

## АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ПОЛУПАССИВНОЙ СИСТЕМЕ САМОНАВЕДЕНИЯ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА

В. И. Павлов<sup>1</sup>, С. В. Артемова<sup>2</sup>, Т. Ю. Дорохова<sup>1</sup>, В. В. Аксенов<sup>1</sup>

*Кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»,  
ypravl@mail.ru; ФГБОУ ВО «ТГТУ» (1), г. Тамбов, Россия;  
кафедра информатики, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский  
технологический университет» (2), г. Москва, Россия*

**Ключевые слова:** активные помехи; подвижный объект; полупассивное самонаведение; радиолокационная система.

**Аннотация:** В дополнение к существующим предложен новый полупассивный способ самонаведения подвижных объектов, указаны преимущества и перспективы разрабатываемого способа. Разработана структурная схема полупассивной системы управления подвижным самонаводящимся объектом и отмечены особенности ее функционирования. Разработаны структурная схема и алгоритм функционирования нового блока распознавания сигнально-помеховых ситуаций. Приведены результаты исследования, подтверждающие реализуемость и целесообразность разработки полупассивного способа самонаведения подвижных объектов.

### Обозначения

$D$ – дальность до цели;	$\alpha$ – коэффициент, учитывающий маневренные свойства цели;
$\dot{D}$ – скорость сближения с целью;	$\Delta$ – параметр рассогласования;
$E$ – сигнал, формируемый антенной;	$K$ – коэффициент усиления;
$f$ – несущая частота принятого сигнала;	$\Lambda^{(s)}$ – выходной сигнал обнаружителя сигнала (помехи);
$J^{(s)}$ – индикаторная функция входного сигнала;	$\pi$ – вероятность наличия помехи в индикаторной функции;
$\hat{j}$ – оценка нормального ускорения подвижного объекта;	$\phi$ – бортовой пеленг цели;
$k$ – шаг счета;	$\Phi_{цц}$ – предполагаемое направление на цель;
$n$ – момент измерения;	$\psi$ – текущая фаза принятого сигнала;
$P_r$ – признак сигнала (помехи);	$\omega$ – угловая скорость линии визирования цели;
$Q^{(s)}$ – дисперсия фазовой координаты;	$\wedge$ – знак оценки
$r$ – выходной сигнал индикатора помехи;	
$s$ – номер сигнально-помеховой ситуации/структуры полупассивной головки самонаведения;	
$T$ – период связи с подвижным объектом;	
$X^{(s)}$ – входной сигнал приемника;	
$Y^{(s)}$ – измеряемая фазовая координата подвижного объекта;	
$Z^{(s)}$ – измеренное значение фазовой координаты;	

### Индексы

$a$  – антенна;  
 $ву, кор$  – вычислительное и корректирующее устройства соответственно;  
 $г, в$  – горизонтальная и вертикальная плоскости соответственно;  
 $у$  – управление;  
 $ц$  – цель;

## Введение

В настоящее время подвижные объекты (ПО) оборудуются бортовыми радиолокационными информационными системами (РИС), используемыми, в том числе, для сближения с другими объектами, называемыми целями. Радиолокационные информационные системы в зависимости от расположения источника и приемника излучений классифицируются на активные (источник и приемник излучений расположены на ПО), полуактивные (источник излучений расположен за пределами ПО) и пассивные (используется собственное излучение целей) [1]. Цели, имеющие важное значение, для защиты от самонаводящихся ПО используют так называемый бортовой комплекс обороны (БКО), состоящий из станций радиотехнической разведки и станций постановки помех [2]. В связи со сложностью и изменчивостью электромагнитной обстановки в процессе взаимодействия ПО и цели, БКО последней функционирует в автоматическом режиме, при этом в ответ на облучающий цель зондирующий сигнал формирует комплексное помеховое излучение, которое, как правило, представляет собой совокупность маскирующих и имитирующих помех, создаваемых в соответствии с законами и правилами радиоэлектронной борьбы (РЭБ) [3].

