

## ДИСТАНЦИОННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ ПОЛУПАССИВНЫМ СПОСОБОМ

**В. И. Павлов, В. Н. Коломейцев, С. Н. Калашников**

*Кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»,  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия;  
crems@crems.jesby.tstu.ru*

**Ключевые слова:** зондирующий сигнал; подвижный объект; полупассивная радиолокация; помеховый сигнал.

**Аннотация:** Предложен новый полупассивный способ измерения параметров подвижных объектов. Изложена основная идея способа, показана возможность его реализации на современном уровне развития техники. Определены потенциальные возможности предлагаемого способа при измерении параметров подвижных объектов. Приведена общая математическая модель первичных результатов приема элементарных сигналов, принимаемых антенной полупассивной радиолокационной станции. Обоснован перечень параметров подвижных объектов, доступных непосредственному измерению полупассивным способом. Рассмотрен частный случай применения полупассивного способа радиолокации. Указаны недостатки и преимущества предлагаемого полупассивного способа измерения параметров подвижных объектов.

---

Для определения местонахождения объектов в технике используют локаатор, предназначенный для определения наличия, дальности, направления (азимута и угла места) или скорости объектов бесконтактным способом. В соответствии с типом сенсора – основного датчика, предназначенного для выработки сигнала измерительной информации в удобной для дальнейшего использования форме, различают звуковую, гидро-, оптическую, радио- и др. виды локации. Принципиально выделяют два вида локации: пассивную – основанную на приеме собственного излучения объекта; активную – основанную на приеме отраженного от объекта излученного локатором зондирующего сигнала. В зависимости от расположения источника зондирующего сигнала и приемника сигналов различают активную, полуактивную, активную с пассивным ответом и пассивную локации. В настоящее время в радиодиапазоне активная локация бывает двух видов. Первая – с активным ответом, когда на объекте предполагается наличие радиопередатчика (ответчика), который излучает радиоволны в ответ на принятый сигнал. Активный ответ применяется для опознавания объектов (свой–чужой), дистанционного управления, а также для получения от них дополнительной информации (например, количество топлива, тип объекта и т.д.). Вторая – с пассивным ответом, когда запросный (зондирующий) сигнал отражается от объекта и воспринимается в пункте приема как ответный [1, 2].

В приведенной общепринятой классификации видов локации не учитывается так называемая полупассивная локация, сущность которой заключается в вынужденном собственном излучении сигналов объектом в ответ на зондирующий сигнал. Данная ситуация достаточно распространена в живой природе как при поиске партнеров для продолжения рода, так и в процессе охоты. Причем используется широкий диапазон длин волн – от низкочастотных акустических до высокочастотных оптических. В технике подобная ситуация с вынужденным излучением собственных сигналов сложилась в связи с необходимостью защиты важных объектов от разведывательных действий посредством локаторов противоборствующей стороны.

На примере полупассивного способа радиолокации рассматриваются потенциальные возможности измерения параметров подвижных объектов: летательных аппаратов (ЛА); кораблей и др., имеющих важное значение и, как следствие, оборудованных бортовым комплексом обороны (БКО). Типовой БКО состоит из согласованно функционирующих под управлением информационной системы объекта, например ЛА, станций радиотехнической разведки (РТР) и станций постановки помех, предназначенных, соответственно, для предупреждения об облучении, то есть угрозе, и для постановки помех локационным средствам противоборствующей стороны [3]. Станции РТР способны определять степень угрозы со стороны источников облучающих сигналов, эффективность генерируемых ответных помех и, в случае необходимости, изменять параметры помехового противодействия. Ввиду сложности и быстротечности изменения сигнально-помеховой обстановки при применении ЛА, кораблей и др. функционирование их БКО осуществляется, как правило, в автоматическом режиме в соответствии с законами и правилами радиоэлектронной борьбы (РЭБ) [4]. В качестве ответа на зондирующий сигнал станции постановки помех излучают имитирующие помехи на фоне маскирующих.

