

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Фам Нгок Ван,**  
аспирант

**Ву Хоа Тиен,**  
доц. к.т.н.

**Као Хыу Тинь,**  
к.т.н.

**До Ван Фан,**  
к.т.н.

*Технический Университет им. Ле-Куй-Дона – С.Р. Вьетнам*

### МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СОГЛАСОВАНИЯ ЗОНЫ СРАБАТЫВАНИЯ РАДИОВЗРЫВАТЕЛЯ С ПОЛЕМ РАЗЛЁТА ПОРАЖАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ РАДИАЛЬНО-НАПРАВЛЕННОЙ БОЕВОЙ ЧАСТИ ЗЕНИТНОЙ УПРАВЛЯЕМОЙ РАКЕТЫ

**Pham Ngoc Van,**  
PhD. Candidate

**Vu Hoa Tien,**  
As.Prof.-PhD

**Cao Huu Tinh,**  
PhD

**Do Van Phan,**  
PhD

*Technical University Le Quy Don, Hanoi, Vietnam*

### A METHOD OF RESOLVING COMBINATION BETWEEN THE FIELD OF VIEW OF RADIO SEEKER FUZE AND THE FRAGMENT BEAM OF DIRECTION ENERGY WARHEAD

**Анотация.** В данной работе рассматривается важность и необходимость комплексного решения задачи согласования зоны срабатывания радиовзрывателя (РВ) с полем разлёта поражающих элементов радиально - направленной боевой части (РНБЧ) зенитной управляемой ракеты (ЗУР) с целью максимального повышения её эффективности. Изучаются математические модели формирования необходимых и достаточных условий срабатывания РНБЧ в динамике движения ЗУР относительно её цели. Итогом работы являются результаты математического моделирования по оценке эффективности поражения цели ЗУР и рекомендация по применению РВ нового типа.

**Abstract.** In this article, researchers present the importances and the necessities for manner of resolving combination between the Field of View of radio seeker fuze and the fragment beam of direction energy warhead of homing guidance surface-to-air missile to enhance effectiveness of target killing. The content of this paper gives out the mathematic models that establish the necessary and sufficient conditions to ignite direction energy warhead when the missile and the target are in relative motion. The result of article is the simulations to estimate performances of surface-to-air missile attached direction energy warhead on it and the some recommendations about ability of application.

**Ключевые слова:** фазо-доплеровский радиовзрыватель (ФДРВ); радиально-направленная боевая часть; зенитно-управляемая ракета; цилиндрическая система координат.

**Key words:** phase-doppler radio fuse; radial-directed warhead; surface-to-air missile; cylindrical coordinate system.

#### Постановка задачи

Известно, что для любой ЗУР, вероятность поражения цели зависит от двух независимых случайных событий [1,9], характеризующихся распределением промахов наведения ( $h$ ) и плотностью поражающих элементов ( $\rho_{пэ}$ ) в зоне поражения боевой части (БЧ). При этом плотность распределения поражающих элементов зависит от ряда параметров БЧ, а в основном от массы взрывного вещества ( $C$ ), массы осколков ( $M$ ) и от эффективного радиуса поражения ( $R_{эф}$ ).

Одной из особенностей ЗУР средней и большой дальности является наличие РВ в составе БЧ, который обеспечивает дистанционное

срабатывание БЧ вблизи точки встречи с целью. Кроме того, в случае ЗУР применяет РНБЧ, то РВ измеряет не только дистанцию до цели, но и её радиальное местоположение, чтобы обеспечить создание направленного поля осколков.

Следует решить задачу согласования динамического поля направленного разлёта осколков с зоной срабатывания РВ при проектировании РНБЧ для ЗУР. Степень согласования двух этих зон отражается эффективностью поражения цели одной ЗУР.

Условиями решения данной задачи являются следующие отношения, [1]:

$$\begin{cases} h \leq r_{сбл.} \leq R_{эф} \\ \theta_{рв}(t) \approx \theta_{срб} \end{cases} \quad (1)$$

При этом:  $\theta_{срб}$ ,  $\theta_{рв}(t)$  – угол срабатывания и текущий измеренный угол РВ соответственно;  $h$ ,  $r_{сбл.}(t)$ ,  $R_{эф}$  – промах, текущая измеряемая РВ дальность до цели и эффективный радиус БЧ соответственно.

Кроме этих условий, в РВ должно быть определено радиальное местоположение цели относительно ЗУР до момента срабатывания, которое характеризуется углом подлёта ( $\chi_1$ ) в картинной плоскости, перпендикулярной продольной оси ЗУР. Это весьма сложная задача, которая была решена автором в предыдущей работе, [3].

### Решение задачи

Задача согласования зоны действия РВ с динамическим полем РНБЧ решается по этапам и в динамике относительного движения ЗУР и цели. Важно при этом будут определены параметры и характеристики этих зон. Рассмотрим ниже как формируются и определяются эти параметры и характеристики.

