

УДК 621.375.132

В. М. Зуев, М. В. Близно, С. И. Уланов, В. В. Гавриленко  
Государственное учреждение «Институт проблем искусственного интеллекта», г. Донецк  
83048, г. Донецк, ул. Артема, 118-б

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕЛЕНГАЦИИ СО СВЕРХРАЗРЕШЕНИЕМ В САМОНАВОДЯЩИХСЯ СИСТЕМАХ

V. M. Zuev, M. V. Blizno, S. I. Ulanov, V. V. Gavrilenko  
Public institution «Institute of Problems of Artificial Intelligence», Donetsk  
83048, Donetsk, Artema st., 118-b

## INTELLECTUAL APPROACH OF USING DETERMINATION WITH SUPER-RESOLUTION IN HOMING SYSTEMS

В. М. Зуєв, М. В. Блізно, С. І. Уланов, В. В. Гавріленко  
Державна установа «Інститут проблем штучного інтелекту», м. Донецьк  
83048, м. Донецьк, вул. Артема, буд. 118-б

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНИЙ ПІДХІД ВИКОРИСТАННЯ ПЕЛЕНГАЦІЇ ІЗ НАДВИРІШЕННЯМ У САМОНАВІДНИХ СИСТЕМАХ

В статье рассматривается проблема противодействия средствам создания преднамеренных помех радиосвязи и радиоуправлению. Авторами работы предлагается способ решения проблемы, состоящий в разрушении источника радиоизлучения, который создает помехи. Теоретически обоснована возможность практической реализации такого устройства.

**Ключевые слова:** источник радиоизлучения, помехи.

The article deals with the problem of countering the means of creating deliberate interference with radio communications and radio control. The authors propose a way to solve the problem, consisting in the destruction of the source of radio emission, which creates interference. The possibility of practical implementation of such a device is theoretically justified.

**Keywords:** source of radio emission, interference.

У статті розглядається проблема протидії засобам створення навмисних перешкод радіозв'язку та радіоуправління. Авторами роботи пропонується спосіб вирішення проблеми, що складається в руйнуванні джерела радіовипромінювання, яке створює перешкоди. Теоретично обґрунтовано можливість практичної реалізації такого пристрою.

**Ключові слова:** джерело радіовипромінювання, перешкоди.

Проблема возникает тогда, когда создаются преднамеренные помехи радиосвязи и радиоуправлению.

Авторами настоящей работы предлагается подход, состоящий в разрушении источника радиоизлучения, который создает помехи.

В настоящее время используются не просто передатчики помех, а целые комплексы, совмещенные с аппаратурой радиообнаружения, радиоразведки, пеленгования, определения координат, анализа целей и подбора оптимальной помехи для выбранной цели. Примеры таких комплексов достаточно известны [2], [6]. Они состоят из станции радиоразведки и нескольких управляемых ею станций помех, каждая в своем частотном диапазоне. Все известные комплексы, например, перечисленные в [2], разработанные в 60 – 80 годы прошлого столетия, выпускались с защитой от самонаводящихся по радиоизлучению снарядов. Например, одним из способов защиты было когерентное излучение пары передатчиков, не позволявшее пеленгатору найти фазовый центр излучения и не позволявшее работать угломерному или разностно-дальномерному измерителю положения источника. В те годы параметры самих головок самонаведения имели низкую точность, так как бортовые пеленгаторы имели среднеквадратичную угловую ошибку более 5 – 15 градусов. Поэтому в новых (после 2000 года) реализациях этих комплексов никакой защиты не было предусмотрено. Однако с тех пор появились новые алгоритмы пеленгования со сверхразрешением [15]. Ниже покажем, что их точности вполне достаточно для наведения снаряда на источник по его радиоизлучению.

Известны несколько способов разрушить такой комплекс, например [3], [6], но они отличаются громоздкостью решений и стоимостью, сопоставимой со стоимостью станции помех. Хороши способы [7], [8], и особенно [1]. Но они эффективны при излучениях передатчика только в сантиметровом (и более коротком) диапазоне волн из-за невозможности требуемой для их реализации громоздкой антенной системы.

Идея состоит в том, что зная, как в этом комплексе радиопротиводействия осуществляется выбор цели для подавления, можно создать ложную цель, на которую с большой вероятностью будет положительная реакция станции радиопомех, причем такую цель, пеленгование которой будет простым. Далее, если комплекс помех отреагировал на ложную цель, то вторым шагом разрушить эту станцию помех комплекса с помощью снаряда, самонаводящегося на излучение станции радиопомех.

Ниже покажем, каким образом осуществить комплексное решение этой проблемы. Это решение разложим на несколько этапов.

На первом этапе проанализируем поведение комплекса помех с целью выяснения задачи, поставленной этому комплексу помех. В реальной обстановке эта задача будет решаться программно-аппаратным средством на основе нейросети. Здесь же покажем, что эта задача имеет конкретное решение.

На втором этапе, на основе предыдущего анализа, настроим ложную цель, имитирующую средство связи, для комплекса радиопомех. Ложная цель должна быть такая, которую комплекс радиопомех будет классифицировать как особо приоритетную. Важно, что технически ограниченными ресурсами можно имитировать почти все приоритетные цели комплекса радиопомех.

На третьем этапе проведем настройку головки самонаведения снаряда, состоящей из приемника, пеленгатора и блока команд управления рулями. Здесь дешевое и простое аппаратное решение видится в том, что достаточно иметь простой радиоприемный тракт, так как параметры принимаемого радиосигнала известны нам из данных на втором этапе.

На четвертом этапе покажем, что точности, даваемой пеленгатором снаряда, будет достаточно для поражения цели.

Таким образом, в статье опровергается мнение многих разработчиков систем радиопротиводействия, заключающееся в том, что защита станций помех от самонаводящегося по источнику радиоизлучения снарядов является излишней. Ситуация как раз противоположная. Незначительная доработка снаряда от комплекса БМ21, даже если и увеличит его стоимость десятикратно, то все равно будет ничтожной в сравнении со стоимостью станции помех в несколько миллионов долларов.

**1. Анализ поведения комплекса помех.** Разведка цели ведется следующим образом. В результате сканирования диапазона (неважно: последовательного, параллельного или комбинированного) энергетически обнаруженные новые сигналы поступают на дисплей оператора (или нескольких операторов). Старые сигналы не важны, так как для простоты можем считать, что они находятся в обработке. Поток новых сигналов составляет обычно 10 – 100 экземпляров в секунду, а часто и более. Реакции оператора недостаточно, чтобы разобраться в таком потоке и выбрать цель. Но есть исключение: параметры некоторых целей могут быть заранее сообщены третьими лицами и тогда они становятся приоритетными. Это можно назвать принудительным целеуказанием.

Отсюда вывод: если какая-то радиостанция все время находится под воздействием помехи, надо создать ложную цель, похожую на эту радиостанцию или использовать эту же радиостанцию как ложную цель со всеми ее параметрами: частота, вид передач и т.п.

Если список принудительного целеуказания исчерпан, то лучшим способом является автоматическое целеуказание. Оно может в своей основе иметь примитивное выделение сигналов с некоторыми конкретными видами модуляции, а может основываться на выделении сетей связи и/или узлов связи.

Следующий вывод: надо обращать внимание на вид модуляции средств связи, которые подвержены помехам от постановщика помех, и создавать ложную цель именно с таким видом модуляции, противодействие которой наиболее часто.

Следующим фактором по приоритету обычно являются сети связи (симплексные и дуплексные), которые определяются путем анализа временной последовательности включений («водопад»). Такой анализ может быть автоматическим.

Следующий вывод: если какая-то сеть средств связи подвержена помехам от постановщика помех, то надо создать ложный элемент такой сети или просто использовать всю эту сеть как ложную цель.

Далее, следующим фактором по приоритету обычно являются узлы связи. Они определяются по группированию средств связи в каком-то локальном месте. Местонахождение средства связи определяется либо после триангуляционных вычислений пеленгов (старый комплекс), либо разностно-дальномерным способом (новый комплекс).

Следующий вывод: если на каком-то небольшом участке местности средство связи подвержено помехам от постановщика помех, то надо полагать, что оно классифицируется как узел связи. Значит нужно создать цель в этом районе в качестве ложной. При этом следует учесть тот факт, что воздействию помехи могут подвергаться не только средства связи, расположенные в узле, но и сопряженные с ним удаленные средства.

**Цель работы.** Основываясь на этих пяти выводах, можно создать программно-аппаратное устройство, на вход которого поступали бы данные о средствах связи, подверженных воздействию постановщика помех, а на выходе – об оптимальной ложной цели. Такое устройство может быть выполнено на базе нейросети.

Покажем, что решение этой задачи возможно. Для наблюдателя неизвестна поставленная задача для комплекса помех, но могут быть получены статистические данные о работе этого комплекса. Из этих статистических данных можно получить вероятностное распределение по частотам  $W(f)$  по видам модуляции  $W(m)$  по координатам  $W(\vec{r})$  собственных средств связи, подверженных воздействию помех.

В общем случае это некоторое многомерное распределение  $W(f, m, \vec{r})$ . Вполне вероятно это распределение может иметь многомодовый характер. Очевидно, что

$$\iiint_{\Omega} W(f, m, \vec{r}) df dm d\vec{r} = 1.$$

Здесь  $\Omega = f \times m \times \vec{r}$  – обобщенное пространство событий. В таком пространстве существует интеграл,

$$\Theta(f, m, r) = \iiint_{\Omega} fm\vec{r}W(f, m, \vec{r}) df dm d\vec{r},$$

который может быть указателем для нахождения оптимальных параметров ложной цели. На практике часто оказывается, что функция  $W(f, m, \vec{r})$  имеет несколько локальных максимумов. Значение предсказания можно улучшить, если это распределение разбить на несколько  $\sigma$ -окрестностей с центром, равным локальному максимуму, и с радиусом, равным дисперсии около этого локального максимума.

Эффективность комплекса помех можно оценить, введя вероятность  $P$  правильного подавления с позиций этого комплекса. Тогда вероятность создания ложной цели для такого комплекса помех равна

$$P_M = P \iiint_{\Omega_M} W(f, m, \vec{r}) df dm d\vec{r},$$

где  $\Omega_M$  – есть  $\sigma$ -окрестность с центром, равным локальному максимуму, и с радиусом, равным дисперсии около этого локального максимума. Отсюда видно, что вероятность создания ложной цели тем больше, чем лучше работает комплекс радиопомех.

Отсюда виден и способ защиты для такого комплекса от самонаводящихся снарядов. Он должен стараться хаотически менять цели для подавления, но такой алгоритм работы будет снижать его эффективность.

**2. Настройка параметров ложной цели.** Принципиально в создании ложной цели нет ничего сложного. Это может быть просто экземпляр радиоэлектронного средства, против которого осуществляется противодействие. Но радиоизлучение станции помех должно приниматься пеленгатором головки самонаведения снаряда. Так как копировать в этом устройстве полнофункциональный разведывательный приемник-пеленгатор не рационально, необходимо разработать простое модульное устройство с ограниченным списком частот и видов модуляции. При применении предполагаем, что анализ работы комплекса помех уже произведен, и теперь достаточно установить в снаряд предварительно настроенный модуль.

**3. Настройка головки самонаведения снаряда.** Головка самонаведения состоит из приемника, пеленгатора и блока формирования угла на цель относительно корпуса снаряда, а также формирования сигнала производной по времени от этого угла.

Наибольшую сложность представляет собой реализация достаточной точности пеленгования, которая ограничена отношением размера антенны к длине волны,

излучаемой целью. Длина антенны не может быть больше длины снаряда, размер которого примем  $D = 1,5$  м. Таким образом, при длине волны около 1,5 м будем иметь ширину диаграммы направленности около 1 радиана, что очень много. Помочь решению проблемы может тот факт, что параметры модулирующего сигнала хорошо известны от производителя модуляторов станции помех. Декодировав параметры модуляции на этапе анализа целей, можно достаточно точно выяснить, по какому алгоритму создается помеха, так как часто известна даже принципиальная схема конкретного модулятора в станции помех. Используя этот факт, можно применить пеленгатор с синтезированной апертурой и адаптивным пеленгованием на основе методов сверхразрешения. Так как источник помех находится на расстоянии порядка 5 км, а время подлета к цели составляет около 5 – 7 с, то времени для синтеза апертуры будет вполне достаточно.



Рисунок 1 – Структурная схема управления

Структурная схема управления показана на рис. 1. Сигналы с антенной системы поступают на пассивную головку самонаведения, с которой в свою очередь поступают на инерциальную навигационную систему, которая дает данные для автопилота, управляющего аэродинамическими рулями.

Конфигурация антенной системы показана на рис. 2. Расположенные в два круга антенны A1-A4 и A5-A8 создают по 4 квадранта относительно оси снаряда, сфазированные вперед. Антенна A9, расположенная по курсу, участвует в синтезе апертуры. Диаметр кругов соответствует калибру снаряда. Чтобы повысить точность пеленгования, используем алгоритм Кейпона [15], [16], как самый простой. Далее он использовался при моделировании. В принципе при недостатке точности можно применять более сложные методы [17-21], но они требуют большего объема вычислений.

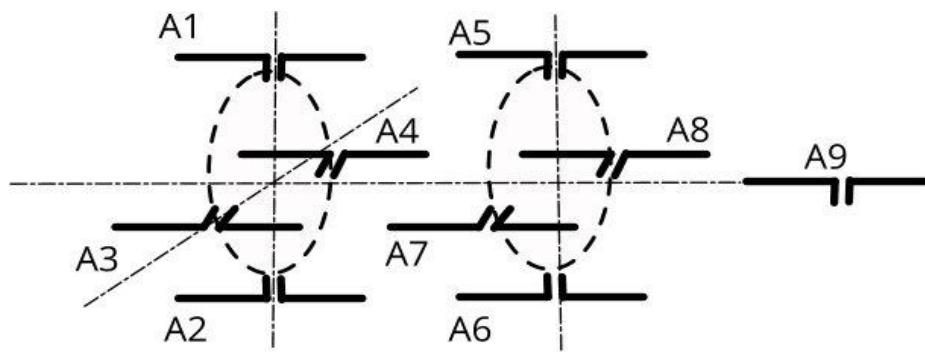


Рисунок 2 – Антенная система

Блок-схема пассивной головки самонаведения показана на рис. 3. Сигналы с антенн A1-A9 поступают на преселектор и усилитель высокой частоты (блок 2) и смесители 3. На второй вход смесителей поступает сигнал от общего для всех смесителей гетеродина 1. С выхода смесителей сигналы проходят усилители промежуточной частоты и фильтры 4 и поступает на пеленгатор 5. Собственно в пеленгаторе происходит вычисление углов отклонения между осью снаряда и направления на цель  $\Delta\Theta_x$  и  $\Delta\Theta_y$ . Там же происходит вычисление производных от этих углов. Углы вычисляются относительно положения антенны, то есть относительно инерциальной системы снаряда.

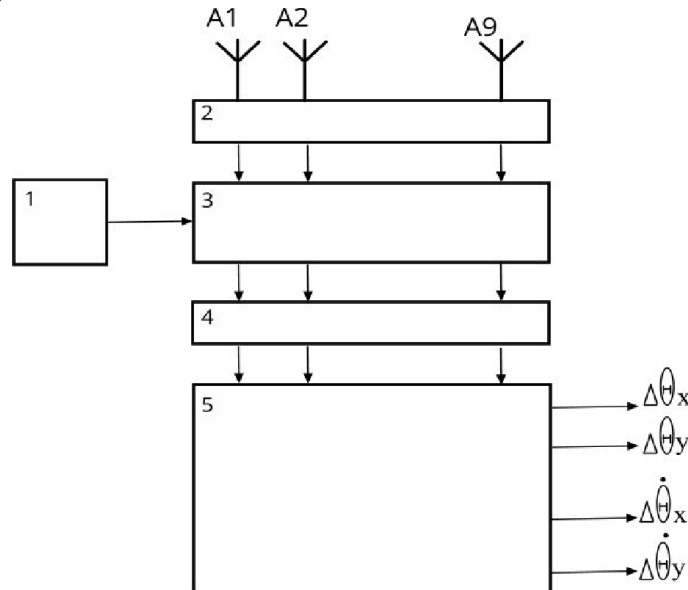


Рисунок 3 – Блок-схема пассивной головки самонаведения

**4. О точности, даваемой пеленгатором.** Наиболее тяжелые условия для определения пеленга будут в низкочастотной части диапазона. Это обусловлено тем, что размеры снаряда большие или сопоставимы с длиной волны. Оценить точность можно на основе [17, с. 31]. Точность напрямую связана с глубиной подавления помех величиной

$$\varepsilon = \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}},$$

где  $\lambda_{\max}$  и  $\lambda_{\min}$  соответственно максимальное и минимальное собственные значения корреляционной матрицы. В первом приближении можно считать возмущающие факторы независимыми и тогда  $\varepsilon$  будет аддитивно складываться из следующих величин:

– из декорреляции за счет конечности полосы  $\Delta\omega$  сигнала:

$$\varepsilon_1 = \left( \frac{\omega_0}{D_N \cdot \Delta\omega} \right)^2.$$

Здесь  $D_N = \frac{D}{\lambda_0}$

– из декорреляции за счет конечной протяженности по угловым координатам  $\Delta\alpha$ :

$$\varepsilon_2 = \left( \frac{1}{D_N \cdot \Delta\alpha} \right)^2.$$

Аналогично [17] можно оценить погрешность за счет конечности разрядности  $N$  АЦП и конечности мантииссы  $L$  при вычислениях. Принимая в расчетах для простоты:  $D = 1_m$   $\lambda_0 = 1_m$   $N = 10$   $L = 15$ , получаем, что относительная ошибка измерения угла составляет менее  $-43$  дБ. Если считать, что расположение цели априорно известно с точностью  $\pm 45$  градусов, то точность целеуказания адаптивного пеленгатора на конечной трети траектории будет около  $0,5 - 0,8$  градусов. Покажем далее, что этой точности достаточно для доставки снаряда не далее  $30$  м от цели.

Перед пуском снаряда в блок связи с носителем вводятся: начальные установки для инерциальной навигационной системы (ИНС) и расчетная траектория полета СНО до рубежа включения самонаведения по пеленгу, данные целеуказания для пеленгаторной головки самонаведения (ПРГС), в том числе радиотехнические параметры цели, сектор поиска цели и рубеж включения ПРГС в режим поиска цели. Расчеты показывают, что мощность принимаемого сигнала от ложной цели получается на два порядка меньше, чем от истинной цели.

После пуска снаряда он осуществляет полет по программной траектории, параметры которой корректируются ИНС.

На рис. 4 приведен рисунок, поясняющий процесс самонаведения. На этом рисунке:

- точка  $O$  – положение снаряда относительно земли;
- $X_c, Y_c$  – координаты снаряда  $C$ ;
- $X_{ц}, Y_{ц}$  – координаты цели  $\Gamma$ ;
- $Ox_1$  – продольная ось снаряда совпадающая с осью антенной системы;
- $r(t)$  – наклонная текущая дальность до цели (линия визирования).

Цифрами обозначены углы:

- 1 – угол  $\varepsilon$  между линией визирования и осью  $Ox_c$ ,
- 2 – угол  $\alpha$  атаки, то есть угол между вектором скорости  $V$  линией и осью  $Ox_1$ ,
- 3 – угол  $\gamma$  между линией визирования и осью  $Ox_1$ ,
- 4 – угол  $\vartheta$  тангажа,
- 5 – угол  $\theta$  наклона скорости снаряда,
- 6 – угол  $q$  между линией визирования и вектором скорости  $V$ .

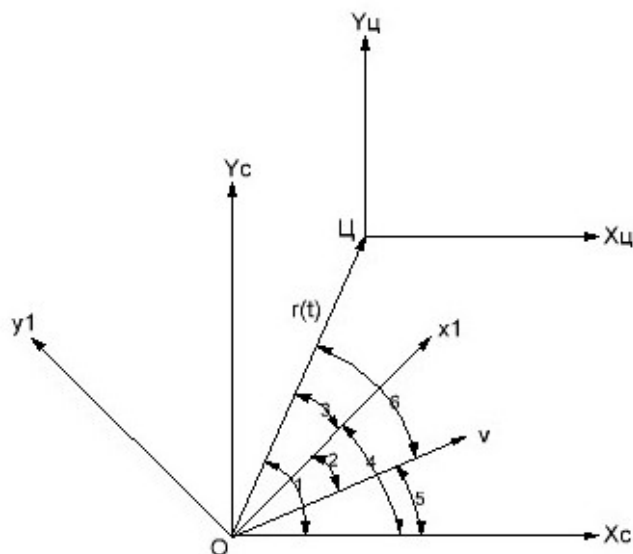


Рисунок 4

Модель, которая описывает динамику полета, представлена следующей системой дифференциальных уравнений [1]:

- скорость изменения угла  $\varepsilon$  между линией визирования и осью  $Ox_c$ ,

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{\sqrt{V_x^2 + V_y^2}}{\sqrt{(x_c - x_u + \xi)^2 + (y_c - y_u)^2}} \sin(\theta - \varepsilon),$$

- скорость изменения угла  $\theta$  наклона скорости снаряда:

$$\frac{d\theta}{dt} K = \frac{\alpha}{T_v}$$

(здесь  $T_v$  – постоянная времени автопилота);

$$\frac{d\xi}{dt} K = \frac{1}{T} (-\xi + B\xi_n).$$

После поступления команды на включение головки сигналоведения сигнал угловой скорости линии визирования снаряд-цель с выхода головки сигналоведения поступает на вход БФКН, в котором формируется команда, соответствующая методу пропорционального наведения снаряда, имеющая вид [4, с. 60]

$$K = N \cdot \dot{\varepsilon},$$

где  $N$  – коэффициент пропорциональности,  $\dot{\varepsilon}$  – угловая скорость линии визирования цели, и эта команда передается в автопилот, где она сравнивается с нормальным ускорением снаряда, измеряемым в автопилоте. По результатам сравнения формируется сигнал рассогласования, в соответствии с которым на выходе автопилота создается сигнал управления, поступающий на рулевую машинку, которая изменяет положение аэродинамических рулей (АР). Перемещение АР приводит к изменению траектории полета снаряда таким образом, что оно переходит на траекторию полета, соответствующую методу пропорционального наведения и такой режим сохраняется до момента встречи снаряда с целью, т.е. до момента подрыва боевой части.

Полученные результаты решения этой системы уравнений в программе MATLAB показали, что среднеквадратичное отклонение от цели составляет не более 30 м на дистанции полета 10 км.

## Выводы

Предложенный способ борьбы с незаконно излучающими передатчиками заключается в применении управляемого реактивного снаряда, самонаводящаяся головка которого оснащена пеленгатором.

Показано, что при выбранном методе пеленгования точность неведения на незаконно функционирующий комплекс помех достаточна для его поражения.

Полученный результат опровергает мнение, что современные комплексы радиопротиводействия не нуждаются в специальной защите от средств с самонаводящимися головками на их излучение.



## Список литературы

1. Патент РФ RU2 506 522C2. Способ поражения наземных станций активных помех бортовым радиолокационным станциям самолетов самонаводящимся по радиоизлучению оружием и система для его осуществления [Текст] / Акиншина Г. Н. и др.
2. Палий А. И. Радиоэлектронная борьба [Текст] / Палий А. И. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Воениздат, 1989.
3. Радиоэлектронная борьба. Силовое поражение радиоэлектронных систем [Текст] / В. Д. Добыкин, А. И. Куприянов, В. Г. Пономарев, Л. Н. Шустов. – М. : Вузовская книга, 2007.
4. Максимов М. В. Радиоуправление ракетами [Текст] / М. В. Максимов, Г. И. Горгонов. – М. : Сов. радио, 1964.
5. Воробьев В. Г. Авиационные приборы, информационно-измерительные системы и комплексы [Текст] / В. Г. Воробьев, В. В. Глухов, И. К. Кадышев. – М. : Транспорт, 1992.
6. Вакин С. А. Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки [Текст] / С. А. Вакин, Л. Н. Шустов. – Москва : Издательство «Советское радио», 1968.
7. Патент РФ RU 2 698 712C1 МПК H04K 3/00. Способ и устройство создания когерентной помехи [Текст] / Борисенко А. Борисович и др.
8. Патент РФ RU 2 516 206C2 МПК F41G 7/00(2006.01). Устройство определения направления и величины скачков пеленга на борту самонаводящегося по радиоизлучению оружия [Текст] / Акиншина Г. Н.
9. Зотов С. А. Методы сверхразрешения в задачах радиопеленгации [Текст] / С. А. Зотов, Е. С. Макаров, Ю. Б. Нечаев.
10. Кейпон Дж. Пространственно-временной спектральный анализ с высоким разрешением [Текст] / Дж. Кейпон // ТИИЭР. – 1969. – № 8.
11. Ратынский М. В. Адаптация и сверхразрешение в антенных решетках [Текст] / М. В. Ратынский. – М. : Радио и связь, 2003. – 200 с.
12. Roy R. ESPRIT – estimation of signal parameters via rotational invariance techniques [Текст] / R. Roy, T. Kailath // IEEE Trans. Acoust., Speech and Signal Process. – 1989. – Vol. 37, № 7.
13. Леховицкий Д. И. Статистический анализ сверхразрешающих методов пеленгации источников шумовых излучений в АР при конечном объеме обучающей выборки [Текст] / Леховицкий Д. И. и др. // Антенны. – 2000. – № 2.
14. Леховицкий Д. И. Разновидности «сверхразрешающих» анализаторов пространственно-временного спектра случайных сигналов на основе обесляющих адаптивных решетчатых фильтров [Текст] / Д. И. Леховицкий, Д. В. Атаманский, И. Г. Кирилов // Антенны. – 1998. – № 2.
15. Добырин В. В. Эффективность применения сверхразрешающих спектральных оценок в бортовых угломерных фазированных антенных решетках [Текст] / В. В. Добырин, А. В. Немов // Радиотехника. – 1999. – № 9.