Известен способ полупассивного самонаведения (ППС) управляемых ракет класса «воздух–воздух» с радиолокационной головкой самонаведения [5], в основе которого лежит принцип полупассивной радиолокации. Сущность способа ППС состоит в формировании зондирующего сигнала в направлении подвижного объекта (цели), оборудованного БКО, для провокации его помеховых станций на излучения помехового сигнала, по которому осуществляется самонаведение ракеты. Принцип и алгоритмы обработки информации в пассивных радиолокационных системах считаются известными [6]. В случае, если цель не оборудована БКО, или по какой-либо причине помеховый сигнал не излучается, то реализуется активный вид локации с пассивным ответом, то есть используется отраженный от обшивки цели зондирующий сигнал при его превышении порога обнаружения.

Определим потенциальные возможности измерения параметров подвижных объектов, оборудованных БКО, при применении способа полупассивной радиолокации (ППР).

Сущность предлагаемого способа ППР заключается в следующем. Зондирующий сигнал при имитации режима сопровождения объекта провоцирует помеховые станции цели на излучение помехового сигнала, который в соответствии с законами РЭБ должен быть в том же частотном диапазоне, что и зондирующий сигнал, поэтому не требуется широкополосный приемный фильтр в конструкции радиолокационного приемника. Чтобы активный помеховый сигнал был пригоден для решения задачи измерения параметров подвижных объектов, необходимо провести идентификацию принимаемых сигналов. В связи с тем, что номенклатура помех весьма разнообразна, могут возникать различные помеховые ситуации. Каждой из них целесообразно поставить в соответствие определенную структуру алгоритма идентификации и оценивания. Удобно обработку принимаемых сигналов представить в виде процесса со случайно изменяющейся структурой [7].

Данный способ ППР сам по себе является новым. В то же время при обосновании основных атрибутов концепции ППР целесообразно использовать имеющиеся теоретические и практические разработки, относящиеся к активному, полупассивному и пассивному способам радиолокации. Так, при определении области применимости способа ППР, условий и ограничений, обосновании требований к составу оборудования при реализации ППР необходимо использовать известные методы системного анализа [8 – 10]. При обосновании состава измеряемых параметров, то есть вектора измеряемых фазовых координат цели, определении требований к зондирующему сигналу и его источнику целесообразно, в частности, использовать методы и подходы обнаружения стохастических сигналов с неизвестными параметрами [11], а также методы теории конфликтной радиолокации. Кроме того, при детализации отдельных положений концепции ППР целесообразно развитие научно-методического аппарата сопутствующих признаков, возникающих при изменении свойств случайных процессов. Информация именно о сопутствующих, а не неинформативных признаках сигналов и помех, должна быть использована в качестве дополнительной апостериорной информации в байесовском подходе при оценке складывающейся сигнально-помеховой обстановки [12].

Основной задачей радиолокационной станции (РЛС), реализующей тот или иной вид локации, является измерение параметров объектов, называемых фазовыми координатами, к которым относятся: направление на объект (азимут в горизонтальной плоскости и угол места в вертикальной плоскости); дальность до объекта; скорость сближения с объектом. Возможность определения азимута и угла места объекта реализуется за счет направленных свойств приемной антенны РЛС, определение дальности основано на предположении постоянства, прямолинейности и известной скорости распространения электромагнитных волн в среде между РЛС и объектом, определение скорости сближения с объектом основано на эффекте Доплера.

В соответствии с сущностью способа ППР прямому измерению по аналогии с пассивной локацией доступны только азимут и угол места объекта. Определение дальности и скорости сближения с объектом возможны только косвенным методом при реализации так называемой многопозиционной радиолокации [13].

Рассмотрена наиболее общая возможная ситуация излучения в направлении подвижного объекта-цели, оборудованного БКО, квазимонохроматического зондирующего сигнала. Тогда математическая модель первичных результатов приема по аналогии с [14] будет представлять собой совокупность элементарных сигналов, принимаемых антенной полупассивной РЛС

$$\dot{y}(t, r, \rho) = \Pi_c(t, r, \rho) \dot{s}_c(t, r, \rho, \Theta_c) + \Pi_{ип}(t, \rho) \dot{u}_{ип}(t, \rho, \Theta_{ип}) + \Pi_{шп}(t, \rho) \dot{u}_{шп}(t, \rho, \Theta_{шп}) + n(t, r, \rho),$$