#### 1. Способ определения промаха $h$

Определение цилиндрической системе координат (ЦСК): полюсная система координат, образуемая цилиндром радиуса промаха  $h$  и продольной оси ( $OX_{цил}$ ), совпадающей с вектором относительной скорости ( $V_{отн}$ ) и проходящей центр массы РВ, называется цилиндрической (рис.1).

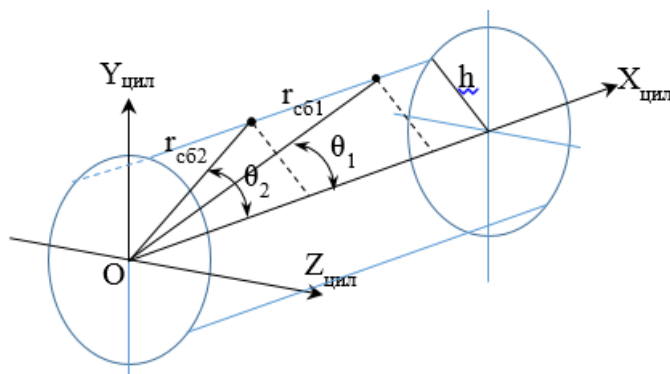


Рис.1. К пояснению образования ЦСК и определения координат

Координатами, определяющими местоположение цели в ЦСК, являются текущий радиус сближения к цели  $r_{сбл.}(t)$  и наклонный угол  $\theta_{рв}(t)$  этого радиуса к продольной оси ЦСК. Эти параметры измеряются в РВ фазовым или доплеровским методом, [1,5,7].

В связи с малой продолжительностью работы РВ (меньше 1 сек.), можно предложить, что векторы относительной скорости ( $V_{отн}$ ) и промаха ( $h$ ) в течении работы РВ не меняют свои величину и направление.

По определению ЦСК на рис.1, вполне определяется промах выражением:

$$h = \frac{V_{отн}(\tau_1 - \tau_2) \sin \theta_1 \sin \theta_2}{\sin(\theta_2 - \theta_1)} \quad (2)$$

При этом,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  – значения угла наклона радиуса сближения  $r_{сбл.}$  к оси  $OX_{цил}$  в моменты

времени  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  соответственно;  $V_{отн}$  – величина относительной скорости.

#### 2. Определение параметров и характеристик зоны действия РВ

Предполагаем, что современная ЗУР с целью повышения помехо-защищенности оснащает Фазо-Доплеровский РВ (ФДРВ). Такой РВ обычно имеет пару приемных антенн в одной плоскости связанной системы координат (ССК).

Диаграммы направленности ФДРВ образуют зону, имеющую коническо-вращающую пространственную форму, представленную на рис.2.

ФДРВ посредством фазового сдвига  $\Delta\phi$  в сигналах, принимаемых в парах антенн в одной плоскости или посредством доплеровского изменения  $\Delta f_d$  измеряет угол сближения  $\theta_{рв}(t)$  ЗУР к цели.

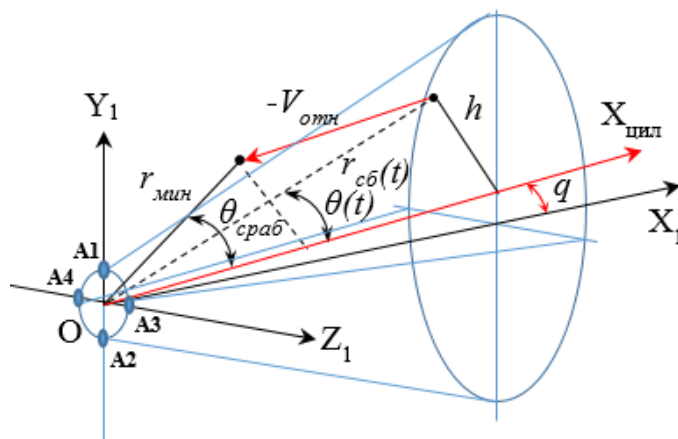


Рис.2. К пояснению образования зоны ФДРВ

В фазовом режиме, применяемом против шумовых активных помех, определяется угол сближения следующей формулой [6]:

$$\theta_{pv}(t) = \arccos\left(1 - \frac{\Delta\varphi(t)}{2\pi D}\right) \quad (3)$$

Где:  $\Delta\varphi$  – фазовый сдвиг сигнала в парах приемных антен;  $D$  – фазовой показатель, определяющий количество несущих колебаний в сигналах между парами приемных антенн. Этот показатель определяется отношением, [5,6]:

$$D = \frac{d}{\lambda} \quad (4)$$

Где:  $d$  – расстояние между приемными антеннами в одной плоскости;  $\lambda$  – длина несущей волны отраженного сигнала.