В работе [4] в дополнение к существующим предложен новый способ полупассивного самонаведения (ППС) ПО. Способ ППС ПО в силу ряда объективных законов распространения электромагнитной энергии имеет ряд преимуществ по сравнению с существующими способами самонаведения. Прежде всего это относится к дальности информационного контакта с целью [5]. Важной характеристикой самонаводящихся ПО является точность их применения, то есть величина промаха при сближении с маневрирующей целью. В работе [6] исследована точность ППС ПО с учетом особенностей нового разрабатываемого способа и показана перспективность его применения при сетевом взаимодействии реализующих его объектов. В связи с многогранностью процессов, протекающих при самонаведении, целесообразно исследование наиболее важных аспектов и особенностей ППС.

Цель работы – разработка алгоритма обработки информации в полупассивной системе самонаведения подвижного объекта.

## Постановка задачи

В варианте реализации способа ППС с минимальным составом участников рассматриваются: самолет – источник провоцирующего зондирующего сигнала (ПЗС), который одновременно является носителем ПО, обеспечивает пуск ПО и поддерживает связь с удаляющимся от самолета ПО по дуплексному каналу; ПО с так называемой полупассивной головкой самонаведения (ППГСН); цель, располагающая БКО, функционирующим в автоматическом режиме.

Основные функции ПЗС: провоцирование помеховых станций БКО цели на излучение ответных помех; стимулирование излучения помех с желаемыми характеристиками. Провоцирующий зондирующий сигнал излучается в виде квазинепрерывного зондирующего сигнала в диапазоне длин волн  $\lambda = 2 \dots 4$  см и пригоден, в том числе, для реализации полуактивного способа самонаведения ПО. Непротиворечивые требования, которым должен удовлетворять ПЗС, достаточно подробно изложены в [7].

Структурная схема ППГСН ПО соответствует структурной схеме пассивной радиолокационной головки самонаведения [8]. Поскольку ППГСН предназначена для слежения за сигналами, излучаемыми помеховыми станциями БКО цели, то есть фактически точечными источниками, то на данном этапе исследования рассматриваются алгоритмы временной обработки информации. Предполагается

равенство ширины полосы пропускания приемника ППГСН ширине спектра помеховых сигналов, а также согласованность поляризации антенны станции помех с поляризацией антенны приемника ППГСН ПО.

Станция помех БКО цели в ответ на ПЗС излучает помеховые сигналы в соответствии с законами и правилами РЭБ. Это означает то, что мощность помеховых сигналов в предполагаемом месте нахождения подавляемой радиолокационной станции (РЛС) должна на 15 – 20 % превосходить мощность отраженного от цели зондирующего сигнала. В данном случае мощность излучаемых помеховых сигналов вычисляется информационной системой БКО цели с учетом собственного ракурса и относительной дальности до источника ПЗС.

### Особенности функционирования ППГСН

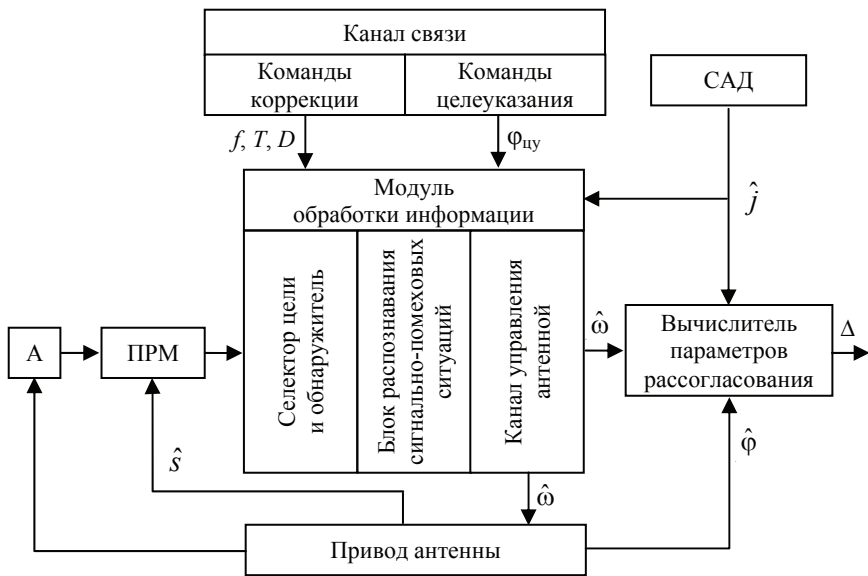
Управление ПО, как правило, осуществляется по двум идентичным независимым каналам, соответствующим вертикальной и горизонтальной плоскостям. В связи с этим далее рассматриваются алгоритмы управления элементами ППГСН для одного канала. В качестве входных сигналов ППГСН используются излучения помеховых станций БКО цели, при обработке которых извлекается информация об относительном угловом положении источника излучений. Угломер ППГСН является следящим, что позволяет определять угловую скорость линии визирования цели. Таким образом, при слежении за целью в угломере формируются оценки бортового пеленга  $\varphi$  и угловой скорости  $\omega$  линии визирования цели. Данные оценки могут быть использованы для формирования параметра рассогласования  $\Delta$  при реализации самонаведения ПО на неманевренные цели по так называемому методу последовательных упреждений. Однако метод последовательных упреждений не обеспечивает требуемую точность применения по интенсивно маневрирующим целям. Данного недостатка лишен метод пропорциональной навигации, при формировании параметра рассогласования  $\Delta$  в котором помимо оценок  $\varphi$  и  $\omega$  используется оценка скорости сближения  $\dot{D}$  ПО и цели. Оценка скорости сближения  $\hat{D}$  формируется в информационно-измерительной системе самолета-носителя ПЗС и передается с периодом  $T$  в модуль обработки информации ППГСН по каналу связи.