где  $\Pi_c(t, r, \rho)$ ,  $\Pi_{ип}(t, \rho)$ ,  $\Pi_{шп}(t, \rho)$  – функции выборки сигнала, отраженного от цели, имитирующей и маскирующей (шумовой) помех соответственно, прореживающие (стробирующие) массивы всех возможных измерений по пространственным координатам и времени применительно к рассматриваемому случаю;  $\dot{s}_c(t, r, \rho, \Theta_c)$ ,  $\dot{u}_{ип}(t, \rho, \Theta_{ип})$ ,  $\dot{u}_{шп}(t, \rho, \Theta_{шп})$  – элементарные сигналы цели, имитирующей и шумовой помех соответственно, которые могут быть представлены своими комплексными огибающими и несущими частотами;  $r, \rho$  – пространственные координаты источника зондирующего сигнала и приемника полупассивной РЛС;  $\Theta_c$ ,  $\Theta_{ип}$ ,  $\Theta_{шп}$  – векторы оцениваемых параметров сигналов: отраженного от цели, имитирующей и шумовой помех, включающие информативные и неинформативные составляющие;  $n(t, r, \rho)$  – вектор внутренних шумов.

Данная модель отражает следующие особенности функционирования приемника полупассивной РЛС: первое слагаемое может отсутствовать при недостаточной для обнаружения мощности отраженного от цели зондирующего сигнала; в качестве информативных могут быть только угломерные составляющие; такие параметры цели, как дальность и скорость могут только оцениваться. Данная модель также является основой для распознавания ситуаций, связанных с наличием соответствующих составляющих в принятом сигнале. При этом по известной технологии [14] формулируются гипотезы, характеризующие ситуации, отыскиваются многомерные плотности вероятностей принятой реализации для различных гипотез, составляются отношения правдоподобия по различным классам сигналов и сравниваются с предварительно обоснованными порогами. Каждой гипотезе соответствует определенный алгоритм обработки информации, конечным выходом которого является формирование сигналов управления положением антенны приемника полупассивной РЛС и определение угловой скорости линии визирования цели-источника.

Частным случаем является сближение носителя приемника полупассивной РЛС, например ракеты, с подвижным объектом-целью, оборудованным БКО. Движение ракеты рассматривается в системе координат, связанной с вектором относительной дальности ракета-цель  $D$ , угловые координаты которого в земной системе координат обозначены через  $v$  и  $\varepsilon$ , при этом начало координат совпадает с центром масс ракеты  $P$ , ось  $P\xi$  направлена по вектору дальности  $D$ , ось  $P\eta_1$  перпендикулярна оси  $P\xi$  и расположена в плоскости  $\xi y_g$ , составляя с осью острый угол, а ось  $P\eta_2$  направлена по перпендикуляру к плоскости  $\xi\eta_1$  в плоскости  $x_g z_g$  так, чтобы система координат  $P\xi\eta_1\eta_2$  была правой (рис. 1) [15].

Данная прямоугольная система координат вращается относительно земной с угловой скоростью  $\omega_D$

$$\omega_D = \dot{v} - \dot{\varepsilon}. \quad (2)$$

Направление вектора скорости цели в земной системе координат определяется углами  $\varphi_{ц}$  (в горизонтальной плоскости),  $\Theta_{ц}$  (в вертикальной плоскости). Далее все кинематические особенности сближения рассматриваются для одной плоскости.

Для случая движения ракеты и цели в горизонтальной плоскости, то есть при  $\Theta_{ц} = 0$ ,  $\varepsilon = 0$ ,  $\Theta = 0$ , кинематические скалярные уравнения движения центра массы ракеты будут