## References

1. *Patent RF RU2 506 522C2 Akin'shina G.N. i dr. Sposob porazheniya nazemnykh stantsiy aktivnykh pomekh bortovym radiolokatsionnym stantsiyam samonavodyashchimsya po radioizlucheniyu oruzhiyem i sistema dlya yego osushchestvleniya* [RF patent RU2 506 522C2 Akinshina G.N. and etc. A method for hitting ground stations of active interference with airborne radar stations of aircraft homing radio emission weapons and a system for its implementation].
2. Paliy A.I. *Radioelektronnaya bor'ba* [Electronic warfare]. 2nd ed. rev. and add. M., Military Publishing, 1989.
3. Dobykin V.D., Kupriyanov A.I., Ponomarev V.G., Shustov L.N. *Radioelektronnaya bor'ba. Silovoye porazheniye radioelektronnykh sistem* [Electronic warfare. Power damage to electronic systems]. M., University Book, 2007.
4. Maksimov M.V., Gorgonov G.I. *Radioupravleniye raketami* [Radio control missiles]. M., Sov. radio, 1964.
5. Vorob'yev V.G., Glukhov V.V., Kadyshev I.K. *Aviatsionnyye pribory, informatsionno-izmeritel'nyye sistemy i komplekсы* [Aviation devices, information-measuring systems and complexes]. M., Transport, 1992.

6. Vakin S.A., Shustov L.N. *Osnovy radioprotivodeystviya i radiotekhnicheskoy razvedki* [Fundamentals of radio countermeasures and electronic intelligence]. Sovetskoe Radio Publishing House, Moscow, 1968
7. RF patent RU 2 698 712C1 IPC H04K 3/00 *Sposob i ustroystvo sozdaniya kogerentnoy pomekhi* [Method and apparatus for creating coherent interference] Borisenko A. Borisovich. and etc.
8. RF patent RU 2 516 206C2 IPC F41G 7/00 (2006.01) *Ustroystvo opredeleniya napravleniya i velichiny skachkov pelenga na bortu samonavodyashchegosya po radioizlucheniyu oruzhiya* [A device for determining the direction and magnitude of jumps of a bearing on board homing radio-frequency weapons] Akinshina G. N.
9. Zotov S.A., Makarov E.S., Nechaev Yu.B. *Metody sverkhrazresheniya v zadachakh radiopelengatsii* [Super-resolution methods in direction finding problems].
10. Kapon J. *Prostranstvenno-vremennyy spektral'nyy analiz s vysokim razresheniyem* [Spatial-temporal spectral analysis with high resolution]. TIIEP, 1969, No. 8
11. Ratynsky M.V. *Adaptatsiya i sverkhrazresheniye v antennoykh reshetkakh* [Adaptation and superresolution in antenna arrays], M., Radio and communication, 2003, 200 s. ill.
12. Roy R., Kailath T. ESPRIT - estimation of signal parameters via rotational invariance techniques. "IEEE Trans. Acoust., Speech and Signal Process." 1989, Vol. 37, No. 7
13. Lkhovitsky D.I. et al. Statisticheskiy analiz sverkhrazreshayushchikh metodov pelengatsii istochnikov shumovykh izlucheniyy v AR pri konechnom ob'yeme obuchayushchey vyborki [Statistical analysis of superresolving methods for direction finding of noise sources in AR with a finite amount of the training sample]. *Antenny* [Antennas], 2000, No. 2.
14. Lkhovitsky D.I. and Atamansky D.V., Kirilov I. G. Varieties of "superresolving" analyzers of the spatio-temporal spectrum of random signals based on whitewashing adaptive grating filters [Raznovidnosti «sverkhrazreshayushchikh» analizatorov prostranstvenno-vremennogo spektra sluchaynykh signalov na osnove obelyayushchikh adaptivnykh reshetchatykh fil'trov]. *Antenny* [Antennas], 1998, No. 2.
15. Dobyryn V.V., Nemov A.V. Effektivnost' primeneniya sverkhrazreshayushchikh spektral'nykh otsenok v bortovykh uglomernykh fazirovannykh antennoykh reshetkakh [The effectiveness of the application of superresolving spectral estimates in onboard goniometric phased antenna arrays]. *Radiotekhnika* [Radio Engineering], 1999, No. 9

