

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 23549

(13) С1

(46) 2021.10.30

(51) МПК

F 41G 7/00

(2006.01)

## (54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПОДАЧИ КОМАНДЫ НА ИНИЦИАЛИЗАЦИЮ НА ЗАДАННОЙ ВЫСОТЕ РЕАКТИВНОГО СНАРЯДА С ПИКИРУЮЩЕЙ ТРАЕКТОРИЕЙ ПОЛЕТА

(21) Номер заявки: а 20190069

(22) 2019.03.12

(43) 2020.10.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

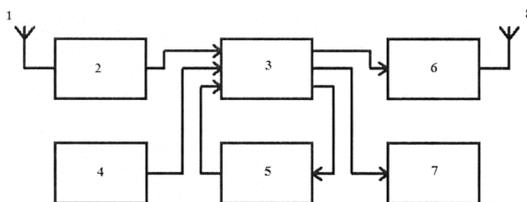
(72) Авторы: Забеньков Игорь Иванович; Гусинский Александр Владимирович; Свирид Максим Сергеевич; Исакович Николай Николаевич; Забеньков Андрей Игоревич; Солонович Сергей Сергеевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(56) RU 2230281 С1, 2004.  
RU 2135947 С1, 1999.  
RU 2275582 С2, 2006.  
RU 2595282 С1, 2016.  
JP 2003-139499 А.  
US 5451014 А, 1995.

(57)

Способ определения времени подачи команды на инициализацию на заданной высоте  $h_5$  реактивного снаряда с пикирующей траекторией полета, при котором после выхода реактивного снаряда на пассивный режим полета радиовысотомером измеряют первое  $h_1$ , второе  $h_2$  и третье  $h_3$  значения высот до подстилающей поверхности в заданные таймером первый  $t_1$ , второй  $t_2$  и третий  $t_3$  временные моменты, вычисляют с помощью микропроцессора первую разность высот  $\Delta h_1$  между вторым  $h_2$  и первым  $h_1$  значениями высот и вторую разность высот  $\Delta h_2$  между третьим  $h_3$  и вторым  $h_2$  значениями высот, затем вычисляют значение первой скорости  $V_1$  снижения реактивного снаряда как отношение рассчитанной первой разности высот  $\Delta h_1$  к интервалу времени между первым  $t_1$  и вторым  $t_2$  временными моментами и значение второй скорости  $V_2$  снижения реактивного снаряда как отношение рассчитанной второй разности высот  $\Delta h_2$  к интервалу времени между вторым  $t_2$  и третьим  $t_3$  временными моментами, после чего рассчитывают ускорение  $B$  снижения реактивного снаряда как отношение разности между второй  $V_2$  и первой  $V_1$



Фиг. 2

скоростями снижения реактивного снаряда к интервалу времени между вторым  $t_2$  и третьим  $t_3$  временными моментами, определяют время  $t_5$  инициализации реактивного снаряда на заданной высоте из выражения:

$$t_5 = -\frac{V_1}{2B} \pm \sqrt{\left(\frac{V_1}{2B}\right)^2 + \frac{h_1 - h_5}{B}},$$

после чего определяют время  $t_4$  подачи команды на инициализацию реактивного снаряда как разность между временем  $t_5$  инициализации реактивного снаряда и временем задержки исполнительного устройства, осуществляющего срабатывание реактивного снаряда.

---

Изобретение относится к радиолокации и может быть использовано как способ формирования команды инициализации исполнительного устройства реактивного снаряда, имеющего определенное время задержки, на заданной высоте.

Известен способ формирования команды инициализации реактивного снаряда, заключающийся в излучении передатчиком зондирующих радиоимпульсов, приеме и усилении отраженных радиоимпульсов, выделении сигналов первой доплеровской частоты и инициализации реактивного снаряда при превышении доплеровским сигналом порогового значения [1].

Описанный способ характеризуется следующими недостатками: неопределенность порогового значения доплеровской частоты, отсутствие учета времени задержки инициализации детонатора, команда инициализации реактивного снаряда формируется скоростью его падения.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению является способ управления реактивным снарядом, при котором радиовысотомер формирует дополнительную команду управления для смещения математического ожидания промаха вверх по информации о скорости сближения с поверхностью, вырабатываемой инерциальной системой управления, в момент появления метки о дальности до подстилающей поверхности, которая определяется исходя из вычисления интервала времени при измерении двух заданных высот [2].

Указанный способ обладает следующими недостатками: команда инициализации реактивного снаряда не формируется на заданной высоте; требуется использование дополнительного блока инерциальной системы управления для определения ускорения падения снаряда.