В связи с тем, что заранее неизвестно какой именно вариант помехового противодействия будет применен со стороны БКО цели в ответ на тот или иной ПЗС, в составе модуля обработки информации ППГСН предусмотрен блок распознавания сигнально-помеховых ситуаций. Выходной сигнал данного блока  $\hat{s}$  используется для корректировки структуры приемника ППГСН, позволяющей адаптировать его к изменяющейся помеховой обстановке. Структурная схема ППГСН, основу которой составляет схема пассивной головки самонаведения [8], показана на рис. 1, а.

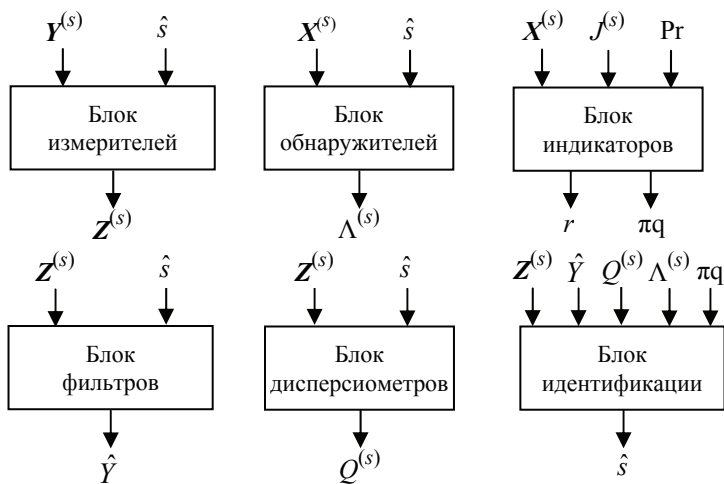
В схему ППГСН дополнительно введены канал связи, по которому на борт ПО передаются команды коррекции и целеуказания, и блок распознавания сигнально-помеховых ситуаций. На схеме также обозначены: А, ПРМ – соответственно антенна и приемник ППГСН; САД – система автономных датчиков.

Разработанная структурная схема блока распознавания сигнально-помеховых ситуаций показана на рис. 1, б, в виде совокупности блоков с соответствующими входными и выходными сигналами.

Функциональное назначение блока распознавания сигнально-помеховых ситуаций заключается в определении на основании обработки входных сигналов ППГСН, сигналов, передаваемых по каналу связи и сигналов автономных датчиков собственного движения ПО сложившейся в текущий момент времени ситуации. Возможные ситуации предварительно классифицируются для каждого ПЗС с учетом законов РЭБ, а также правил и приемов помехового воздействия на РЛС,



a)



b)

Рис. 2. Структурные схемы ППГСН (а) и блока распознавания сигнально-помеховых ситуаций (б)

и составляют полную группу несовместных событий. Каждому значению  $s$  соответствует заранее определенный набор параметров элементов приемника ППГСН и связей между ними. Своевременный перевод элементов приемника в  $s$ -ю структуру обеспечивает адаптацию ППГСН к изменяющейся сигнально-помеховой обстановке.