## RESUME

*V. M. Zuev, M. V. Blizno, S. I. Ulanov, V. V. Gavrilenko*  
*Intellectual approach of using determination*  
*with super-resolution in homing systems*

The article deals with the problem of countering the means of creating deliberate interference with radio communications and radio control. The authors propose a way to solve the problem, consisting in the destruction of the source of radio emission, which creates interference. The possibility of practical implementation of such a device is theoretically justified.

It disproves the opinion of many developers of radio transmission systems, which is that the protection of interference stations from homing on the source of radio emission of projectiles is unnecessary. The radio response systems produced in the last two decades do not have a system for protecting them from guided missiles that use homing on the radio emission of a jamming station.

The proposed method of dealing with illegally radiating transmitters consists in the use of a guided missile, the homing head of which is equipped with a direction finder. It is shown that with the chosen method of direction finding, the accuracy of ignorance of an illegally functioning interference complex is sufficient to defeat it.

The obtained result disproves the opinion that modern radio transmission systems do not need special protection from devices with homing heads for their radiation.

It has been verified a number of decisions on the algorithm, structure, mathematical modeling, technical implementation of a complicated intellectual complex, whose effective operation would allow to solve tactical problems in armed contact with significant saving in material resources and, most importantly, human lives.

## РЕЗЮМЕ

*В. М. Зувев, М. В. Близно, С. И. Уланов, В. В. Гавриленко*  
*Интеллектуальный подход использования пеленгации*  
*со сверхразрешением в самонаводящихся системах*

В статье рассматривается проблема противодействия средствам создания преднамеренных помех радиосвязи и радиоуправлению. Авторами работы предлагается способ решения проблемы, состоящий в разрушении источника радиоизлучения, который создает помехи. Теоретически обоснована возможность практической реализации такого устройства.

Опровергается мнение многих разработчиков систем радиопротиводействия, заключающееся в том, что защита станций помех от самонаводящегося по источнику радиоизлучения снарядов является излишней. В комплексах радиопротиводействия, выпускаемых в последние два десятилетия, не устанавливается система защиты их от управляемых снарядов, которые используют самонаведение на радиоизлучение станции помех.

Предложенный способ борьбы с незаконно излучающими передатчиками заключается в применении управляемого реактивного снаряда, самонаводящаяся головка которого оснащена пеленгатором. Показано, что при выбранном методе пеленгования точность неведения на незаконно функционирующий комплекс помех достаточна для его поражения.

Полученный результат опровергает мнение, что современные комплексы радиопротиводействия не нуждаются в специальной защите от средств с самонаводящимися головками на их излучение.

Выберен ряд решений по алгоритму, структуре, математическому моделированию, технической реализации сложнейшего интеллектуального комплекса, эффективная работа которого позволила бы решать тактические задачи при вооруженном соприкосновении с существенной экономией материальных ресурсов, и, что важнее всего, человеческих жизней.

Статья поступила в редакцию 24.10.2019.