

## ПАССИВНАЯ КОГЕРЕНТНАЯ РАДИОЛОКАЦИЯ В КОРОТКОВОЛНОВОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТЬ 1. ОБНАРУЖЕНИЕ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ

А. В. Вичкань, П. А. Мельяновский, А. И. Шуть

*Институт радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова НАН Украины  
12, ул. Ак. Проскуры, Харьков, 61085, Украина*

E-mail: [apertura@ire.kharkov.ua](mailto:apertura@ire.kharkov.ua)

Рассмотрены физические принципы, энергетика и структура пассивной коротковолновой радиолокационной станции (РЛС). Дана теоретическая оценка максимальной дальности действия пассивной двухпозиционной РЛС по воздушным целям. Ил. 3. Табл. 4. Библиогр.: 16 назв.

**Ключевые слова:** пассивная радиолокация, коротковолновый диапазон, эффективная поверхность рассеяния, когерентный сигнал, ионосферный сигнал, доплеровский радиолокатор, самолет.

В области создания систем пассивной локации намечилось направление, недавно получившее название пассивной когерентной локации *PCL (Passive Coherent Location)* [1].

Суть пассивной когерентной локации заключается в получении данных о координатах движущейся цели на основе оценки изменений в сигнальной обстановке, сформированной в результате функционирования обычных средств радиовещания и телевидения.

Начало работ по пассивной локации в КВ-диапазоне (частоты  $3\div 30$  МГц) положили исследования по двухпозиционной радиолокации с использованием в радиолокационной станции (РЛС) одновременно пространственной (ионосферной) и поверхностной (дифрагирующей) радиоволн. Некоторые результаты этих исследований приведены в работе [2]. В ней рассмотрены задачи построения двухпозиционной океанографической РЛС КВ-диапазона с зондирующим ионосферным сигналом и с отраженным от морских волн сигналом в виде поверхностной радиоволны. В работе приведены расчетные соотношения, описан макет РЛС и результаты экспериментальной проверки работы РЛС в натуральных условиях. Показано, что с помощью такой РЛС можно успешно проводить измерения отражений от морских волн в КВ-диапазоне.

В работе отмечена перспективность использования ионосферных сигналов действующих мощных радиовещательных КВ-станций в качестве зондирующих для пассивной радиолокации. При этом пассивная когерентная КВ-РЛС, использующая облучение цели непрерывным ионосферным сигналом, должна иметь два приемно-регистрирующих устройства в зоне обнаружения для определения двух координат цели на плоскости азимут (пеленг) – дальность.

Результаты работы [2] использованы при разработке пассивной когерентной КВ-радиолокации с использованием ионосферной и поверхностной радиоволн [3].

**1. Постановка задачи.** Целью данной работы является анализ особенностей сигнальной обстановки в КВ-диапазоне, создаваемой действующими средствами радиовещания, рассмотрение принципов построения пассивной когерентной РЛС и оценка ее достижимых дальностей при надгоризонтном обнаружении типовых воздушных целей.

Загруженность КВ-диапазона особенно ощущается при создании и эксплуатации активных КВ-РЛС. Даже для узкополосных КВ-РЛС трудно найти и использовать частотное «окно» шириной  $5\div 10$  кГц. Вместе с тем высокий уровень радиоизлучения в КВ-диапазоне открывает перспективы создания пассивных многопозиционных РЛС с более высокими техническими характеристиками по сравнению с однопозиционными [1–3].

В пассивной когерентной КВ-локации облучающие ионосферные сигналы, в поле которых находятся радиолокационные цели, имеют эллиптическую поляризацию, вызванную магнитным расщеплением отраженного от ионосферы радиосигнала на две ортогональные компоненты (обыкновенная и необыкновенная волны). В свою очередь, отраженные от цели сигналы будут так же эллиптически поляризованы, что дает возможность осуществлять пассивную локацию на любой поляризации с учетом формы лоцируемого объекта и условий распространения отраженной волны.

В работе предлагается использовать сигналы радиовещательных станций КВ-диапазона в качестве зондирующих, которые представляют собой непрерывные сигналы со своими частотными спектрами. Иллюстрирует стандартный спектр вещательной станции с амплитудной модуляцией рис. 1. Спектр содержит мощный квазимонохроматический сигнал на частоте несущей  $f_0$  и спектр модулирующих колебаний в полосе  $100\div 3400$  Гц. Основная энергия сигнала

сосредоточена на несущей частоте. Вблизи нее имеется свободная полоса частот  $\pm 100$  Гц, в которой можно принимать отраженные от движущихся целей сигналы, смещенные по частоте на величину доплеровского сдвига.

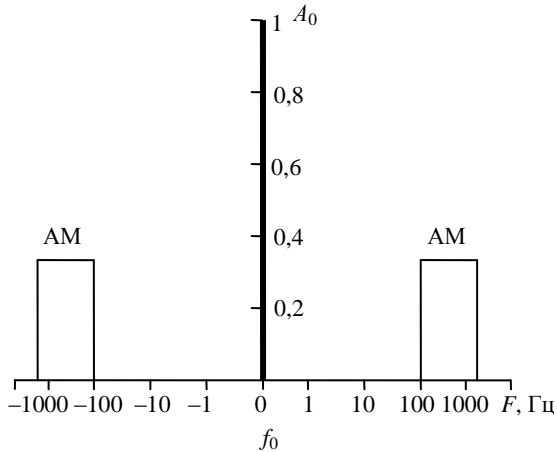


Рис. 1. Спектр сигнала КВ вещательной станции

В полосе сигнала от несущей до минимальной частоты модулирующего сигнала практически отсутствуют стационарные помехи и преобладают атмосферные шумы с известной интенсивностью [4]. Необходимое подавление зондирующего сигнала и его шумовых «хвостов» до уровня атмосферных шумов осуществляется путем пространственной режекции сигнала в приемной антенной системе.

Станции с максимальной интенсивностью сигналов сосредоточены на частотах от 7 до 15 МГц в отведенных поддиапазонах с точными границами [5]. Сопоставление интенсивностей сигналов станций в указанном поддиапазоне с уровнем помех на свободных от радиоизлучения частотах КВ-диапазона показывает большое отличие стационарных сигналов от помех. Диапазон этих отличий может достигать  $80 \div 100$  дБ и более [6].

С точки зрения энергетики пассивной КВ РЛС целесообразно использовать рабочие частоты в диапазоне  $7 \div 15$  МГц (волны  $\lambda = 20 \div 40$  м), которые по условиям ионосферного распространения являются дневными ( $\lambda \sim 20$  м), ночными ( $\lambda \sim 40$  м) и промежуточными (утренними и вечерними) – ( $\lambda \sim 30$  м). В соответствии с этим будем рассматривать ожидаемые характеристики пассивной РЛС на двух радиоволнах: дневной –  $\lambda = 20$  м и ночной –  $\lambda = 40$  м.

**2. Принципы построения пассивной РЛС.** Рассмотрим один из вариантов когерентной пассивной КВ РЛС (рис. 2). Обозначая угол между вектором скорости  $\vec{V}_ц$  и направлением на цель

через  $\alpha$ , а угол между вектором скорости и направлением облучения через  $\beta$ , запишем значение доплеровского сдвига частоты принимаемого сигнала в виде  $F_d = \frac{V_ц}{\lambda} (\cos \alpha + \cos \beta)$ .

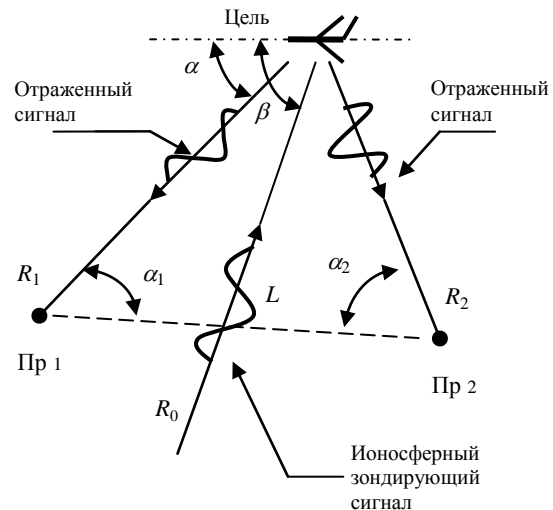


Рис. 2. Вариант схемы размещения и структуры двухпозиционной пассивной КВ РЛС: Пр 1 – приемная станция 1; Пр 2 – приемная станция 2

На средней волне КВ-диапазона  $\lambda_{ср} = 30$  м при максимальном доплеровском сдвиге по частоте  $F_d = 100$  Гц можно наблюдать движущиеся в радиальном направлении относительно центра РЛС цели ( $\alpha = 0^\circ$ ) с максимальной скоростью  $V_ц = \frac{F_d \lambda}{2} = 1\,500$  м/с при облучении вдоль направления движения ( $\beta = 0^\circ$ ) и со скоростью  $V_ц = F_d \lambda = 3\,000$  м/с при боковом облучении ( $\alpha = 90^\circ; \beta = 90^\circ$ ) цели.