### Вариант алгоритма обработки информации в ППГСН

Основным измерительным элементом ППГСН является следящий угломер, посредством которого определяется пеленг  $\phi$  и угловая скорость  $\omega$  линии визирования цели. Известно достаточно большое количество структурных схем и алго-

ритмов обработки сигналов в активных, полуактивных и пассивных радиолокационных головках самонаведения (РГС) ПО для различных вариантов измеряемых параметров относительного положения цели. Далее, используя [8], приведем алгоритмы обработки информации в ППГСН при квазинепрерывном ПЗС и сопровождении одиночной цели:

$$\begin{aligned}
 E_{\Gamma} &= k(\varphi_{\Gamma} - \varphi_{\text{ар}}) \cos \psi; \\
 E_{\text{В}} &= k(\varphi_{\text{В}} - \varphi_{\text{ав}}) \cos \psi; \\
 E_{\Delta} &= E_{\Gamma} + E_{\text{В}}; \\
 U_{\text{ВУ}} &= K_{\text{ВУ}} \lg(1 + 2E_{\Delta} / E_{\Sigma}); \\
 u_{\text{ВУ}\Gamma} &= U_{\text{ВУ}} \sin(\omega t + \varphi); \\
 u_{\text{ВУВ}} &= K_{\Delta} U_{\text{ВУ}} \cos \varphi; \\
 \Delta_1(n) &= \Delta_1(n-1) + K_{\text{У}} T \Delta(n-1); \\
 \Delta_2(n) &= K_{\text{КОР}} \Delta(n-1); \\
 \hat{\omega}(n) &= K_{\omega} [\Delta_1(n) + \Delta_2(n)]; \\
 u_{\text{У}}(n) &= \Delta_1(n) + \Delta_2(n).
 \end{aligned}$$

При перерывах в измерениях оценка угловой скорости и сигнал управления формируются по алгоритмам, основанным на сохранении информации об угловой скорости линии визирования на момент пропадания входного сигнала:

$$\begin{aligned}
 \hat{\omega}(n) &= K_{\omega} [\Delta_1(n-1)]; \\
 u_{\text{У}}(n) &= \Delta_1(n-1).
 \end{aligned}$$

При сопровождении интенсивно маневрирующей цели и наличии на борту ПО переданной по каналу связи информации об оценках дальности и скорости сближения с целью алгоритм обработки в ППГСН может быть представлен в виде:

$$\begin{aligned}
 \dot{\hat{e}} &= \omega; \\
 \dot{\hat{\omega}} &= -\frac{2\dot{D}}{D} \omega + \frac{j_{\text{Ц}} - j}{D}; \\
 j_{\text{Ц}} &= -\alpha_{\text{Ц}} j_{\text{Ц}} + \xi_{j_{\text{Ц}}}; \\
 j &= \xi_j; \\
 \dot{\hat{\vartheta}} &= \omega_{\vartheta}; \\
 \dot{\hat{\omega}}_{\vartheta} &= -\alpha_{\vartheta} \omega_{\vartheta} + \xi_{\omega_{\vartheta}}; \\
 \varphi_{\text{а}} &= \omega_{\text{а}}; \\
 \dot{\hat{\omega}}_{\text{а}} &= -\frac{\omega_{\text{а}}}{T_{\text{а}}} + \frac{b}{T_{\text{а}}} u_{\omega} + \xi_{\omega}.
 \end{aligned}$$

Данные алгоритмы реализуются в ППГСН аппаратно-программным способом путем совместного использования соответствующих высокочастотных радиоэлементов и бортового вычислителя ПО. Принципиально новым элементом