В доплеровском режиме, применяемом против пассивных помех, определяется угол сближения следующим соотношением [5]:

$$\theta_{pv}(t) = \arccos\left(1 - \Delta f_d \frac{\lambda}{V_{отн}}\right) \quad (5)$$

Где:  $V_{отн}$  – величина относительной скорости;  $\Delta f_d$  – доплеровский сдвиг частоты, которое определяется выражением:

$$\Delta f_d = f_{0д} - f_d = \frac{V_{отн}}{\lambda} (1 - \cos\theta_{pv}) \quad (6)$$

С учетом, что  $f_d = \frac{2V_{отн}}{\lambda} \cos\theta_{pv}$  при большой  $\theta_{pv}$ , и  $f_{0д} = \frac{2V_{отн}}{\lambda}$  при малом  $\theta_{pv}$ , то есть  $r_{сбл.} \gg h$  (см. Рис.2).

На основе (6) определяются характерные углы для решения выражения (2)

$$\begin{cases} \theta_1 = \arccos\left(1 - \Delta f_1 \frac{\lambda}{V_{TD}}\right) \\ \theta_2 = \arccos\left(1 - \Delta f_2 \frac{\lambda}{V_{TD}}\right) \end{cases} \quad \text{или} \quad \begin{cases} \theta_1 = \arccos\left(1 - \frac{\Delta\varphi_1}{2\pi D}\right) \\ \theta_2 = \arccos\left(1 - \frac{\Delta\varphi_2}{2\pi D}\right) \end{cases} \quad (7)$$

Величины  $\Delta f_1$  ( $\Delta\varphi_1$ ) и  $\Delta f_2$  ( $\Delta\varphi_2$ ) определены формулами (3) или (6) в моменты  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  соответственно.

### 3. Определение параметров и характеристик динамического поражающего поля РНБЧ

Динамическим поражающим полем (ДПП) является поле разлета поражающих элементов БЧ с учетом скорости сближения ЗУР к цели. Если в моменте взрыва БЧ, цель оказывается в этом поле, то она будет поражена с заданной вероятностью.

При определении параметров и характеристик ДПП, учитываются следующие особенности:

- Поражающее поле тесно связано со ССК ракеты;
- Вектор относительной скорости  $V_{отн}$  наклоняет относительно продольной оси ЗУР на некоторый небольшой угол  $\varepsilon$  в вертикальной плоскости, и на угол  $\eta$  в горизонтально наклонной плоскости, как показано на рис.3;

- ДПП в продольной плоскости образуется переносом стационарного поражающего поля (СПП) на некоторый угол ( $\varphi_{1д}$ ,  $\varphi_{2д}$  и  $\varphi_{1/2д}$ ) в направлении цели в зависимости от относительной скорости  $V_{отн}$ , как показан на рис. 4.

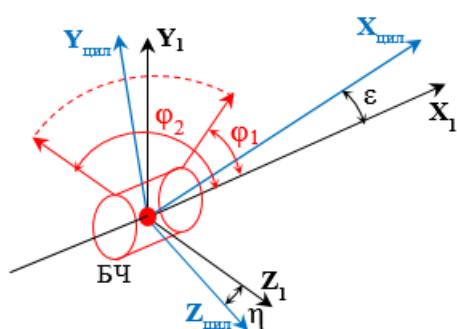


Рис.3. К определению СПП

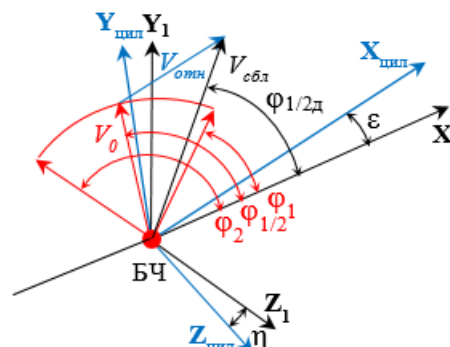


Рис.4. К определению ДПП

Из рис.3, рис.4 и по [9], можно определить:

а) Параметры СПП (см. рис.5):

- Угол наклона передней границы:

$$\varphi_1 = \arctg\left(\frac{R_{вн} + R_{нар}}{l_2}\right) \quad (8)$$

- Угол наклона задней границы:

$$\varphi_2 = \arctg\left(\frac{R_{вн} + R_{нар}}{l_1}\right) \quad (9)$$

- Угол наклона биссектрисы:

$$\varphi_{1/2} = \frac{(\varphi_1 + \varphi_2)}{2} \quad (10)$$

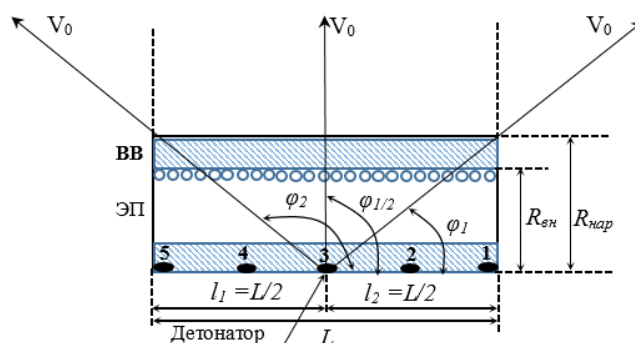
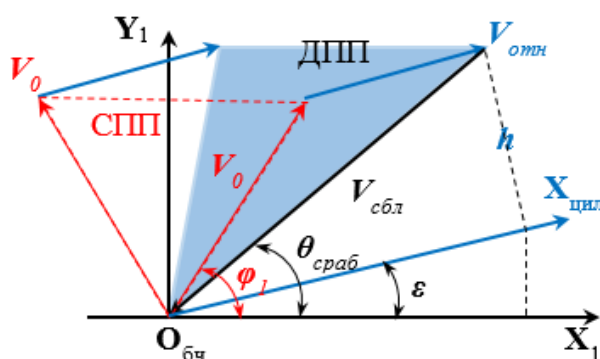


Рис.5. К пояснению определения параметров СПП

Где:  $R_{вн}$ ,  $R_{нар}$  – внутренний и наружный радиусы оболочки взрывного вещества;  $L$ ,  $l_1$ ,  $l_2$  – длина БЧ и расстояния от детонатора до переднего

и заднего сечений БЧ соответственно.

б) Параметры ДПП (см. рис.6):

Рис.6. К определению угла срабатывания  $\theta_{сраб}$ 

Согласно определению, ДПП формируется как перенос СПП в сторону цели на некоторый угол, зависящий от вектора относительной скорости.

Условием, обеспечивающим встречи поражающего элемента с целью в ДПП, является расположение вектора суммарной скорости

$\vec{V}_\Sigma = \vec{V}_0 + \vec{V}_{отн}$  было параллельно или совпало с вектором скорости сближения  $\vec{V}_{сбл}$  как показано на рис.6. Из этого рисунка и также допущения о малости углов  $\varepsilon$  и  $\eta$ , следует суммировать проекции векторов на оси  $OX_1$  (продольной оси ЗУР) ССК и определим:

- Угол срабатывания РВ –  $\theta_{сраб}$ :

$$V_0 \cos \varphi_1 + V_{отн} \cos \varepsilon = V_{сбл} \cos \theta_{сраб}$$

$$\cos \theta_{сраб} = \frac{V_0 \cos \varphi_1 + V_{отн} \cos \varepsilon}{V_{сбл}} \quad (11)$$

$$\theta_{сраб} = \arccos \left( \frac{V_0 \cos \varphi_1 + V_{отн} \cos \varepsilon}{V_{сбл}} \right)$$

- Относительную скорость  $V_{отн}$ :

$$[V_{сбл} - V_0 \cos(\varphi_1 - \theta_{сраб})] = V_{отн} \cos(\theta_{сраб} - \varepsilon),$$

учитывая малость  $\varepsilon$ , что

получим:

$$V_{отн} = \frac{V_{сбл} - V_0 \cos(\varphi_1 - \theta_{сраб})}{\cos(\theta_{сраб} - \varepsilon)} \approx \frac{V_{сбл} - V_0 \cos(\varphi_1 - \theta_{сраб})}{\cos \theta_{сраб}} \quad (12)$$

Где:  $V_{сбл}$  – скорость сближения ЗУР к цели, измеряемая ФДРВ;

$V_0$  – стационарная скорость разлета ПЭ в СПП, определяется формулой Gurney [2,6,10]:

$$V_0 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{2}{\pi} \frac{2R_{вн}}{L}} \sqrt{2E} \sqrt{3} \frac{C_{ра}}{M_{ра}}} \quad (13)$$

Где:  $R_{вн}$ ,  $L$  – геометрические параметры БЧ, определяемые по рис.5;  $C_{ра}$ ,  $M_{ра}$  – используемая масса ВВ и отводимая масса ПЭ соответственно;  $\sqrt{2E}$  – постоянная Gurney, зависящая от типа ВВ.

