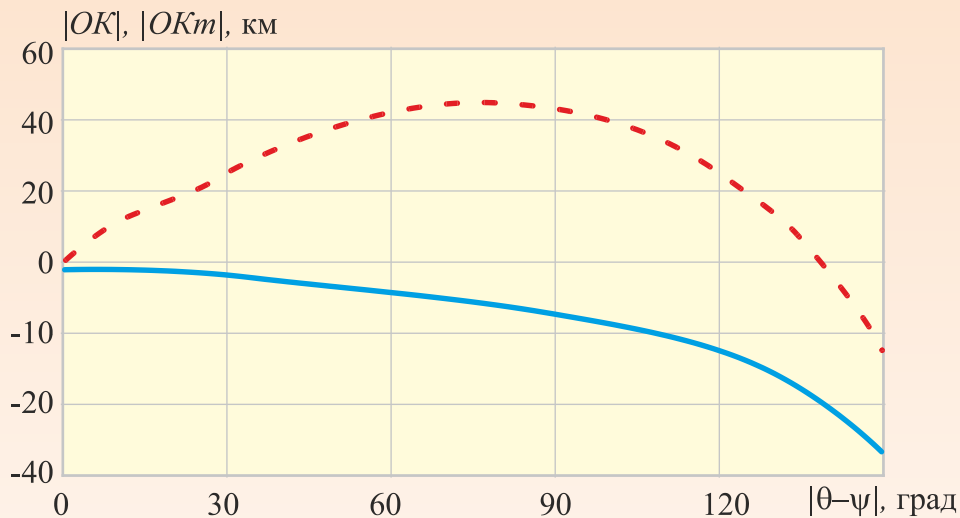


Рисунок 2 – Зависимости дальностей вывода ЛА на ЛЗП от курсового угла ИИ

Из зависимостей на рисунке 2 следует, что предложенный способ позволяет выводить ЛА на ЛЗП до точки последней пеленгации источника излучения практически при любых курсовых углах ИИ. Напротив, использование маршрутного способа при курсовых углах ИИ более 20-30° может привести к выводу ЛА на ЛЗП после ИИ. Особенно это актуально для скоростных ЛА, у которых большие радиусы разворота. Так, например, при скорости 250 м/с и курсовом угле ИИ в момент пеленгации 60°-90° ЛА



выводится на ЛЗП с использованием маршрутного способа на удалении более 40 км от точки последней пеленгации (N_0).

Таким образом, применение предложенного способа исключает вывод летательного аппарата на прямую линию заданного пути за источником излучения с нулевым курсовым углом на него.

Дополнительным достоинством способа является возможность наведения летательного аппарата на кратковременно и не периодически излучающий источник только по одному известному пеленгу на него.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паньков С.Я., Забураев Ю.Е., Матвеев А.М. Теория и методика управления авиацией : Учеб. пособие в 2 ч. / Под общ. ред. В.А. Мещерякова. Ульяновск: УВАУ ГА, 2006. Ч.1. 190 с.
2. Справочник лётчика и штурмана / Под ред. В.М. Лавского. М: Воениздат, 1974. 504 с.

BIBLIOGRAPHY

1. Pankov, S.J. Zaburaev J.E., Matveev A.M. The theory and technique of management of aircraft: studies : Textbook in two pt. / Under the editorship of V.A. Meshcherjakov. Ulyanovsk: UHAS CA, 2006. Pt. 1. 190 p.
2. The directory of the pilot and the navigator / Under the editorship of V.M. Lavsky. M: Voenizdat, 1974. 504 p.

© Замыслов М.А., Мальцев А.М., Орлов С.В., Уфаев В.А., 2017

Замыслов Михаил Александрович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru

Мальцев Александр Михайлович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru

Орлов Сергей Владимирович, заместитель начальника факультета авиационного оборудования, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru

Уфаев Владимир Анатольевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru