

от командного состава высокой квалификации и готовности к действиям в различных ситуациях.

Современные условия ведения боевых действий предъявляют новые требования к подготовке солдат. Текущие реалии на полях боя, особенно в условиях асимметричных конфликтов, требуют от каждого бойца не просто выполнения четких команд в рамках взвода или роты, а способности действовать как самостоятельное подразделение, способное решать сложные задачи автономно.

Важным аспектом является защита жизни и здоровья военнослужащих. В любом случае главное — это человек, жизнь простого пехотинца. Безопасность личного состава непосредственно влияет на эффективность выполнения боевых задач и моральный дух войск. В условиях интенсивных боевых действий особое внимание стоит уделять использованию современных средств защиты и медико-санитарного обеспечения.

Список использованных источников и литературы

1. Маркин, А. В. Обобщение боевого опыта южного крыла СВО до апреля 2024 года / А. В. Маркин. – Центр специальных программ. М.: Социально-политическая МЫСЛЬ, 2024.
2. Сетевое издание «Армейский стандарт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://armystandard.ru>. – Дата доступа: 03.02.2025.

УДК 618.623

к.т.н., доцент Хижняк А. В.

к.т.н., доцент Михнёнок Е. И.

Горшанов В. Ю.

УО «ВА РБ», г Минск

vladfgk@gmail.com

СИСТЕМА РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СУХОПУТНЫХ ВОЙСК. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ОБЪЕКТА С РЕАКТИВНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ПРИ ПОМОЩИ ИНФРАКРАСНЫХ ДАТЧИКОВ

Аннотация. В статье представлена разработанная авторами математическая формализация решения задачи определения параметров движения воздушного объекта с реактивным двигателем при его обнаружении совокупностью полей зрения широкоугольных инфракрасных датчиков.

Ключевые слова: средств воздушного нападения, системы обнаружения, Сухопутные войска, радиолокационные системы, инфракрасные датчики.

Актуальность раннего обнаружения низколетящих средств воздушного нападения (СВН) в нашем беспокойном мире не вызывает сомнения. В современных вооруженных конфликтах действия частей и подразделений Сухопутных войск зависят от складывающейся воздушной обстановки. Например, для вывода

подразделений из-под удара противника, необходимо своевременно обнаружить и определить параметры движения СВН противника.

Радиолокационная система в настоящее время является основным инструментом обнаружения СВН и определения их параметров движения. В тоже время задача создания сплошного радиолокационного поля на малых и предельно малых высотах решена далеко не в полном объеме.

Поиск путей повышения вероятности правильного обнаружения воздушных объектов на малых и предельно малых высотах за счет совместного применения систем, построенных на различных физических принципах, представляет научный и практический интерес. Авторами рассмотрен вопрос определения параметров движения воздушного объекта с реактивным двигателем при помощи совокупности относительно недорогих широкоугольных инфракрасных датчиков [1, 2].

ИК-датчик представляет собой одноэлементный инфракрасный приемник со сферическим зеркалом, формирующим конфигурацию поля зрения с параметрами до $\varphi = 90^\circ$ и $\delta = 10'$. Расчетная дальность действия датчика в зависимости от типа приемника может составлять от 3-х до 6-ти км. Группа датчиков, расположенных в одном месте (или на достаточно короткой базе, $L \approx 1-2$ м) формирует набор полуплоскостей (или четверть плоскостей) засечки цели (в первом приближении слабо расходящихся до $10'$, в одном направлении поле зрения отдельного датчика можно считать полуплоскостью или полуплоскостью чувствительности). Измеряемыми параметрами в системе являются промежутки времени между появлениями цели (регистрациями импульса ИК излучения) в различных плоскостях чувствительности (датчиках). При этом следует отметить, что при пересечении поля зрения ИК-датчика объектом фиксируется только факт его обнаружения, тем не менее, его координаты не определяются.

Поскольку предполагается, что срабатывание датчика (засечка времени прохождения цели) осуществляется по определенной (заданной) величине сигнала на переднем фронте зарегистрированного импульса излучения, то величина расходимости почти «плоского» поля зрения датчика не играет существенной роли с точки зрения работоспособности системы и погрешностей определения параметров цели.

Реализация поставленных перед системой задач может быть достигнута различными вариантами конфигурации полей чувствительности датчиков. Конфигурация и количество полей влияет на конструкцию системы, алгоритм работы системы, количество определяемых параметров и на погрешность определения различных параметров цели.

Определение параметров движения воздушного объекта

Наиболее простая конфигурация плоскостей чувствительности, которая обеспечивает определение параметров цели, содержит три плоскости чувствительности (две из которых параллельны и расположены перпендикулярно предполагаемому направлению атаки (фронту)). Конфигурация расположения плоскостей чувствительности трех датчиков показана на рисунке 1.

Общее уравнение плоскости в векторной форме имеет вид [3]:

$$\vec{r} \cdot \vec{n} + D = 0, \quad \vec{r} \equiv (x, y, z). \quad (1)$$

Единичные векторы нормалей к трем указанным плоскостям 1, 2, 3 имеют вид:

$$\vec{n}_1 \equiv \vec{n}_2 = (1, 0, 0), \quad \vec{n}_3 = (\cos \varphi, 0, \sin \varphi), \quad (2)$$

где φ – угол между нормалью $\vec{n}_3$ и осью x .

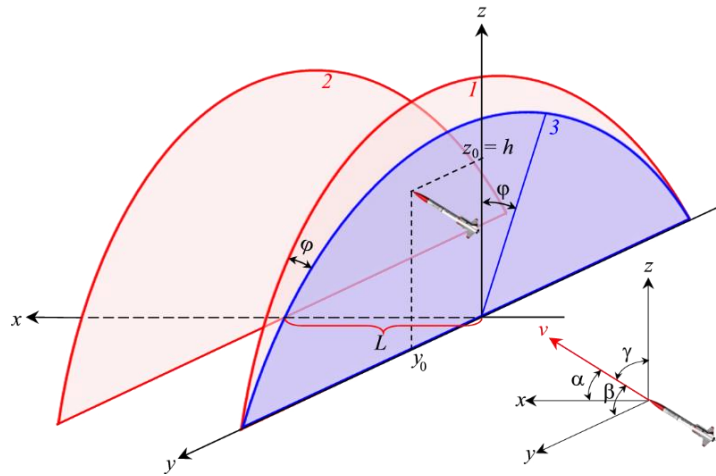


Рисунок 1. – Конфигурация расположения плоскостей чувствительности трех датчиков

В координатной формуле уравнения трех плоскостей чувствительности датчиков, установленных как показано на рисунке 1, имеют вид:

$$\begin{cases} x = 0 \\ x = L \\ x \cos \varphi + z \sin \varphi = 0 \end{cases} . \quad (3)$$

Предполагаем, что траектория цели – прямая линия (это справедливо для близко расположенных плоскостей регистрации, порядка нескольких метров или десятков метров). Уравнение траектории цели в параметрической форме имеет вид:

$$\begin{cases} x = x_0 + v \cos \alpha \cdot t \\ y = y_0 + v \cos \beta \cdot t, \\ z = z_0 + v \cos \gamma \cdot t \end{cases} \quad (4)$$

где x_0, y_0, z_0 – координаты точки пространства, через которую проходит траектория в момент начала отсчета времени $t = 0$;

t – время;

v – скорость цели (ракеты);

α, β, γ – углы, образуемые вектором скорости цели с осями x, y, z (рисунок 1).

Для определенности будем считать, что момент времени $t = 0$ (начало отсчета) соответствует прохождению цели через плоскость 1, тогда исходные координаты цели (в плоскости 1) будут $(0, y_0, z_0)$ (рисунок 1).

Сделаем одно важное для данного алгоритма работы системы предположение. Считаем, что в пределах расположения плоскостей чувствительности системы вертикальное смещение цели невелико, т. е. приближенно полагаем, что вертикальная составляющая скорости:

$$v_z = v \cos \gamma = 0 \left(\gamma = \frac{\pi}{2} \right).$$

Таким образом, уравнение (4) преобразуется:

$$\begin{cases} x = v \cos \alpha \cdot t = v_x \cdot t \\ y = y_0 + v \cos \beta \cdot t = y_0 + v_y \cdot t \\ z = z_0 = h \end{cases} \quad (5)$$

Пусть t_2 и t_3 – моменты времени пересечения целью плоскостей чувствительности 2 и 3, тогда, подставляя для этих моментов уравнения (5) в (3), получаем:

$$\begin{cases} L = v_x \cdot t_2 \\ v_x \cdot t_3 \cos \varphi + h \sin \varphi = 0 \end{cases} \quad (6)$$

Отсюда определяем компоненту скорости v_x и высоту цели h :

$$v_x = \frac{L}{t_2}; \quad h = -\frac{L}{t_2} \cdot t_3 \operatorname{ctg} \varphi, \quad (t_3 < 0). \quad (7)$$

Для определения координаты y_0 цели в плоскости первого датчика (или удаления цели от датчика) необходима установка еще одной плоскости чувствительности (рисунок 2).