4. Определение радиального угла  $\chi_1$  в картинной плоскости, [3,9]:

а) Конструкция РНБЧ (рис.7):

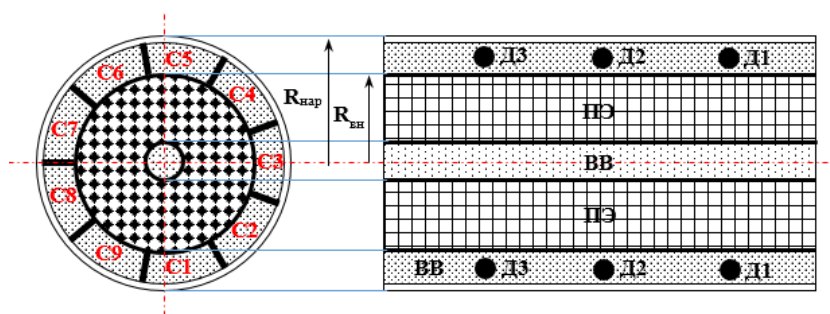


Рис.7. Конструкция РНБЧ

(ВВ – взрывное вещество; ПЭ – поражающий элемент; Д1÷3 – детонаторы; С1÷9 – взрывные секторы)

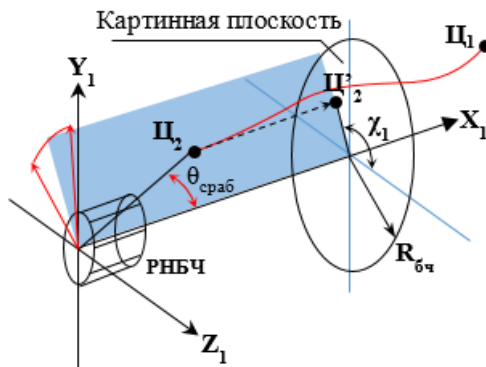


Рис.8. Относительное расположение цели в секторах РНБЧ

б) Расположение цели в картинной плоскости относительно взрывных секторов РНБЧ (рис.8):

$$\chi_1 = \arctg \left( \frac{y_{1ц}}{z_{1ц}} \right) \quad (14)$$

Где:  $y_{1ц}$ ,  $z_{1ц}$  – координаты цели определены в ССК методом экстраполяции траектории цели [3].

5. Выбор взрывных секторов в зависимости от угла расположения цели  $\chi_1$ .

Было установлено в [9], что при одновременной детонации последовательно-расположенных взрывных секторов в угловом диапазоне 120°, радиальный угол разлета ПЭ составляет от 40° до 45° и этот угол расширяется при уменьшении секторного угла.

Применив 9-секторный вариант (см. рис.7), можно установить связь индекции взрывных секторов с значением радиального угла  $\chi_1$ , которая показана в таблице 1.

Правило выбора взрывных секторов по значению радиального угла

| № Взрывн. сектора                        | 1-2-3        | 2-3-4        | 3-4-5        | 4-5-6        | 5-6-7        | 6-7-8        | 7-8-9       | 8-9-1      | 9-1-2       |
|------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|------------|-------------|
| Значение Рад. Угла $\chi_1$ ,<br>[град.] | 110 ÷<br>150 | 150 ÷<br>190 | 190 ÷<br>230 | 230 ÷<br>270 | 270 ÷<br>310 | 310 ÷<br>350 | 350 ÷<br>30 | 30 ÷<br>70 | 70 ÷<br>110 |

Пример одного выбора приведен на рис.9. При этом радиальный угол оказался в диапазоне (190÷230) град, будут выбраны секторы №3, №4 и №5 с секторным углом  $\chi_1 = 120^\circ$  угл.град.

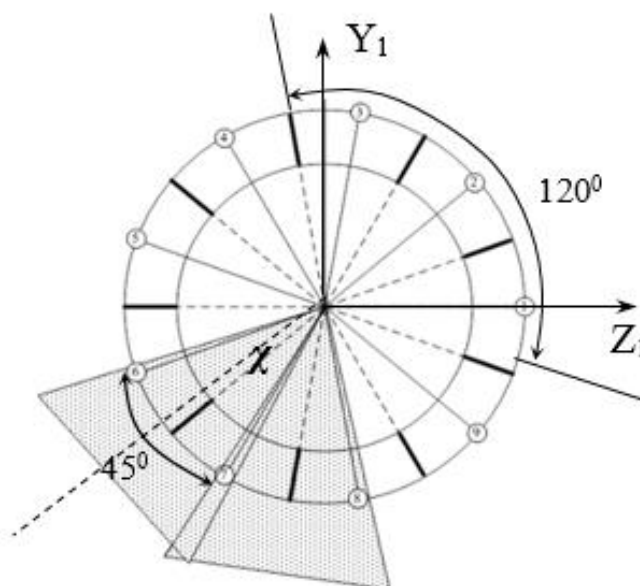


Рис.9. Пример о выборе взрывных секторов.

## 6. Алгоритм приведения РНБЧ в действие

Для того, чтобы исследовать функционирование РНБЧ путем математического

моделирования, используются примерные исходные данные РНБЧ в таблице 2 и программный алгоритм исследования, показанный на рис.10.

Таблица 2.

