

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ
ПОЛУПАССИВНОГО СПОСОБА САМОНАВЕДЕНИЯ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ**
**THE RELEVANCE OF DEVELOPMENT AT THE PRESENT STAGE SEMI-PASSIVE
HOMING METHOD MEANS OF DESTRUCTION**

По представлению чл.-корр. РАРАН С.М. Мужечека

В.И. Павлов

Тамбовский государственный технический университет

V.I. Pavlov

Предложен новый способ полупассивного самонаведения средств поражения. Рассмотрены некоторые особенности сетецентрического применения средств поражения. С учетом характеристик радиолокационной заметности летательных аппаратов в общем виде оценены риски стелс-объектов в контексте предлагаемого способа. Указаны основные функции зондирующих сигналов, способствующие реализации предлагаемого способа, и требования к ним. Приведены направления развития предлагаемого способа.

Ключевые слова: полупассивное самонаведение, стелс-объект, область применения, радиоэлектронная борьба.

A new method of semi-passive homing of weapons of destruction is proposed. Some features of the network-centric use of means of destruction are considered. Taking into account the characteristics of radar visibility of aircraft in general, the risks of stealth objects in the context of the proposed method are assessed. The main functions of probing signals contributing to the implementation of the proposed method and the requirements for them are indicated. The directions of development of the proposed method are given.

Keywords: a semi-passive self-homing, stealth object, range of application, electronic warfare.

В настоящее время наблюдается тенденция к увеличению количества образцов техники пятого поколения, поступающего на вооружение в технически развитых странах. Интенсивно ведутся научно-технические разработки военных образцов следующего, шестого поколения, обладающих в дополнение к низкой заметности в электромагнитном диапазоне повышенной живучестью в условиях конфликта [1]. Повышенную живучесть летательных аппаратов (ЛА) при их обнаружении радиолокационной станцией (РЛС) противника планируется обеспечивать за счет высокой маневренности ЛА, огневого поражения приближаю-

щихся к ЛА средств поражения (СП), помехового противодействия системам наведения СП. Также планируется повышение эффективности ЛА, в том числе беспилотных (БПЛА), путем их группового применения в рамках сетецентрического взаимодействия с использованием искусственного интеллекта [2]. В связи с тем, что основное направление повышения живучести ЛА ориентировано на совершенствование средств РЭБ, в том числе индивидуальной защиты в составе бортовых комплексов обороны (БКО) [3], целесообразным противодействием, понижающим угрозы со стороны данных объектов, может являться при-

менение СП, самонаводящихся полупассивным способом [4].

Целесообразность способа полупассивного самонаведения (ППС) СП обусловлена рядом обстоятельств, имеющих существенное практическое и важное тактическое значение. Для практической реализации способа ППС СП на базе современных отечественных образцов ракетного вооружения требуется только доработка соответствующего программного обеспечения радиоэлектронной системы управления носителя и, соответственно, системы управления СП. Конструктивно подсистемы системы управления СП, часто называемые головкой самонаведения (ГСН), выполняются по схеме пассивной ГСН, которая значительно проще по конструкции и меньше по массо-габаритным характеристикам по сравнению с полуактивным и активным аналогами. В тактическом плане дальность применения СП с ППС существенно превышает дальность полуактивного самонаведения, что позволяет реализовать принцип «первый пустил» [5]. Также весьма важной тактико-технической особенностью предлагаемого способа ППС является отсутствие зависимости дальности применения СП от эффективной площади рассеяния цели (ЭПР). Анализ применимости и реализуемости способа ППС СП на примере дуэльной ситуации приведен в публикациях [6, 7].

В данной статье рассматриваются некоторые особенности сетцентрического варианта применения СП, обусловленные сущностью способа ППС — использованием в полупассивной головке самонаведения (ППГСН), излучений помеховых станций БКО цели. Идея ППС является техническим аналогом широко распространенного в живой природе принципа, в соответствии с которым объектом предпринимаются действия, направленные на возникновение благоприятной для объекта реакции. В случае ППС наряду с повышением дальности информационного контакта между источником провоцирующего зондирующего сигнала (ПЗС) и станциями радиотехнической разведки БКО цели благоприятной реакцией для ППГСН СП является излучение ответных помех в соответствии с законами и правилами РЭБ. При этом алгоритмы пространственно-временной обработки в приемнике ППГСН наряду с приемами помехоустойчивости, ориентируются на слежение за сигналами