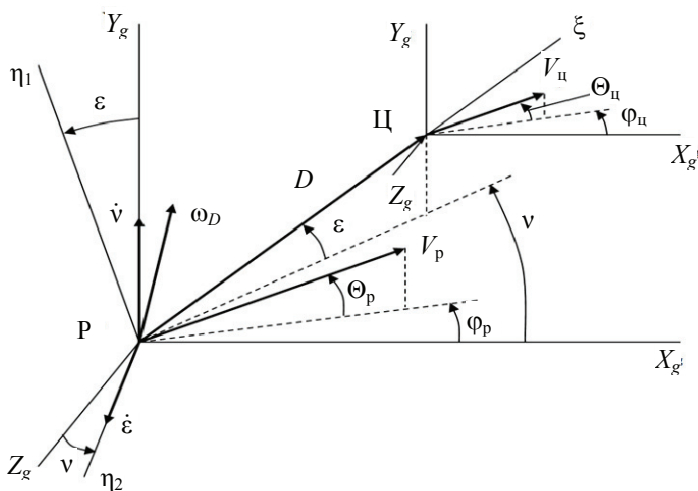


Рис. 1. Вариант взаимного расположения цели и ракеты

$$\dot{D} = V_{ц} \cos(v - \varphi_{ц}) - V_{р} \cos(v - \varphi); \quad (5)$$

$$D\dot{v} = V_{р} \sin(v - \varphi) - V_{ц} \sin(v - \varphi_{ц}), \quad (6)$$

где  $V_{ц}$ ,  $V_{р}$  – вектор скорости цели и ракеты соответственно.

При сближении ракеты с целью по методу пропорциональной навигации идеальная связь накладывается на вектор скорости ракеты в виде

$$\dot{V}_{р}^0 - k\dot{D}^0 = 0, \quad (7)$$

где  $k$  – скаляр, называемый навигационной постоянной, верхний индекс «0» – признак единичного вектора. В соответствии с (7) угловая скорость вектора скорости ракеты пропорциональна угловой скорости  $\omega_D$  вращения вектора  $D^0$ . Угловые скорости выражаются через компоненты  $\dot{\varphi}$ ,  $\dot{\Theta}$ ,  $\dot{v}$ ,  $\dot{\varepsilon}$  формулами:

$$\dot{V}_{р}^0 = \dot{\varphi} + \dot{\Theta}; \quad (8)$$

$$\dot{D}^0 = \dot{v} + \dot{\varepsilon} \quad (9)$$

и соответственно скалярные уравнения идеальных связей метода пропорциональной навигации рассчитаем по формулам:

$$F_1 = \dot{\Theta} \cos(v - \varphi) - k\dot{\varepsilon} = 0; \quad (10)$$

$$F_2 = \dot{\varphi} - k\dot{v} = 0. \quad (11)$$

Уравнения (8) – (11) являются теоретической основой для анализа кинематических характеристик процесса сближения в целом и маневренных характеристик подвижных объектов-целей и ракет в частности. В связи с отсутствием при реализации способа ППР измерений дальности и скорости сближения с целью необходимо определить потребные угловые скорости и ускорения вектора скорости ракеты в окрестности маневрирующей цели при дальностях, меньших 100 м. Также необходимо определить целесообразность оценивания дальности и скорости сближения с целью или передачи данных оценок в систему управления ракетой по каналу связи.

В [15] получены аналитические выражения для анализа кинематики сближения ракеты с целью, которые могут быть использованы для рассматриваемого случая. При точном выполнении идеальной связи и при  $V_{р} = \text{const}$ ,  $V_{ц} = \text{const}$  вблизи цели можно считать постоянной скорость сближения ракеты с ней, а также  $\cos(v - \varphi) \approx \text{const}$ ,  $\cos(v - \varphi_{ц}) \approx \text{const}$ . Выражение для угловой скорости вектора дальности имеет вид

$$\dot{v} = \dot{v}_0 \left[ \frac{D}{D_0} \right]^{B-2} + \frac{V_{ц1} \dot{\varphi}_{ц}}{V(B-2)} \left[ 1 - \left( \frac{D}{D_0} \right)^{B-2} \right], \quad (12)$$

где  $B = kV_1/V$ ,  $V = -\dot{D}$ ,  $V_1 = V_{р} \cos(v - \varphi)$ ,  $V_{ц1} = V_{ц} \cos(v - \varphi_{ц})$ ,  $D = D_0 - Vt$ ,  $D_0$  – начальная дальность. Требуемое нормальное ускорение ракеты

$$a_n = kV_{р} \dot{v}_0 \left[ \frac{D}{D_0} \right]^{B-2} + \frac{BV_{ц} \dot{\varphi}_{ц}}{(B-2) \cos(v - \varphi)} \left[ 1 - \left( \frac{D}{D_0} \right)^{B-2} \right]. \quad (13)$$