Задача изобретения - упрощение устройства и повышение точности определения времени подачи команды на инициализацию реактивного снаряда на заданной высоте над подстилающей поверхностью. Решение этой задачи достигается тем, что в способе инициализации на заданной высоте реактивного снаряда с пикирующей траекторией полета радиовысотомером формируются три отметки высоты до подстилающей поверхности в указанные моменты времени, производится расчет времени инициализации снаряда и при совпадении рассчитанного времени и времени полета снаряда по таймеру происходит инициализация.

Способ определения времени подачи команды на инициализацию реактивного снаряда описывается далее.

Вектор скорости движения снаряда по пикирующей траектории  $V_s$  разложим на два ортогональных: вектор вертикального снижения снаряда  $V_v$  и вектор горизонтального движения снаряда  $V_k$ .

Общий вектор вертикального снижения  $V_h$  определяется как сумма векторов вертикального снижения, учитывается постоянная составляющая скорости снижения за счет маршевой скорости, скорости свободного падения, угла пикирования и сопротивления воздушной среды.

# BY 23549 C1 2021.10.30

На фиг. 1 показана нелинейная траектория реактивного снаряда от борта летательного аппарата до момента достижения снарядом подстилающей поверхности:

- 1 - точка пуска реактивного снаряда;
- 2 - вероятная точка достижения снарядом подстилающей поверхности;
- 3 - линейная траектория полета снаряда;
- 4 - нелинейная траектория полета снаряда;
- $h_0$  - высота реактивного снаряда в момент пуска;
- $t_0$  - начало отсчета времени (база таймера), нулевой отсчет времени  $t_0 = 0$  мкс;
- $h_1$  - первое измеренное значение высоты;
- $t_1$  - время первого отсчета  $h_1$  от базы таймера;
- $h_2$  - второе измеренное значение высоты;
- $t_2$  - время второго отсчета  $h_2$  от базы таймера;
- $h_3$  - третье измеренное значение высоты;
- $t_3$  - время третьего отсчета  $h_3$  от базы таймера;
- $h_4$  - расчетная высота снаряда при команде "Инициализация";
- $t_4$  - расчетное время команды "Инициализация" от базы таймера;
- $h_5$  - высота инициализации снаряда;
- $t_5$  - время инициализации снаряда от базы таймера;
- $t_6$  - вероятное время достижения снарядом подстилающей поверхности;

$\Delta t$  - задаваемый отрезок времени полета снаряда от точки пуска 1 до первой точки отсчета  $h_1$ , когда снаряд выходит на пассивный участок траектории полета;

$\Delta t_1$  - отрезок времени между первым и вторым измерениями  $h_1$  и  $h_2$ ;

$\Delta t_2$  - отрезок времени между вторым и третьим измерениями  $h_2$  и  $h_3$ ;

$\Delta t_3$  - отрезок времени, вычисленный микропроцессором, от третьего измерения  $h_3$  до точки формирования команды "Инициализация" на расчетной высоте  $h_4$ ;

$\Delta t_4$  - отрезок времени от формирования команды "Инициализация" до инициализации снаряда на высоте  $h_5$ ;

$\Delta t_5$  - отрезок времени от требуемой точки инициализации до вероятной точки достижения реактивным снарядом подстилающей поверхности.

Расчет времени подачи команды "Инициализация" осуществляется с момента времени  $t_0$ , в который производится пуск реактивного снаряда. За время  $\Delta t$  активного участка производится разгон снаряда реактивным двигателем до маршевой скорости.

В момент  $t_1$  активный участок траектории заканчивается, и в дальнейшем реактивный снаряд летит на пассивном участке при воздействии на него инерции, приданной двигателем, силы тяжести, придающей положительное приращение скорости (в том числе и вертикальной составляющей), отрицательного приращения скорости за счет сопротивления воздушной среды и угла пикирования.

Измерение трех значений высот  $h_1$ ,  $h_2$  и  $h_3$  в заданных моментах времени  $t_1$ ,  $t_2$  и  $t_3$  и расчете скорости и ускорения снаряда в эти отрезки времени осуществляется следующим образом.

В моменты времени  $t_1$ ,  $t_2$  и  $t_3$  производится отсчет  $h_1$ ,  $h_2$  и  $h_3$  и расчет приращения высот  $\Delta h_1 = h_2 - h_1$  и  $\Delta h_2 = h_3 - h_2$ .