структурной схемы ППГСН является блок распознавания сигнально-помеховых ситуаций, алгоритм функционирования которого разработан на основании байесовского подхода в соответствии с методами теории систем со случайной структурой [9, 10]:

$$\hat{p}_k^{(s)}(\mathbf{X}, \text{Pr}) = \frac{p_k^{(s)}(\mathbf{X}, \text{Pr}) \Lambda^{(s)} \prod (J, \text{Pr}) \exp \left[ -0,5 \frac{(\mathbf{Z}_k - \mathbf{Y})^2}{Q} \right]}{\sum_{s=1}^S \int_{-\infty}^{\infty} p_k^{(s)}(\mathbf{X}, \text{Pr}) \Lambda^{(s)} \prod (J, \text{Pr}) \exp \left[ -0,5 \frac{(\mathbf{Z}_k - \mathbf{Y})^2}{Q} \right] d\mathbf{Y}}; \quad (1)$$

$$p_k^{(s)}(\mathbf{X}, \text{Pr}) = \hat{p}_{k-1}^{(s)}(\mathbf{X}, \text{Pr}); \quad (2)$$

$$\mathbf{Z}_k = \mathbf{C}_k^{(s)} \mathbf{Y}_k + \mathbf{N}_k^{(s)} \xi_k; \quad (3)$$

$$\prod (J, \text{Pr}) = \prod_{m=1}^M \pi_m(J, \text{Pr}), \quad m = \overline{1, M}; \quad (4)$$

$$\pi_k(J, \text{Pr}) = P(r_k, k | J_k, \text{Pr}, r_{k-1}, k); \quad (5)$$

$$\hat{s}_k = \arg \max_S \hat{p}_k^{(s)}(\mathbf{X}, \text{Pr}), \quad s = \overline{1, S}. \quad (6)$$

### Исследование алгоритма распознавания сигнально-помеховых ситуаций

Алгоритм (1) – (6) реализуется программным способом в бортовом вычислителе ПО. Выше представленные алгоритмы обработки информации в ППГСН при квазинепрерывном ПЗС и сопровождении одиночной цели, при перерывах в измерениях, при сопровождении интенсивно маневрирующей цели достаточно хорошо изучены теоретически и продемонстрировали удовлетворительные для практики характеристики при реализации в системах управления ПО. В связи с этим исследовалась возможность применения алгоритма (1) – (6) в схеме ППГСН, а именно быстрдействие алгоритма и достоверность распознавания текущей сигнально-помеховой ситуации. Под быстрдействием алгоритма в данном случае понимается задержка  $\Delta t$  в принятии решения об изменении номера сигнально-помеховой ситуации при наступлении какого-либо из двух событий – скачкообразного изменения выходного сигнала (3) любого из измерителей или изменения состояния любого из индикаторов (5). В качестве показателя достоверности распознавания выступала оценка  $\hat{p}^{(s)}$  вероятности текущей  $s$ -й ситуации по сравнению с вероятностями остальных возможных сигнально-помеховых ситуаций.

Моделирование алгоритма (1) – (6) на данном этапе исследования проводилось при следующих дополнительных допущениях: вероятность обнаружения входных сигналов  $\Lambda^{(s)} = 1$ ; априорная вероятность  $s$ -й ситуации  $p^{(s)}$  на  $k$ -м шаге счета равна апостериорной вероятности на  $(k - 1)$ -м шаге. Схема проведения численного эксперимента заключалась в следующем. В качестве примера рассматривались три возможные сигнально-помеховые ситуации (рис. 2) с равновероятной возможностью взаимных переходов в случайной последовательности (рис. 3). Для распознавания использовался измеритель пеленга цели с различными в каждой ситуации дисперсиями шума выходного сигнала и индикатор признака помехи с различными для каждой ситуации вероятностями индикации (табл. 1). В процессе моделирования определялось соответствие фактического значения номера  $s$

(см. рис. 3) и  $\hat{s}$ , оцененного алгоритмом по формуле (6). Графики зависимостей  $\Delta\tau$  и  $\hat{p}^{(s)}$  от дисперсии шума измерителя  $Q$  и вероятностей  $\pi_k(J, Pr)$  правильного распознавания помех индикатором показаны на рис. 4.

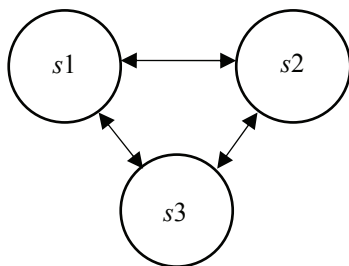


Рис. 2. Сигнально-помеховые ситуации

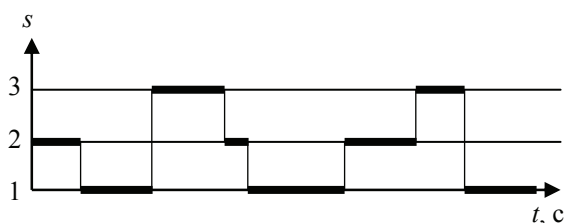


Рис. 3. Возможные изменения сигнально-помеховых ситуаций

Таблица 1

Группа сигнально-помеховых ситуаций

№	Z	Pr
s	$\varphi + \xi$	$\pi$
1	$\varphi + \xi_1$	$\pi_1$
2	$\varphi + \xi_2$	$\pi_2$
3	$\varphi + \xi_3$	$\pi_3$

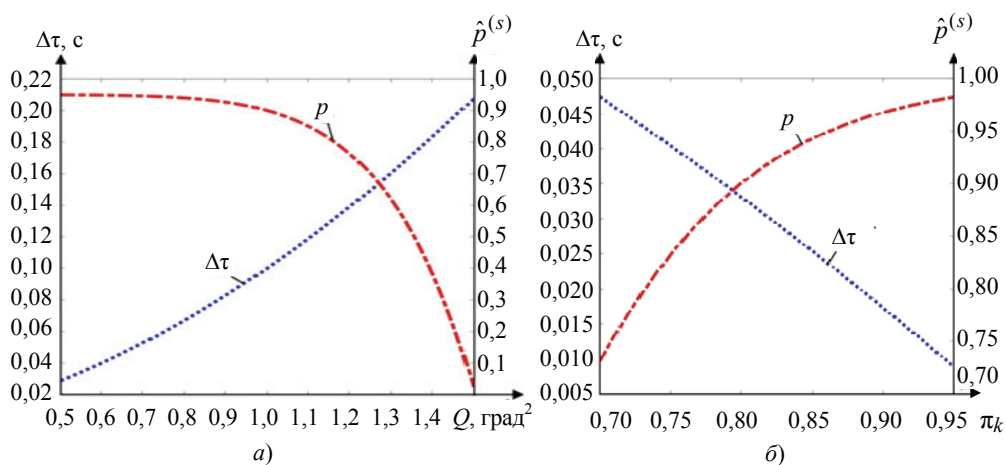


Рис. 4. Зависимости быстродействия  $\Delta\tau$  и вероятности  $\hat{p}^{(s)}$  от дисперсии углового шума пеленгатора (а) и вероятностей распознавания помех (б)

Анализ результатов исследования алгоритма (1) – (6) позволяет сделать следующий вывод – удовлетворительные для практики значения вероятности распознавания сигнально-помеховых ситуаций и быстродействия достигаются при значениях дисперсии углового шума ниже  $Q = 1,2 \text{ град}^2$  и вероятностях правильного распознавания помех  $\pi_k(J, Pr) > 0,7$ . При этом увеличение количества индикаторов помех, задействованных в алгоритме, приводит к повышению достоверности распознавания без снижения быстродействия.

### Заключение

Разрабатываемая ППГСН ПО конструктивно проще по сравнению с активным или полуактивным аналогами за счет отсутствия необходимости селекции отраженного от цели зондирующего сигнала. Введение в схему ППГСН блока распознавания сигнально-помеховых ситуаций, реализуемого программным способом, не снижает характеристики ее точности при слежении за маневрирующей целью. Более того, естественным резервом высокой точности слежения, особенно при уменьшении дальности до цели, является отсутствие такого эффекта, как блуждание центра отражения. Существенные преимущества способа ППС ПО по дальности информационного контакта с целью обуславливают целесообразность дальнейшей разработки и исследования алгоритмов его реализации.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-08-00091-а.*