Из уравнений (12) и (13) следует, что в процессе сближения ракеты с целью при  $B > 2$ , то есть при  $kV_1 > 2V$ , угловая скорость вектора дальности при отсутствии маневра цели уменьшается и обращается в нуль при  $D \rightarrow 0$ . При маневриро-

вании цели, как следует из формулы (12), угловая скорость вектора дальности при уменьшении  $D$  до нуля стремится к постоянному значению, пропорциональному нормальной перегрузке цели, а нормальное ускорение ракеты – к величине

$$a_n = \frac{B}{(B-2)} \frac{V_{ц} \dot{\varphi}_{ц} \cos(\nu - \varphi_{ц})}{\cos(\nu - \varphi)}. \quad (14)$$

Анализ выражения (14) показывает, что потребное нормальное ускорение ракеты можно уменьшать путем увеличения  $B = kV_1/V$ , то есть увеличением навигационной постоянной  $k$ . При  $k \geq 7$   $a_n$  не более чем на 20 % превосходит текущую перегрузку цели. Это подтверждает принципиальную возможность применения способа ППР для осуществления сближения ракеты с подвижным объектом-целью по методу пропорциональной навигации на основании только угломерных измерений. Конкретные значения навигационной постоянной могут вводиться в систему управления ракетой при пуске в зависимости от ситуации, изменяться программно в соответствии с прогнозом развития ситуации или корректироваться при наличии канала связи «носитель–ракета».

Способ ППР имеет определенные недостатки и преимущества по сравнению с активным, полуактивным и пассивным способами локации.

Невозможность непосредственного измерения дальности и скорости сближения с подвижным объектом может быть компенсирована при многопозиционной радиолокации за счет жесткой функциональной связи между угломерными измерениями в пространственно разнесенных позициях. В некоторых случаях оценка дальности и скорости может быть получена при анализе сопутствующих признаков сигналов и помех. Значения дальности и скорости при необходимости могут передаваться на носитель приемника полупассивной РЛС по каналу связи. К достоинствам разрабатываемого способа ППР относится простота технической реализации как самого способа, так и приемника полупассивной РЛС, а также достаточность только угломерных измерений при определении параметров подвижных объектов – источников помех в большинстве практически важных ситуаций.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты № 15-08-01617, № 16-08-00464.*

#### *Список литературы*

1. Ботов, М. И. Основы теории радиолокационных систем и комплексов / М. И. Ботов, В. А. Вяхирев. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2013. – 530 с.
2. Зырянов, Ю. Т. Основы радиотехнических систем : учеб. пособие / Ю. Т. Зырянов, О. А. Белоусов, П. А. Федюнин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 144 с.
3. Перунов, Ю. М. Радиоэлектронное подавление информационных каналов систем управления оружием / Ю. М. Перунов, К. И. Фомичев, Л. М. Юдин. – М. : Радиотехника, 2003. – 416 с.
4. Радиоэлектронная борьба. Силовое поражение радиоэлектронных систем / В. Д. Добыкин [и др.]. – М. : Вузовская книга, 2007. – 468 с.
5. Пат. 2181869 Российская Федерация, МПК 7F41G7/22, F42B15/01. Способ полупассивного самонаведения управляемых ракет класса «воздух-воздух» с радиолокационной головкой самонаведения / В. И. Павлов, А. А. Маштак, Д. В. Зайцев, Тамбовский военный авиационный инженерный институт. – № 2000100556/02 ; заявл. 10.01.2000 ; опубл. 27.04.2002, Бюл. № 12. – 3 с.
6. Сколник, М. И. Справочник по радиолокации : в 2-х кн. / М. И. Сколник. – М. : Техносфера, 2014. – 1352 с.