При малом значении  $\Delta t_1$  средняя скорость снижения снаряда постоянна на данном отрезке и равна

$$V_1 = \frac{\Delta h_1}{\Delta t_1}. \quad (1)$$

На отрезке полета  $\Delta t_2$  скорость полета снизится до

$$V_2 = \frac{\Delta h_2}{\Delta t_2}, \quad (2)$$

при этом  $V_1 > V_2$ .

Ускорение снаряда вычисляется как

$$B = \frac{V_2 - V_1}{\Delta t_2} \quad (3)$$

и равно отрицательному общему вертикальному ускорению, учитывающему все возможные воздействующие факторы.

Суммарная скорость реактивного снаряда на маршевом участке траектории вычисляется как

$$V_{\Sigma} = V_1 + Bt, \quad (4)$$

где  $t$  - момент времени.

Далее рассчитывается вероятное время инициализации снаряда от базы таймера  $t_5$ :

$$t_5 = \frac{h_1 - h_5}{V_{\Sigma}} = \frac{h_1 - h_5}{V_1 + B \cdot t_5}. \quad (5)$$

Представим (5) в виде квадратного уравнения:

$$t_5 \cdot V_1 + B \cdot t_5^2 = h_1 - h_5. \quad (6)$$

Решим его относительно  $t_5$

Решение сводится к двум корням:

$$t_5 = -\frac{V_1}{2B} \pm \sqrt{\left(\frac{V_1}{2B}\right)^2 + \frac{h_1 - h_5}{B}}. \quad (7)$$

Расчет времени до достижения реактивным снарядом высоты  $h_4$

Время подачи команды  $t_4$  на инициализацию меньше времени инициализации  $t_5$  на время задержки инициализации  $t_{\text{зад}}$ , определяемого типом исполнительного устройства, рассчитывается как

$$t_4 = t_5 - t_{\text{зад}}. \quad (8)$$

Высота, на которой происходит команда "Инициализация", вычисляется как

$$t_4 = h_1 - V_{\Sigma} \cdot t_4 = h_1 - (V_1 + B \cdot t_4)t_4 = h_1 - (t_4 \cdot V_1 + B \cdot t_4^2). \quad (9)$$

Следовательно, формирование команды инициализации исполнительного устройства реактивного снаряда производится по времени  $t_4$ , рассчитанному по (8).

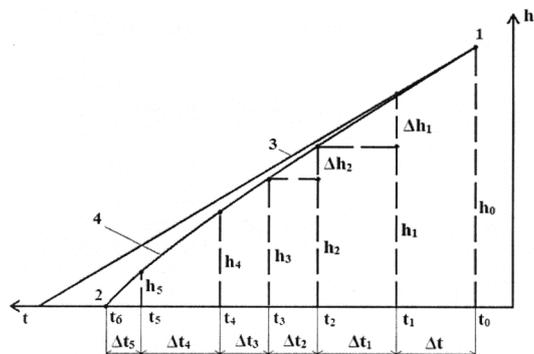
Реализация предлагаемого способа иллюстрируется фиг. 2. Устройство инициализации реактивного снаряда на заданной высоте состоит из первой антенны 8, соединенной с выходом передатчика 6, второй антенны 1, соединенной с входом приемника 2, таймера 4, микропроцессора 3, вход передатчика 6 соединен с первым выходом микропроцессора 3, второй выход которого соединен с выходом приемника 2, а первый вход микропроцессора 3 соединен с выходом таймера 4, второй вход микропроцессора 3 соединен с выходом микросхемы памяти программы 5, третий выход микропроцессора 3 соединен с исполнительным устройством 7, осуществляющим инициализацию снаряда.

Передатчиком 6 излучаются три радиоимпульса заданной длительности и амплитуды в заданные моменты времени, приемник 2 принимает и усиливает сигналы, отраженные от поверхности земли. С выхода приемника 2 полученные значения поступают на вход микропроцессора 3, в котором при помощи таймера 4 высчитываются значения высот в заданные моменты времени. С выхода микропроцессора 3 полученные в нем значения поступают на вход микросхемы памяти 5, где они хранятся для дальнейшей обработки. После получения трех значений высот данные с выхода микросхемы памяти 5 поступают на вход микропроцессора 3, где вычисляется время до подачи команды инициализации. Затем в момент времени, вычисленный в микропроцессоре 3, сигнал поступает на вход исполнительного устройства 7.

# ВУ 23549 С1 2021.10.30

Источники информации:

1. RU 2603687 С1.
2. RU 2230281 С1.



Фиг. 1