Примерные параметры РНБЧ

| Параметры РНБЧ                               | Значение |
|----------------------------------------------|----------|
| Суммарная масса ПЭ - М(кг)                   | 62.2     |
| Суммарная масса ВВ - С(кг)                   | 59.9     |
| Отводная масса - $M_{pa}$ (кг)               | 102.1    |
| Использованная масса ВВ - $C_{pa}$ (кг)      | 20       |
| Наружный радиус оболочки ВВ – $R_{нар}$ (м)  | 0.230    |
| Внутренний радиус оболочки ВВ – $R_{вн}$ (м) | 0.196    |
| Длина боевой части - L(м)                    | 0.8      |

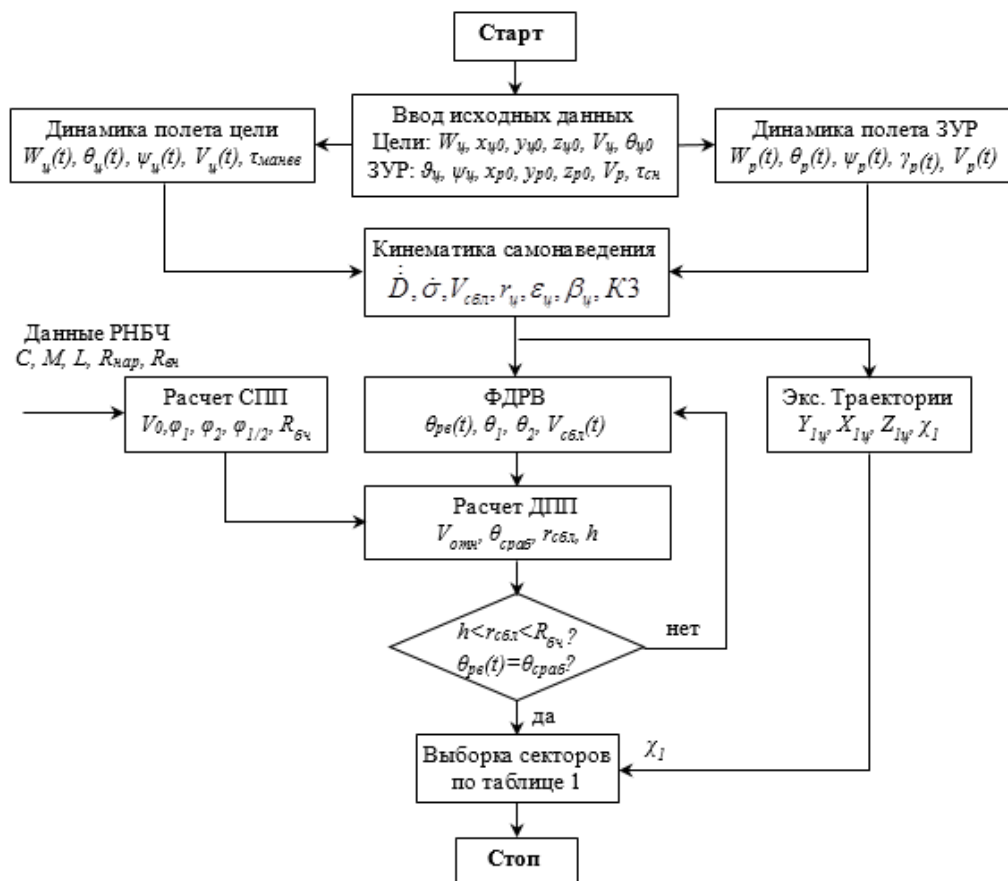


Рис.10. Алгоритм приведения РНБЧ в действие.

### Математическое моделирование и оценка эффективности РНБЧ

1. Данные и предпосылки для моделирования (Таблица 2 и 3):

Таблица 3.

Параметры ЗУР и цели.

| Исходные параметры                                      | Цель      | ЗУР     | Замечания           |
|---------------------------------------------------------|-----------|---------|---------------------|
| Начальные местоположения $x_0, y_0, z_0$ (м)            | 4000      | 1000    | по всем координатам |
| Скорость, (м/с)                                         | 450       | 850     |                     |
| Перегрузки в маневре - $W_z, W_y$ , (м/с <sup>2</sup> ) | 0; 40; 80 | -       | 3 уровень           |
| Вид маневра цели                                        | пр. бочка |         | пространственная    |
| Время самонаведения – $\tau_{сн}$ , (с)                 | -         | <2.5    |                     |
| Время работы РВ – $\tau_{рв}$ , (с)                     | -         | <1      |                     |
| Эффективный радиус БЧ – $R_{бч}$ , (м)                  | -         | 60      |                     |
| Метод самонаведения                                     | -         | пр. сбл |                     |

2. Алгоритм исследования: алгоритм на рис.10 и формулы (1)-(14).

3. Результаты исследований:

а) Траектория ЗУР и цели в вертикальной плоскости (рис.11)

б) Вероятности поражения цели в зависимости от промахов (рис.12, табл.4).

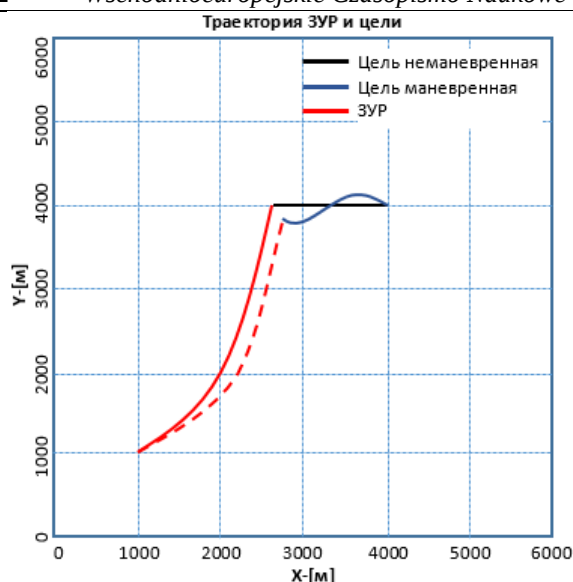


Рис. 11. Траектории ЗУР и цели

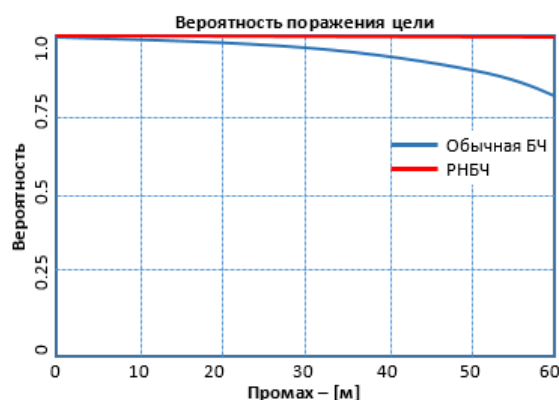


Рис. 12. Вероятность поражения цели

Таблица 4

Вероятность поражения цели зависимости от промаха

| Промач $h$ , (м)      |            | 10 | 20 | 30    | 40    | 50    | 60    |
|-----------------------|------------|----|----|-------|-------|-------|-------|
| Вероятность поражения | Обычная БЧ | 1  | 1  | 0,989 | 0,896 | 0,816 | 0,786 |
|                       | РНБЧ       | 1  | 1  | 1     | 1     | 1     | 1     |

в) Выходные параметры ЗУР и РНБЧ (Таблица 5).

Таблица 5

Выходные параметры ЗУР и РНБЧ

| Перегр узка цели    | Истинный радиальный угол, (гр.) | Эксп. рад. угол, (гр.) | Взрывной сектор | Угловая скорость вращения линии визирования, (гр/с) |                  | Скорость сближения в плоскостях, (м/с) |                    |
|---------------------|---------------------------------|------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------|--------------------|
| $W_n(\text{м/с}^2)$ | $\chi_{\text{ис}}$              | $\chi_1$               | $N_0$           | $\dot{\sigma}_B$                                    | $\dot{\sigma}_H$ | $V_{\text{сбл.В}}$                     | $V_{\text{сбл.Н}}$ |
| 0                   | 26.150                          | 27.456                 | 8-9-1           | -0.0008                                             | 0.0002           | 902.13                                 | 880.47             |
| 40                  | 21.762                          | 23.831                 | 7-8-9           | 0.5791                                              | -0.8804          | 766.37                                 | 735.57             |
| 80                  | -4.340                          | -7.677                 | 7-8-9           | 1.6771                                              | -3.6144          | 616.51                                 | 541.69             |

**Выводы:** Из постановки, решения и результатов исследований в данной работе можно сделать следующие выводы.

а) Задача согласования зоны срабатывания ФДРВ с полем поражения РНБЧ решается сложнее подобной задачи при обычной БЧ. Сложность заключается в определении радиального угла подлета цели  $\chi_1$  относительно ЗУР и в выборе взрывных секторов, обеспечивающих направленный разлет всех ПЭ в направлении цели и тем самым повышает вероятность поражения цели (рис.12).

б) Высокая вероятность поражения цели РНБЧ достигается сосредоточением энергии и повышением плотности ПЭ в сторону цели.

в) Алгоритм решения поставленной задачи может быть реализован на основе однозначно известных параметров ЗУР, РВ, РНБЧ и бортовых информации.

### Заключение:

Теоретически задача согласования зоны срабатывания РВ с полем поражения РНБЧ решена. Она весьма актуальна и практична в процессе проектирования ЗУР. Значимость и научность данной работы заключается в комплексном решении ряд вопросов в тепловой взрывной динамике, радиолокации и динамике полета летательных аппаратов.

Результаты решения задачи рекомендовать использовать в учебном и исследовательском процессах.