7. Бухалев, В. А. Распознавание, оценивание и управление в системах со случайной скачкообразной структурой / В. А. Бухалев. – М. : Наука, 1996. – 288 с.
8. Вентцель, Е. С. Исследование операций : задачи, принципы, методология : учеб. пособие для студ. вузов / Е. С. Вентцель. – 2-е изд. – М. : Высш. шк., 2001. – 208 с.
9. 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.
10. Муромцев, Ю. Л. Практическая устойчивость систем оптимального управления / Ю. Л. Муромцев, Д. Ю. Муромцев, В. В. Орлов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2000. – Т. 6, № 3. – С. 387 – 392.
11. Куликов, Е. И. Оценка параметров сигналов на фоне помех / Е. И. Куликов, А. П. Трифонов. – М. : Сов. радио, 1978. – 296 с.
12. Павлов, В. И. Скорейшее обнаружение изменения свойств случайных процессов с использованием сопутствующих признаков / В. И. Павлов // Радиотехника. – 2009. – № 2. – С. 10 – 15.
13. Черняк, В. С. Многопозиционная радиолокация / В. С. Черняк. – М. : Радио и связь, 1993. – 416 с.
14. Тихонов, В. И. Оптимальный прием сигналов / В. И. Тихонов. – М. : Радио и связь, 1983. – 320 с.
15. Системы управления и динамика наведения ракет / И. Е. Казаков [и др.]. – М. : ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 1973. – 498 с.

---

## Remote Measurement of Moving Objects using the Semi-Passive Method

V. I. Pavlov, V. N. Kolomeytssev, S. N. Kalashnikov

*Department “Design of Electronic and Microprocessor Systems”, TSTU,  
Tambov, Russia; crems@crems.jesby.tstu.ru*

**Keywords:** interference signal; moving object; probing signal; semi-passive radiolocation.

**Abstract:** The paper describes a new semi-passive method for measuring moving objects parameters. We outline the main idea of the method, the possibility of its realization at the present level of technological development. We determined the potential possibilities of the proposed method in measuring moving objects parameters. The general mathematical model of the primary results of the elementary signals received by a semi-passive radar antenna is described. The list of moving objects parameters for semi-passive direct measurement method is justified. A special case of semi-passive radar method application is studied. The disadvantages and advantages of a semi-passive method of measuring moving objects parameters are given.

### References

1. Botov M.I., Vyakhirev V.A. *Osnovy teorii radiolokatsionnykh sistem i kompleksov* [Basic theory of radar systems and complexes], Krasnoyarsk: Sib. feder. un-t, 2013, 530 p. (In Russ.)
2. Zyryanov Yu.T., Belousov O.A., Fedyunin P.A. *Osnovy radiotekhnicheskikh sistem : ucheb. posobie* [Basics of radio systems: a tutorial], Tambov: Izd-vo FGBOU VPO “TSTU”, 2011, 144 p. (In Russ.)