Четвертую плоскость чувствительности устанавливаем в начале координат проходящей через ось Oz (т. е. перпендикулярно Земле), нормаль к которой составляет относительно небольшой угол ψ с положительным направлением оси Ox . Уравнение этой плоскости имеет вид:

$$x \cos \psi + y \sin \psi = 0. \quad (8)$$

Подстановка сюда уравнений движения цели (5) для момента времени t_4 , пересечения этой плоскости целью, приводит к уравнению:

$$v \cos \alpha \cdot t_4 \cdot \cos \psi + y_0 \sin \psi + v \cos \beta \cdot t_4 \cdot \sin \psi = 0, \quad (9)$$

где v – модуль скорости цели.

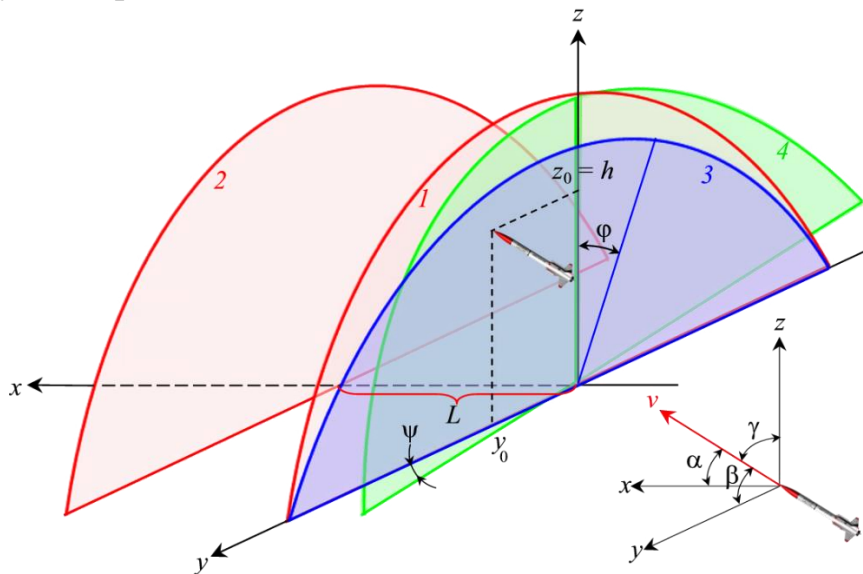


Рисунок 2 – Конфигурация расположения плоскостей чувствительности четырех датчиков

Учтем, что $\beta = \frac{\pi}{2} - \alpha$; $\cos \beta = \sin \alpha$, тогда (9) примет вид:

$$v \cdot t_4 \cdot \cos(\alpha - \psi) + y_0 \sin \psi = 0, \quad (10)$$

или (11)

$$v_x \cdot t_4 \cdot \frac{\cos(\alpha - \psi)}{\cos \alpha} + y_0 \sin \psi = 0. \quad (11)$$

С учетом (7) получаем:

$$L \frac{t_4}{t_2} \cdot \frac{\cos(\alpha - \psi)}{\cos \alpha} + y_0 \sin \psi = 0. \quad (12)$$

Как видим, это уравнение не позволяет определить координату y_0 , поскольку в него входит угол α между вектором скорости и осью x , и для определения y_0 , а также угла α , необходимо введение еще одной плоскости чувствительности, что заметно усложнит всю систему.

Выход состоит в том, что угол ψ установки плоскости 4 должен быть достаточно малым ($\psi \leq 10^\circ$), в этом случае в уравнении (12) можно приближенно положить:

$$\frac{\cos(\alpha - \psi)}{\cos \alpha} \approx 1. \quad (13)$$

Это означает, что проекции скорости цели на нормали к плоскостям 1 и 4 приблизительно равны.

В этом приближении координата y_0 рассчитывается по формуле:

$$y_0 = -\frac{L \cdot t_4}{t_2 \sin \psi}. \quad (14)$$

Разработана математическая формализация решения задачи определения параметров движения воздушного объекта с реактивным двигателем при его обнаружении совокупностью полей зрения широкоугольных инфракрасных датчиков. Проведенные расчеты показали перспективность рассмотренного подхода и возможность его реализации в современных системах обнаружения воздушных объектов.

Список используемых источников и литературы

1. Тарасов, В. В. Инфракрасные системы «смотрящего» типа / В.В Тарасов, Ю.Г. Якушенков. - М.: ЛОГОС, 2004. - 444 с.
2. Якушенков, Ю.Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов / Ю.Г. Якушенков. - М.: ЛОГОС, 1999. - 360 с.
3. Письменный, Д.Т. Конспект лекций по высшей математике: полный курс / Д.Т. Письменный. - 9-е изд. - М.: Айрис-пресс, 2009. - 608 с.