Для решения задачи определения координат цели пассивной РЛС используем метод триангуляции, который основан на измерении направлений на цель минимум из двух пунктов. На рис. 2 показан вариант построения пассивной РЛС из двух приемо-регистрирующих устройств. Разнесенные на расстояние  $L$  (база РЛС) приемные устройства образуют триангуляционную систему, позволяющую измерять азимутальный угол (пеленг), удаление и скорость цели. Каждое приемное устройство может образовать пассивную триангуляционную РЛС с другими приемными устройствами в составе пассивной многопозиционной РЛС. Точность измерения координат цели с помощью триангуляционной локационной системы зависит от величины разнесения

приемных устройств (базы  $L$ ) и точности пеленгования в каждом из них.

Для определения азимута цели в каждой позиции используем дополнительную рамку, которая с основной образует взаимортогональную пару антенн с автоматической ориентацией равносигнальным направлением на цель при фиксированном положении самих антенн [7].

Дальность  $R_1$  до цели в системе координат, связанной с приемником 1, определяется формулой в [8]

$$R_1 = |L \sin \alpha_2 / \sin(\alpha_1 + \alpha_2)|, \quad (1)$$

где  $L$  – длина базы (расстояние между станциями);  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – пеленги на цель из первой и второй станций.

Рассмотрим потенциал пассивной когерентной РЛС в виде двухпозиционной триангуляционной системы и дадим оценку дальности действия по различным радиолокационным целям.

### 3. Анализ потенциала пассивной РЛС.

Предположим, что в поле ионосферного сигнала находится цель, эффективная поверхность рассеяния которой  $\sigma_{ц}$ . Тогда мощность отраженного сигнала  $P_{пр}$  на входе приемного устройства РЛС определяется известным уравнением для двухпозиционной радиолокации [7]

$$P_{пр} = \frac{P_{пер} G_{пер} \sigma_{ц} A_{пр} F_3^2 F_{и}^2}{(4\pi)^2 R_{пер}^2 R_{пр}^2}, \quad (2)$$

где  $P_{пер}$  – мощность передатчика на входе антенны;  $G_{пер}$  – коэффициент усиления передающей антенны;  $F_{и}$  – множитель ослабления относительно свободного пространства на ионосферной трассе передатчик-цель;  $F_3$  – множитель ослабления относительно свободного пространства на трассе цель-приемник;  $R_{пер}$  – расстояние от передатчика до цели;  $R_{пр}$  – расстояние от цели до приемника;  $A_{пр}$  – действующая площадь приемной антенны.

Чтобы учесть особенности пассивной локации, представим уравнение (2) в следующем виде:

$$C_{пер} C_{пр} B = \frac{R_{пр}^2}{F_3^2}, \quad (3)$$

где  $C_{пер} = \frac{P_{пер} G_{пер} F_{и}^2}{4\pi R_{пер}^2}$ ;  $C_{пр} = \frac{1}{(P_{пр \text{ min}} / A_{пр})}$ ;

$B = \frac{\sigma_{ц}}{4\pi}$ ;  $A_{пр} = \frac{D\lambda^2}{4\pi}$ , которые по отдельности определяют энергетику облучающей радиоволны

$C_{пер}$ , отражающие свойства цели  $B$  и потенциал приемной системы  $C_{пр}$ .

Пространственное ослабление ионосферного сигнала на однокачковой трассе определяется поглощением в ионосфере и количеством модов. В дневное время определяющим фактором ослабления сигнала является поглощение при минимальном числе модов распространения. В ночное время роль ионосферного поглощения убывает и возрастает роль многомодовости [9]. Эти изменения в структуре и интенсивности ионосферного сигнала необходимо учитывать при расчете характеристик пассивной декаметровый РЛС.

Используя уравнение (3), дадим оценку максимальной дальности действия пассивной КВ РЛС, которая образует триангуляционную систему (см. рис. 2) и работает на волнах 20 и 40 м на трассе 2 000 км.

С целью оценки интенсивности облучающего сигнала в пассивной РЛС вычислим значение сомножителя  $C_{пер}$  в уравнении (3). Для этого используем данные мировой сети радиовещательных станций [10] и рассчитаем среднюю плотность потока мощности ионосферных сигналов для трассы длиной 2 000 км на волнах 20 и 40 м. Значения ослабления в ионосфере на волне  $\lambda = 20$  м берем в виде среднегодового значения  $F_{и} = -12$  дБ (графики на рис. 2.15 а, б в работе [11] среднемесячных медианных значений ослабления в среднеширотной ионосфере).

Ослабление в ионосферном канале в ночное время заметно меньше ослабления в дневное время. Это следует из частотных и временных характеристик ионосферного поглощения. Как показал опыт, для расчета уровня ионосферных сигналов в ночное время коэффициент ослабления  $F_{и}$  следует принимать равным  $-2,5$  дБ [12]. При этом эллиптическая поляризация радиоволн в ионосфере создает дополнительные поляризационные потери при использовании линейно-поляризованной приемной антенны, равные  $-3$  дБ [12]. Таким образом, можно принять значение множителя ослабления ионосферного сигнала в ночное время на волне  $\lambda = 40$  м равным  $F_{ин} \cong -6$  дБ.

Рассмотрим значения мощностей передатчиков и усиления передающих антенн по данным мировой сети радиовещания [10] и примем за среднее значение мощность передатчика  $P_{пер} = 250$  кВт и усиление антенны  $G_{пер} = 20$  дБ ( $P_{пер} G_{пер} = 25 \cdot 10^6$  Вт). Расчетные значения плотности потока мощности облучающей ионосферной волны  $C_{пер}$ , полученные с учетом приведенных выше значений  $F_{и}$  поглощения в ионосфере

и указанных средних значений параметров излучающей системы, приведены в табл. 1 для трассы 2 000 км (в дБ относительно Вт/м<sup>2</sup>).

Таблица 1  
Значения плотности потока мощности облучающей ионосферной волны  $C_{пер}$

$C_{пер}$		
$\lambda$ , м	День	Ночь
20	-75	-
40	-	-69

Из табл. 1 следует, что уровни облучающего ионосферного сигнала на односкачковой трассе длиной 2 000 км днем на волне 20 м и ночью на волне 40 м в виде плотности мощности облучающего сигнала находятся в пределах -69...-75 дБ. Близкие уровни ионосферного сигнала будут на трассе ~1 000 км от станций с передатчиком мощностью 100 кВт и антенной  $G_{пер} = 20$  дБ, а также на трассе 3 000 км с передатчиком мощностью 500 кВт и антенной с  $G_{пер} = 20$  дБ.

Необходимо заметить, что в работе [1] приведена оценка плотности потока мощности ионосферной волны для трассы длиной 1000 км и  $P_{пер}G_{пер} = 50 \cdot 10^6$  Вт без учета ослабления в ионосфере со значениями -67...-53 дБ·Вт/м<sup>2</sup> в диапазоне 10÷30 МГц.

Передающие антенны радиовещательных станций выполнены в виде вертикальной многорядной решетки из широкополосных вибраторов и снабжены проволочным экраном. Полагая, что диаграмма направленности передающей антенной решетки имеет симметричную форму и коэффициент усиления  $G_{пер} = 20$  дБ, находим, что ширина диаграммы направленности по азимуту и углу места составляет ~20°. Это означает, что освещаемая на удалении 2 000 км с неравномерностью 3 дБ зона контроля локатора будет иметь размеры по ширине ~700 км и по длине до 1 000 км с приведенными уровнями облучающего сигнала.

Для оценки потенциала приемного комплекса пассивной КВ РЛС рассмотрим в качестве приемной антенны слабонаправленную антенну в виде вертикальной рамки с вертикальным и горизонтальными экранами (рис. 3).

Рамка имеет коэффициент направленного действия (КНД)  $D_0 = 1,5$ . С учетом действия двух экранов КНД рамки равен  $D = 4D_0 = 6$  [13]. Заметим, что применение двух экранов не только увеличивает в 4 раза КНД антенной системы РЛС, но также позволяет уменьшить, в зависи-

мости от конструктивного исполнения экрана, на 20÷30 дБ уровень облучающего сигнала на входе приемника и понизить требования к его фазовым шумам в полосе приема [13].

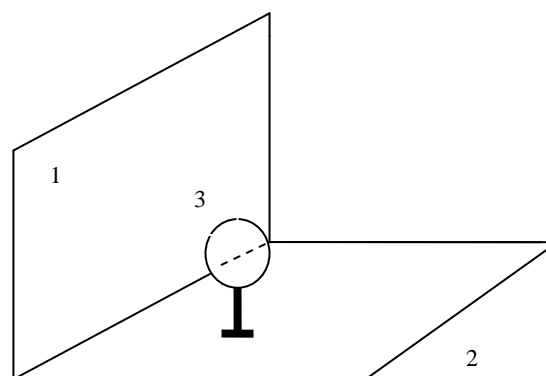


Рис. 3. Слабонаправленная антенна: 1 – вертикальный экран; 2 – горизонтальный экран; 3 – рамка

Как известно, ширина полосы спектра на уровне -3 дБ ионосферного сигнала на несущей частоте для среднеширотной трассы находится в пределах 0,05÷0,5 Гц [14].

Принимаем, что приемное устройство имеет гребенку фильтров с полосой каждого из них  $\Delta f = 0,1$  Гц, охватывающую требуемый диапазон доплеровских частот, и находим мощность минимального обнаруживаемого сигнала (при соотношении сигнал-шум на выходе приемника  $S/N = 10$ )

$$P_{\min} = \left(\frac{S}{N}\right) k T_{ш} \Delta f = 10 k T_{ш} \Delta f, \quad (4)$$

где  $k$  – постоянная Больцмана;  $T_{ш}$  – температура внешних шумов.

С учетом выражения (4) запишем формулу для расчета потенциала приемной системы  $C_{пр}$  в виде

$$C_{пр} = \frac{D \lambda^2}{40 \pi k T_{ш} \Delta f}. \quad (5)$$

Для оценки температуры внешних шумов  $T_{ш}$  используем значения эффективной температуры, приведенные на карте помех Международного Консультативного Комитета по радио (МККР) [15] в виде среднегодовых значений для дня и ночи.

Подставляя в формулу (5) справочные данные о температуре внешних шумов  $T_{ш} = 2 \cdot 10^5$  К днем и  $T_{ш} = 2 \cdot 10^6$  К ночью, находим

$$C_{пр} = 10 \lg \frac{A_{пр}}{P_{пр \min}},$$

которые приведены в табл. 2 и выражены в децибелах по отношению Вт/м<sup>2</sup>.

Таблица 2  
Расчетные значения  $C_{пр}$

$\lambda$ , м	День	Ночь
	$C_{пр}$ , дБ	$C_{пр}$ , дБ
20	199	–
40	–	195

**4. Оценка дальности действия пассивной РЛС.** Рассмотрим максимальные дальности действия пассивной двухпозиционной КВ РЛС при обнаружении надгоризонтных воздушных целей в виде ракет, малых и больших самолетов со значениями эффективной площади рассеяния (ЭПР)  $\sigma_{ц} = 0,01; 0,1; 1 \text{ м}^2$  (без учета их частотных свойств) при наблюдении на вертикальной поляризации на расстояниях  $R_{пр}$ , не превышающих пределы прямой видимости цели  $R = 4,12\sqrt{h_{ц}}$ , где  $h_{ц}$  – высота цели [7]. Для расчетов используем уравнение (3), вычисленные значения потенциалов  $C_{пер}$ ,  $C_{пр}$  (табл. 1, 2), а также перечисленные выше значения ЭПР цели –  $\sigma_{ц}$ . Потенциал приемной системы  $C_{пр}$  (табл. 2) рассчитан для соотношения  $(S/N) = 10$  дБ. При таком соотношении  $(S/N)$  в предположении, что ионосферный сигнал флуктуирует, расчет определяет максимальные дальности обнаружения целей с вероятностью правильного обнаружения  $D_1 = 0,5$  и вероятностью ложной тревоги  $F = 10^{-4}$  [7].

Полученные таким образом расчетные значения максимальных дальностей обнаружения летательных аппаратов (ЛА) с указанными значениями ЭПР сведены в табл. 3.

Таблица 3  
Значения максимальных дальностей обнаружения для  $D_1 = 0,5$  и  $F = 10^{-4}$

ЛА	$\sigma_{ц}$ , м <sup>2</sup>	День	Ночь
		$\lambda = 20$ м	$\lambda = 40$ м
		$R_{max}$ , км	$R_{max}$ , км
Беспилотный летательный аппарат (БПЛА)	0,01	43	53
Ракета	0,1	133	169
Средний самолет	1,0	422	529

Из табл. 3 следует, что очень малые ЛА, такие как БПЛА, ЭПР которых составляет сотые доли квадратного метра, могут обнаруживаться на расстояниях 43 км днем и 53 км ночью пассивной двухпозиционной надгоризонтной РЛС с указанными приемными антеннами. Крылатые раке-

ты с ЭПР  $0,1 \text{ м}^2$  будут обнаруживаться на расстояниях 133 км днем и 169 км ночью. Средние самолеты с ЭПР  $1 \text{ м}^2$  будут обнаруживаться на расстояниях 422 км днем и 529 км ночью.