### Список литературы

1. Широков, Ю. Ф. Основы теории радиолокационных систем : электрон. учеб. пособие. – Текст : электронный / Ю. Ф. Широков. – Самара : Самарский гос. аэрокосмический ун-т им. С. П. Королева, 2012. – URL : <http://repo.ssau.ru/handle/Uchebnye-posobiya/Osnovy-teorii-radiolokacionnyh-sistem-Elektronnyi-resurs-elektron-ucheb-posobie-54211> (дата обращения: 07.04.2021).
2. Перунов, М. Ю. Радиоэлектронное подавление информационных каналов систем управления оружием / М. Ю. Перунов, К. И. Фомичев, Л. М. Юдин ; под ред. М. Ю. Перунова. – М. : Радиотехника, 2003. – 416 с.
3. Палий, А. И. Радиовойна / А. И. Палий. – М. : Рипол Классик, 2013. – 214 с.
4. Пат. 2181869 Российская Федерация, МПК F41G 7/22, F42B 15/01. Способ полупассивного самонаведения управляемых ракет класса «воздух – воздух» с радиолокационной головкой самонаведения / В. И. Павлов, А. А. Маштак, Д. В. Зайцев ; заявитель и патентообладатель Тамбовский военный авиационный инженерный институт. – № 2000100556/02 ; заявл. 10.01.2000 ; опублик. 27.04.2002, Бюл. № 12. – 3с.
5. Павлов, В. И. Энергетические соотношения при действии активных помех на радиолокационные информационные системы подвижных объектов / В. И. Павлов, С. В. Артемова, Т. Ю. Дорохова, В. В. Аксенов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2020. – Т. 26, № 2. – С. 211 – 219. doi: 10.17277/vestnik.2020.02.pp.211-219
6. Improving the accuracy of homing mobile objects with semi-passive method by reducing the time of forming the control force / V. I. Pavlov, O. A. Belousov, T. Y. Dorokhova [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1791. – P. 012106. doi: 10.1088/1742-6596/1791/1/012106
7. Павлов, В. И. Обоснование требований к провоцирующему зондирующему сигналу при реализации полупассивного способа самонаведения подвижного объекта / В. И. Павлов // Изв. высш. учеб. заведений. Авиационная техника. – 2017. – № 3. – С. 52 – 58.



8. Авиационные системы радиоуправления. Т. 2. Радиолокационные системы самонаведения / Под ред. А. И. Канащенкова, В. И. Меркулова. – М. : Радиотехника, 2003. – 390 с.

9. Бухалев, В. А. Распознавание, оценивание и управление в системах со случайной скачкообразной структурой / В. А. Бухалев. – М. : Наука, 1996. – 288 с.

10. Муромцев, Д. Ю. Анализ и синтез радиосистем на множестве состояний функционирования / Д. Ю. Муромцев, Ю. Л. Муромцев // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2008. – Т. 14, № 2. – С. 241 – 251.

---

## The Information Processing Algorithm in a Semi-Passive Homing System for Movable Objects

V. I. Pavlov<sup>1</sup>, S. V. Artemova<sup>2</sup>, T. Yu. Dorokhova<sup>1</sup>, V. V. Aksenov<sup>1</sup>

*Department of Design of Radio-Electronic and Microprocessor Systems,  
vpavl@mail.ru; TSTU (1), Tambov, Russia;  
Department of Informatics, MIREA – Russian Technological University (2),  
Moscow, Russia*

**Keywords:** active interference; movable object; semi-passive homing; radar system.

**Abstract:** In addition to the existing methods, a new semi-passive homing method for mobile objects is proposed; the advantages and the prospects of the developed method are discussed. A structural diagram of a semi-passive homing control system for a mobile object has been developed and the features of its functioning have been noted. A structural diagram and an algorithm for the functioning of a new block for recognizing signal-interference situations have been developed. The results of the study confirming the feasibility of developing a semi-passive homing method for mobile objects are presented.