помеховых станций БКО цели. Таким образом, цель в радиолокационном отношении рассматривается не только как объект с определенной площадью рассеяния, но и как объект, стремящийся к самосохранению при выполнении задач по предназначению. Также учитывается то, что основным приемом самосохранения при наличии угрозы применения оружия является помеховое противодействие системам наведения СП. То есть помеховая станция индивидуальной защиты рассматривается в качестве источника информации о местоположении цели. Стремление к самосохранению объектов пятого и шестого поколений реализуется разработчиками путем внедрения в их подсистемы управления искусственного интеллекта, за счет совершенствования станций постановки помех и радиотехнической разведки БКО, разработки новых приемов РЭБ.

Возможны различные варианты группового применения объектов пятого поколения — стелс-объектов как по их количественному, так и «качественному» составу, включающие пилотируемые и беспилотные ЛА, ЛА и БПЛА обеспечения — разведывательные, разведывательно-ударные, выполняющие функции РЭБ. Также возможны различные тактические варианты группового применения объектов пятого поколения. В контексте же предлагаемого способа ППС целесообразно оценить возможность информационного контакта ППГСН СП со станцией постановки помех БКО конкретного стелс-объекта из состава группы, способность ППГСН к слежению за выбранным стелс-объектом, точность применения СП по маневрирующему стелс-объекту. Данные теоретической оценки приведены в [5–7]. Также целесообразно оценить риски стелс-объекта и возможные варианты противодействия самонаводящемуся полупассивным способом СП со стороны как одиночного стелс-объекта, так и в составе группы.

Оценка рисков стелс-объекта. Действия при реализации ППС СП заключаются в обнаружении цели, в том числе с использованием РЛС L -диапазона воздушного или наземного базирования, определении координат цели, облучении цели зондирующими сигналами РЛС X -диапазона, то есть ПЗС. Учитывая малую эффективную площадь рассеяния стелс-объекта в направлении источника ПЗС, обнаружение отраженного от цели сигнала, именно в месте расположения

источника ПЗС, может осуществляться, как правило, на малых дальностях. Однако рассеиваемая (отражаемая) электромагнитная энергия в других направлениях обладает значительно большей мощностью, что наглядно в виде физических зависимостей и соответствующих диаграмм показано в монографии [8]. Поэтому при определении рисков для стелс-объекта разработчикам необходимо учитывать возможность применения СП с различных направлений с использованием бистатических РЛС. Кроме того, при облучении стелс-объекта под ракурсами, отличными от $0/4$ и $4/4$, эффективная площадь рассеяния существенно возрастает в направлении источника ПЗС [9].

При оценке риска в БКО цели алгоритмы анализа окружающей обстановки путем обработки входных сигналов станций радиотехнической разведки выделяют и ранжируют окружающие объекты по степени опасности, учитывая: тип объекта, его дальность, скорость и направление движения; режимы работы информационных систем объекта; применение объектом средств поражения и др. Так, наиболее опасным традиционно считается режим функционирования радиолокационных средств объектов, соответствующий применению СП, т.е. режим сопровождения цели. Исходя из этого, основные функции ПЗС — это провоцирование помеховых станций БКО цели на излучение ответных помех; стимулирование излучения помех с желаемыми характеристиками; обеспечение пригодности в том числе для реализации полуактивного способа самонаведения ракеты. Успешным провоцирование будет в том случае, когда в информационной системе БКО цели ПЗС будет воспринят в качестве опасного. Стимулирование излучения помех с желаемыми характеристиками целесообразно для повышения селективных возможностей алгоритмов пространственно-временной обработки сигналов в ППГСН СП.

Для выполнения указанных функций к ПЗС, а также средствам его реализации предъявляются следующие требования: ПЗС должен имитировать один из возможных режимов сопровождения цели, например «непрерывный» или «на проходе»; источник ПЗС должен обладать способностью к излучению сигналов с различными частотно-временными параметрами; источником ПЗС может быть не только РЛС носителя

СП; ПЗС может быть режимом сопровождения цели или только его имитировать; источник ПЗС должен иметь соответствующие средства телекоммуникаций для сетевидного взаимодействия; направление излучения ПЗС может согласовываться с РЛС обнаружения более длинноволнового сантиметрового или дециметрового диапазонов; ПЗС формируется исходя из технических характеристик ППГСН СП, а также соответствующих алгоритмов пространственно-временной обработки входных сигналов [10]. Данные требования непротиворечивы и могут быть выполнены на базе современной отечественной авиационной техники.

Реализация второй функции ПЗС — стимулирование излучения помех с желаемыми характеристиками — связана с повышением информативных возможностей ППГСН СП. При реализации ППС принципиально возможно непосредственное измерение только угломерной информации — углового положения источника помех, принятого в качестве цели, и угловой скорости линии визирования источника помех. При сочетании угломерной информации с априорной информацией о дальности до цели, скорости сближения с целью, вводимой в ППГСН при пуске СП или передаваемой/оцениваемой в процессе полета, становится возможной реализация, например, метода пропорционального наведения (навигации) [7]. В то же время помеховое противодействие может представлять собой комплекс маскирующих и имитирующих помех, в частности уводящих по дальности и/или скорости, формируемых в соответствии с законами и правилами РЭБ. При соответствующей обработке данные помехи могут быть использованы в качестве дополнительного косвенного информационного источника, а также для селекции сигналов в случае сложной сигнально-помеховой обстановки. В зависимости от объема и характера априорной информации о возможном ответном помеховом противодействии в ППГСН СП могут быть одновременно реализованы различные алгоритмы обработки, причем выбор конкретного алгоритма в текущий момент времени может быть осуществлен методами теории систем со случайной структурой [11].

Реализация третьей основной функции ПЗС не требует каких-либо технических нововведений, так как она связана с широко применяемым

полуактивным способом самонаведения СП. В концепции ППС логичным является переход на полуактивный способ самонаведения при наличии в ППГСН сигнала, отраженного от обшивки корпуса цели. Актуальность ППС с возможностью взаимного перехода на полуактивный способ самонаведения СП возрастает по мере увеличения количества объектов, выполняемых с применением технологии малой заметности Stealth, и развития данной технологии.

Отказ от помехового противодействия со стороны БКО в случае сопровождения РЛС управления оружием явно не способствует повышению защищенности цели из-за неопределенности типа системы самонаведения, возможно применяемого в текущий момент времени СП. При сетевом применении СП высока вероятность их подлета к цели с различных направлений. Данное обстоятельство обуславливает необходимость излучения помех не только в направлении источника ПЗС, но и в широком секторе возможных атак. Детальное исследование целесообразности и возможности отказа от помехового противодействия при автоматическом режиме функционирования БКО цели должно проводиться методами теории исследования операций для типовых тактических ситуаций применения СП, наводимых по способу ППС, и является предметом дальнейшего анализа.

Возможное противодействие СП, самонаводящемуся полупассивным способом. Ракурс СП при подлете к цели на относительно малое расстояние практически близок к 0/4, а эффективная площадь рассеяния СП в направлении цели при этом является весьма малой, что существенно затрудняет его своевременное обнаружение. Данные обстоятельства обуславливают необходимость сочетания помехового противодействия со стороны БКО с интенсивным маневрированием для снижения рисков поражения цели при ее облучении в режиме сопровождения. Для случая, когда источник помех входит в состав БКО, в [7] описаны особенности, а также теоретически показана приемлемая для практики точность самонаведения СП с ППГСН на интенсивно маневрирующую цель. С учетом современного состояния теории и практики средств РЭБ индивидуальной защиты это означает, что эффективным противодействием СП с ППГСН можно считать смещение точки прицеливания (центра

ЭПР) за пределы контура цели, например путем применения буксируемых источников помех. Также определенной эффективностью могут обладать групповые методы применения средств РЭБ, в частности многоточечные мерцающие помехи [12]. Применение как индивидуальных, так и групповых приемов постановки организованных помех выводит применяющие их цели из категории стелс-объектов, что в свою очередь актуализирует дальнейшее совершенствование «традиционных» алгоритмов обработки информации в ГСН и способов самонаведения СП в условиях действия организованных помех.

Направления разработки способа ППС СП. Упрощенный вариант реализации способа ППС СП с ППГСН, выполненной по схеме пассивной ГСН, в настоящее время возможен на базе отечественных ЛА при соосном излучении зондирующих сигналов бортовых РЛС L и X диапазонов. В упрощенном варианте наведение СП будет осуществляться на источник помех, который конструктивно может быть и не совмещен с целью. Для предотвращения этого целесообразна разработка специализированной ППГСН, способной осуществлять селективный выбор источника помех, в наибольшей степени принадлежащий БКО цели. Кроме того, разрабатываемая ППГСН должна обладать способностью к переходу в полуактивный режим, иметь канал связи с источником ПЗС (не обязательно), а также алгоритмическое обеспечение с элементами искусственного интеллекта. Также целесообразна разработка широкого спектра тактических приемов сетевого применения СП, самонаводящихся полупассивным способом. При разработке следует учитывать способность источника ПЗС реализовывать игровой подход при «взаимодействии» с БКО цели путем варьирования режимами сопровождения и параметрами зондирующих сигналов. Данные действия могут быть направлены в том числе на формирование ответной реакции со стороны помеховых станций БКО, которая может быть формализована в виде априорной информации, формируемой в соответствии с законами и правилами РЭБ, а также тактическими приемами и техническими возможностями современных стелс-объектов.

Вариант структурной схемы специализированной ППГСН, блока распознавания сигнально-помеховых ситуаций и алгоритма обработки

информации, обладающих в определенной степени вышеуказанными характеристиками, приведен в [13]. Очевидно, что ППГСН и ее подсистемы могут иметь различные варианты исполнения. Так, в структурную схему ППГСН может быть дополнительно включен блок, реализующий защищенный канал связи СП с источником ПЗС. Защищенность канала связи предлагается обеспечивать путем так называемого динамического шифрования передаваемых сообщений [14]. Применение динамического шифрования способствует надежному функционированию канала связи без переполнения при действии наиболее опасных ретранслированных помех. В блоке распознавания сигнально-помеховых ситуаций помимо измерений с выхода угломерного канала ППГСН существенное значение имеет априорная информация как о спектрально-временных характеристиках сигналов и помех, так и об интенсивности изменения сигнальной обстановки. В случае выявления существенного расхождения между фактической и априорной информацией возможна оперативная коррекция веса априорной информации за счет применения индикаторов сопутствующих признаков сигналов и помех [15]. В алгоритме распознавания сигнально-помеховых ситуаций, разработанном на основании байесовского подхода в соответствии с методами теории систем со случайной структурой [11, 16], для осуществления слежения за сигналами, которые с высокой вероятностью принадлежат помеховым станциям БКО цели, необходимо использовать индикаторы сопутствующих признаков (спектральных и траекторных) сигналов и организованных помех. При разработке тактических приемов сетецентрического применения целесообразно использовать, предлагаемый и достаточно подробно описанный в монографии [17], игровой подход к наведению СП на маневрирующую цель. В данной монографии приведены многочисленные содержательные примеры применения игрового управления различными подсистемами БПЛА, которые могут быть успешно применены в ППГСН. Таким образом, перечислены отдельные из большого количества возможных и целесообразных направлений разработки способа ППС СП.

В качестве заключения. Перевод идеи ППС в состояние концепции возможен за счет компиляции методов, разработанных российскими

учеными, в частности, в области РЭБ — [18, 19], сетецентрического применения СП — [20, 21], систем управления СП — [22, 23], игрового управления системами со случайной структурой — [17] и дальнейшего их развития. Практическая модернизация существующих образцов ЛА истребительной авиации, позволяющая применять СП с ППГСН, фактически заключается в их дооборудовании бортовой РЛС *L*-диапазона. Минимальный эффект практического применения предлагаемого способа ППС — возможность «взаимодействия» с объектами 5-го поколения на весьма больших расстояниях без учета их малой площади рассеяния в *X*-диапазоне именно для СП, максимальный эффект на данном этапе не определен и есть ли он? Одна из задач способа ППС — снижение преимуществ малой заметности целей при применении ракетного вооружения и перевод конфликта в предметную область РЭБ, в которой СП совместно с источником ПЗС выступают в качестве активных игроков. Учитывая не до конца раскрытый потенциал нового способа ППС СП, целесообразен дальнейший его анализ в направлении практической реализации.