3. Perunov Yu.M., Fomichev K.I., Yudin L.M. *Radioelektronnoe podavlenie informatsionnykh kanalov sistem upravleniya oruzhiem* [Jamming information channels weapon control systems], Moscow: Radiotekhnika, 2003, 416 p. (In Russ.)
4. Dobykin V.D., Kupriyanov A.I., Ponomarev V.G., Shustov L.N. *Radioelektronnaya bor'ba. Silovoe porazhenie radioelektronnykh sistem* [Electronic Warfare. Power failure of electronic systems], Moscow: Vuzovskaya kniga, 2007, 468 p. (In Russ.)
5. Pavlov V.I., Mashtak A.A., Zaitsev D.V. Tambovskii voennyi aviatsionnyi inzhenernyi institute, *Sposob polupassivnogo samonavedeniya upravlyaemykh raket klassa "vozdukh-vozdukh" s radiolokatsionnoi golovkoi samonavedeniya* [A method of a semi-homing guided missiles "air-to-air" with radar homing], Russian Federation, 2002, Pat. 2181869. (In Russ.)
6. Skolnik M.I. *Spravochnik po radiolokatsii* [Reference radar], Moscow: Tekhnosfera, 2014, 1352 p. (In Russ.)
7. Bukhalev V.A. *Raspoznavanie, otsenivanie i upravlenie v sistemakh so sluchainoi skachkoobraznoi strukturoi* [Recognition, assessment and management with a random jump structure systems], Moscow: Nauka, 1996, 288 p. (In Russ.)
8. Venttsel' E.S. *Issledovanie operatsii: zadachi, printsipy, metodologiya: ucheb. posobie dlya stud. vtuzov* [Operations research: objectives, principles, methodology: Textbook. allowance for students. Technical Schools], Moscow: Vyssh. shk., 2001, 208 p. (In Russ.)
9. Muromtsev D.Yu., Muromtsev Yu.L. Analysis and Synthesis of Radio Systems on a Set of Functioning States, *Transactions of Tambov State Technical University*, 2008, vol. 14, no. 2, pp. 241-251. (In Russ., abstract in Eng.)
10. Muromtsev Yu.L., Muromtsev D.Yu., Orlov V.V. [Practical stability of optimal control systems], *Transactions of Tambov State Technical University*, 2000, vol. 6, no. 3, pp. 387-392. (In Russ.)
11. Kulikov E.I., Trifonov A.P. *Otsenka parametrov signalov na fone pomekh* [Estimation of parameters of signals in noise], Moscow: Sov. Radio, 1978, 296 p. (In Russ.)
12. Pavlov V.I. [Early detection of changes in the properties of random processes with accompanying signs], *Radiotekhnika* [Radioengineering], 2009, no. 2, pp. 10-15. (In Russ.)
13. Chernyak V.S. *Mnogopozitsionnaya radiolokatsiya* [The multi-radar], Moscow: Radio i svyaz', 1993, 416 p. (In Russ.)
14. Tikhonov V.I. *Optimal'nyi priem signalov* [The optimal signal reception], Moscow: Radio i svyaz', 1983, 320 p. (In Russ.)
15. Kazakov I.E., Gladkov D.I., Kriksunov L.Z., Kharitonov A.P. *Sistemy upravleniya i dinamika navedeniya raket* [Management systems and the dynamics of the missile guidance], Moscow: VVIA im. prof. N. E. Zhukovskogo, 1973, 498 p. (In Russ.)

### **Distanzmessung der Parameter der beweglichen Objekte von der halb passiven Weise**

**Zusammenfassung:** Es ist die neue halbpassive Weise der Messung der Parameter der beweglichen Objekte angeboten. Es ist die Hauptidee der Weise dargelegt, es ist die Möglichkeit ihrer Realisierung auf dem modernen Niveau der Entwicklung der Technik angeführt. Es sind die potentiellen Möglichkeiten der angebotenen Weise bei der Messung der Parameter der beweglichen Objekte bestimmt. Es ist das allgemeine mathematische Modell der primären Ergebnisse der Aufnahme der elementaren Signale, die von der Antenne der halbpassiven Radarstation empfangen



werden, angebracht. Es ist das Register der Parameter der beweglichen Objekte, die für die unmittelbaren Messung von der halbpassiven Weise zugänglich sind, rechtfertigt. Es ist der Sonderfall der Anwendung der halbpassiven Weise des Funkmessverfahrens betrachtet. Es sind die Nachteile und die Vorteile der vorschlagenden halbpassiven Weise der Messung der Parameter der beweglichen Objekte angegeben.

---

### **Mesure à distance des paramètres des objets mobiles par un moyen semi-passif**

**Résumé:** Est proposée une nouvelle méthode semi-passive de la mesure des paramètres des objets mobiles. Est décrite l'idée de base du moyen; est montrée la possibilité de sa mise en œuvre au niveau actuel du développement de la technique. Sont définies les possibilités potentielles de la méthode proposée lors de la mesure des paramètres des objets mobiles. Est présentée le modèle générale mathématique des résultats primaires de la réception des signaux élémentaires, prises par l'antenne de la station semi-passive de radar. Est justifiée la liste des objets mobiliers disponibles pour la mesure immédiate par un moyen semi-passif. Est examiné le cas particulier de l'application du moyen semi-passif de radar. Sont indiqués les avantages et les inconvénients du moyen proposé de la mesure des paramètres d'objets mobiles.

---

**Авторы:** *Павлов Владимир Иванович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»; *Коломейцев Владимир Николаевич* – аспирант кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»; *Калашиников Сергей Николаевич* – аспирант кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.

**Рецензент:** *Шамкин Валерий Николаевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.

---