### References

1. <http://repo.ssau.ru/handle/Uchebnye-posobiya/Osnovy-teorii-radiolokacionnyh-sistem-Elektronnyi-resurs-elektron-ucheb-posobie-54211> (accessed 07 April 2021).
2. Perunov M.Yu. [Ed.], Fomichev K.I., Yudin L.M. *Radioelektronnoye podavleniye informatsionnykh kanalov sistem upravleniya oruzhiyem* [Radio-electronic suppression of information channels of weapon control systems], Moscow: Radiotekhnika, 2003, 416 p. (In Russ.)
3. Paliy A.I. *Radiovoina* [Radio war], Moscow: Ripol Klassik, 2013, 214 p. (In Russ.)
4. Pavlov V.I., Mashtak A.A., Zaytsev D.V. *Sposob polupassivnogo samonavedeniya upravlyayemykh raket klassa «vozdukh – vozdukh» s radiolokatsionnoy golovkoy samonavedeniya* [Semi-passive homing of guided air-to-air missiles with a homing radar], Russian Federation, 2002, Pat. 2181869. (In Russ.)
5. Pavlov V.I., Artemova S.V., Dorokhova T.Yu., Aksenov V.V. [Energy ratios under action of active interference on radar information systems of mobile objects], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2020, vol. 26, no. 2, pp. 211-219, doi: 10.17277/vestnik.2020.02.pp.211-219 (In Russ., abstract in Eng.)
6. Pavlov V.I., Belousov O.A., Dorokhova T.Y., Belyaev M.P., Trapeznikov E.V. Improving the accuracy of homing mobile objects with semi-passive method by reducing the time of forming the control force, *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, vol. 1791, p. 012106, doi: 10.1088/1742-6596/1791/1/012106
7. Pavlov V.I. [Justification of the requirements for a provoking sounding signal when implementing a semi-passive method of homing a mobile object], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Aviatsionnaya tekhnika* [Proceedings of higher educational institutions. Aviation technology], 2017, no. 3, pp. 52-58. (In Russ.)

8. Kanashchenkov A.I., Merkulov V.I. [Eds.] *Aviatsionnyye sistemy radioupravleniya. T. 2. Radiolokatsionnyye sistemy samonavedeniya* [Aircraft radio control systems. Vol. 2. Radar homing systems], Moscow: Radiotekhnika, 2003, 390 p. (In Russ.)

9. Bukhalev V.A. *Raspoznavaniye, otsenivaniye i upravleniye v sistemakh so sluchaynoy skachkoobraznoy strukturoy* [Recognition, estimation and control in systems with a random jump structure], Moscow: Nauka, 1996, 288 p. (In Russ.)

10. Muromtsev D.Yu., Muromtsev Yu.L. [Analysis and synthesis of radio systems on a set of functioning states], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2008, vol. 14, no. 2, pp. 241-251. (In Russ., abstract in Eng.)

---

## Algorithmus für die Verarbeitung von Informationen in einem semi-passiven System der Selbststeuerung eines beweglichen Objekts

**Zusammenfassung:** Zusätzlich zu den bestehenden wird eine neue semi-passive Methode zur Selbststeuerung mobiler Objekte vorgeschlagen, die Vorteile und die Perspektiven der entwickelten Methode werden gezeigt. Es ist ein Strukturdiagramm des semi-passiven Steuersystems für ein mobiles Zielobjekt entwickelt und die Merkmale seiner Funktionsweise sind gekennzeichnet. Ein Blockschaltbild und ein Algorithmus zur Funktionsweise des neuen Blocks zur Erkennung von Signalstörsituationen sind entwickelt. Die Ergebnisse der Studie bestätigen die Realisierbarkeit und Zweckmäßigkeit der Entwicklung eines semi-passiven Verfahrens zur Selbststeuerung von beweglichen Objekten.

---

## Algorithme du traitement de l'information dans un système semi-passif d'autoguidage de l'objet mobile

**Résumé:** En plus des méthodes existantes, une nouvelle méthode semi-automatique de l'autoguidage d'objets mobiles est proposée; sont indiqués les avantages et les perspectives de la méthode en cours de développement. Est élaboré un schéma structurel du système semi-passif de la commande d'un objet mobile autoguidé; sont marquées les caractéristiques de son fonctionnement. Sont élaborés le schéma structurel et l'algorithme du fonctionnement de la nouvelle unité de la détection des situations de signal et d'interférence. Sont cités les résultats de l'étude confirmant la réalisabilité et l'opportunité de l'élaboration d'une méthode semi-passive d'autoguidage des objets mobiles.

---

**Авторы:** *Павлов Владимир Иванович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия; *Артемова Светлана Валерьевна* – доктор технических наук, профессор кафедры информатики, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», г. Москва, Россия; *Дорохова Татьяна Юрьевна* – кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»; *Аксенов Виктор Владимирович* – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.

**Рецензент:** *Грибков Алексей Николаевич* – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Энергообеспечение предприятий и теплотехника», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.