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

Литература

1. Истребитель шестого поколения США // Оружие США / Текст электронный. URL: <https://state-usa.ru/weapon/296-istrebitel-shestogo-pokoleniya-ssha>
2. Макаренко С.И., Иванов М.С. Сетецентрическая война — принципы, технологии, примеры и перспективы. Монография. — СПб.: Научное издание технологий, 2018. 898 с.
3. Михайлов Р.Л. Радиоэлектронная борьба в вооруженных силах США: военно-теоретический труд. — СПб.: Научное издание технологий, 2018. 131 с.
4. Маштак А.А., Зайцев Д.В. и др. Способ полупассивного самонаведения управляемых ракет класса «воздух–воздух» с радиолокационной головкой самонаведения // Патент РФ № 2181869, опубл. 27.04.2002. Бюл. № 12. 3 с.
5. Энергетические соотношения при действии активных помех на радиолокационные информационные системы подвижных объектов /

С.В. Артемова, Т.Ю. Дорохова, В.В. Аксенов и др. // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. 2020. Т. 26. № 2. С. 211–219. DOI: 10.17277/vestnik.2020.02.

6. Павлов В.И. Анализ применимости полупассивного способа самонаведения средств поражения // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2020. № 2 (112). С. 89–95.

7. Павлов В.И. Анализ реализуемости полупассивного способа самонаведения средств поражения // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2021. № 2 (117). С. 117–124.

8. Вождаев В.В., Теперин Л.Л. Характеристики радиолокационной заметности летательных аппаратов. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2018. 376 с.

9. Лагарьков А.Н. и др. Актуальные задачи стелс-технологий // Институт теоретической и прикладной электродинамики РАН / Текст электронный. URL: [http://www.itae.ru/science/topics/%E2%84%964%20\(%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%81\).pdf](http://www.itae.ru/science/topics/%E2%84%964%20(%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%81).pdf)

10. Павлов В.И. Обоснование требований к провоцирующему зондирующему сигналу при реализации полупассивного способа самонаведения подвижного объекта // Известия вузов. Авиационная техника. 2017. № 3. С. 52–58.

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

12. Перунов Ю.М. Радиоэлектронная борьба в информационных каналах: монография / Ю.М. Перунов, А.И. Куприянов. — Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. 452 с. Текст электронный. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1832016>

13. Алгоритм обработки информации в полупассивной системе самонаведения подвижного объекта / В.И. Павлов, С.В. Артемова, Т.Ю. Дорохова, В.В. Аксенов и др. // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. 2021. Т. 27. № 2. С. 185–194.

14. Павлов В.И. Повышение помехозащищенности системы управления и связи многопозиционной РЛС / В.И. Павлов, А.В. Струков //

Информационно-измерительные и управляющие системы. 2005. Т. 3. № 3. С. 22–25.

15. Muzhichuk S.M., Sebryakov G.G., Tolstykh S.V., Kenzhekhanova M.B. et al. Bayesian recognition of a moving object information-measuring system state: a priori information weight correction // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering Workshop on Materials and Engineering in Aeronautics (MEA 2020). DOI:10.1088/1757-899X/1027/1/012021.

16. Казаков И.Е., Артемьев В.М. Оптимизация динамических систем случайной структуры. — М.: Наука, 1980. 384 с.

17. Бухалев В.А., Скрынников А.А., Болдинов В.А. Игровое управление системами со случайной скачкообразной структурой. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2021. 176 с.

18. Куприянов А.И., Сахаров А.В. Радиоэлектронные системы в информационном конфликте. — М.: Вузовская книга, 2003. 528 с.

19. Мельников Ю.П., Попов С.В. Радиотехническая разведка. Методы оценки эффективности местоопределения источников излучения. — М.: Радиотехника, 2008. 432 с.

20. Верба В.С., Поливанов С.С. Организация информационного обмена в сетевых боевых операциях // Радиотехника. 2009. № 8. С. 57–62.

21. Халимов Н.Р., Мефедов А.В. Распределенная сетевая система управления группой ударных беспилотных летательных аппаратов // Системы управления, связи и безопасности. 2019. № 3. С. 1–13. DOI: 10.24411/2410-9916-2019-10301.

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

23. Верба В.С., Меркулов В.И., Чернов В.С. Особенности построения многопозиционных систем радиоуправления воздушного базирования при скрытном наведении летательных аппаратов // Радиотехника. 2019. Т. 83. № 5-1. С. 62–71. DOI: 10.18127/j00338486-201905(1)-08.