### Литературы

По-вьетнамски:

[1]. Đàm Hữu Nghi, Phạm Ngọc Văn, Nguyễn Hữu Sơn, Nguyễn Văn Thuận, Lê Thế Trung – Đạn Tên Lửa Phòng Không Có Điều Khiển, Tập 1, Tập 2 – nxb. QĐNN - 2016.

[2]. Phạm Ngọc Văn, Vũ Hòa Tiến, Lê Thế Trung - Nghiên cứu khảo sát, đánh giá các đặc trưng vùng

văng mảnh của phần chiến đấu đẳng hướng và phần chiến đấu định hướng – Tạp chí NCKH&CNQS, số 63 tháng 10/2019.

[3]. Phạm Ngọc Văn, Vũ Hòa Tiến, Cao Hữu Tình, Đỗ Văn Phán - Phương pháp giải bài toán xác định tọa độ góc mục tiêu tại thời điểm kích hoạt phần chiến đấu định hướng của tên lửa phòng không - Tạp chí NCKH&CNQS, số 66 tháng 4/2020.

[4]. Vũ Hòa Tiến – Động học các hệ thống điều khiển thiết bị bay – nxb. QĐNN, 2013.

По-английски:

[5]. M Chakravarti - An Effective Estimation of Time-dependent Doppler Frequency for Weapon Fuzing - 19-21 Nov. 2008, IEEE.

[6]. Richard M. Lloyd - Conventional Warhead Systems Physics and Engineering Design - Volume 179/1998 Progress in Astronautics and Aeronautics - Raytheon System Company – Massachusetts USA.

[7]. Steven E. Noel, Harold H. Szu, Yogesh J. Gohel - Doppler frequency estimation with wavelets and neural networks- SPIE Vol. 3391 • 0277-786X/1998.

[8]. Yang Ruike, Li Lei, Zhong Pu, Liu Kexiang - Influence of Rain Doppler frequency on MMW Doppler Fuze - 978-1-4244-6908-6/10/2010 IEEE.

По-русски:

[9]. Одинцов. В.А. – Боевая часть с радиально-направленным низкоскоростным полем к зенитной управляемой завете, предназначенной для перехвата тактических баллистических ракет. – Патент RU2249175C1 Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам РФ, 12/9/2003.

[10]. Андреев С.Г., Бабкин А.В., и др. – Физика взрыва. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002, том 1, 832с.

**Koroli M.A.**

*Candidate of technical sciences, docent ,  
Tashkent State Technical University,  
The Republic of Uzbekistan, Tashkent*

**Ivanisova A.R., Taubaldiev A.A., Usmonov J., Gafurova M.,**

*masters*

*Tashkent State Technical University, Uzbekistan*

## THE EXPERIMENTAL RESEARCHES OF REVERSIBLE HEAT PUMP "WATER-AIR" AT THE LABORATORY STAND "SOLAR-HEAT PUMP STATION".

**Короли Мехрия Анваровна,**

*к.т.н., доцент,*

*Ташкентский Государственный Технический Университет,  
г. Ташкент, Республика Узбекистан*

**Иванисова А., Таубалдиев А., Усманов Ж., Гафурова М**  
*магистранты, ТашГТУ, Узбекистан*

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕВЕРСИВНОГО ТЕПЛОВОГО НАСОСА «ВОДА-ВОЗДУХ» НА ЛАБОРАТОНОМ СТЕНДЕ «СОЛНЕЧНО-ТЕПЛОНАСОСНАЯ СТАНЦИЯ».

**Summary.** It's shown, the results of experiments of the heat pump "Water-Air" with using solar photovoltaic panels to drive a compressor and other heat pump equipment. The circuit diagram and operation modes of the heat pump are considered. The results of experiments are compared for different modes of the heat pump.

**Аннотация.** Показаны результаты опытов теплового насоса «вода-воздух» с использованием солнечных фотоэлектрических панелей, для привода компрессора и другого оборудования теплового насоса. Рассмотрены принципиальная схема и режимы работы теплового насоса. Сравниваются результаты опытов при разных режимах работы теплового насоса.

**Key words:** *heat pump, solar photovoltaic panels, operating mode, efficiency, heating coefficient, energy resources.*

**Ключевые слова:** *тепловой насос, солнечные фотоэлектрические панели, режим работы, эффективность, отопительный коэффициент, энергоресурсы.*

**Введение.** Использование солнечных тепловых насосов в теплохладоснабжении зданий и промышленности республики с каждым годом становится перспективнее и актуальнее, позволяет получать тепловую энергию с наименьшими затратами и без вреда для окружающей среды. А также в современных условиях повышения цен на энергоресурсы и электрическую энергию

использование тепловых насосов является экономически эффективными.

В научно-исследовательской лаборатории «Солнечно-теплонасосная станция» при кафедре «Термодинамика и теплотехника» Ташкентского Государственного Технического Университета впервые в республике в лабораторных условиях создана установка с совместным использованием солнечных коллекторов, солнечных