Как следует из уравнения (1), существенное возрастание дальности обнаружения с ростом ЭПР цели объясняется зависимостью дальности  $R_{ц}$  от  $\sigma_{ц}$  в пассивной локации вида

$$R_{пр} = A\sqrt{\sigma_{ц}}, \text{ в отличие от зависимости вида}$$

$$R_{пр} = A^4\sqrt{\sigma_{ц}} \text{ для активной однопозиционной ло-}$$

$$\text{кации, где } A = \sqrt{\frac{C_{пер}C_{пр}F_3^2}{4\pi}}.$$

Полученные максимальные дальности обнаружения пассивной КВ РЛС учитывают значения ЭПР ЛА на вертикальной поляризации. На горизонтальной поляризации ЭПР таких летательных аппаратов, как самолеты, может возрасти в десятки и сотни раз за счет резонансных явлений на крыльях или фюзеляже [16]. При этом максимальные дальности обнаружения пассивной КВ РЛС могут возрасти на порядок и более.

Как известно, флуктуации узкополосного ионосферного сигнала чаще подчиняются рэлеевскому закону [14]. В этом случае при  $D_2 = 0,9$  и  $F = 10^{-4}$  расчетные максимальные дальности будут иметь значения  $R_{max}$ , рассчитанные с учетом рэлеевских флуктуаций амплитуды ионосферного сигнала при соотношении  $(S/N) = 20$  дБ и приведенные в табл. 4.

Таблица 4  
Значения максимальных дальностей обнаружения с вероятностью  $D_2 = 0,9$  и  $F = 10^{-4}$

ЛА	$\sigma_{ц}$ , м <sup>2</sup>	День	Ночь
		$\lambda = 20$ м	$\lambda = 40$ м
		$R_{max}$ , км	$R_{max}$ , км
БПЛА	0,01	13	17
Ракета	0,1	42	53
Средний самолет	1,0	133	167

Сравнение данных табл. 3 и 4 иллюстрирует заметное уменьшение максимальных дальностей обнаружения пассивной КВ РЛС, обусловленное рэлеевским флуктуационным характером облучающего сигнала, что необходимо учитывать при создании пассивных многопозиционных КВ РЛС.

**Выводы.** Кратко изложены физические принципы пассивной когерентной радиолокации в КВ-диапазоне с использованием отраженных от целей ионосферных радиосигналов действующих

радиовещательных станций. Проанализирована энергетика облучающих ионосферных сигналов и дана оценка плотности потока мощности в дневное и ночное время суток на трассе в пределах первого скачка.

Рассмотрена когерентная пассивная двухпозиционная РЛС в виде триангуляционной системы из двух разнесенных приемо-регистрирующих устройств, которая может быть звеном многопозиционной пассивной КВ РЛС.

Приведены расчеты дальности действия КВ когерентной пассивной двухпозиционной РЛС. Получены дальности обнаружения воздушных целей разных размеров в дневное и ночное время на вертикальной поляризации поля с учетом флуктуаций облучающего сигнала, которые значительно превышают достижимые дальности пассивных когерентных РЛС, использующих радиоизлучение передатчиков телецентров [1].

1. *Griffits H. D.* Passive coherent location radar systems. Part 1 / H. D. Griffits, C. J. Baker // IEEE Proc. Radar Sonar Navig. – 2005. – 152, N 3. – P. 153–160.
2. *Melyanovsky P. A.* Bistatic HF radar for oceanography applications with the use of both ground and space waves / P. A. Melyanovsky, I. S. Turgenev // Telecom. and Radio Eng. – 1997. – 51, N 2. – P. 30–41.
3. *Виленчик Л. С.* Пассивная радиолокация с использованием ионосферной и земной радиоволн и излучения КВ станций / Л. С. Виленчик, П. А. Мельяновский, А. В. Вичкань, А. И. Шуть // V МНТК «Физика и технические приложения волновых процессов»: сб. докл. – Самара, 2006. – С. 70–71.
4. *Комарович В. Ф.* Случайные радиопомехи и надежность КВ связи / В. Ф. Комарович, В. Н. Сосунов. – М.: Связь, 1977. – 136 с.
5. *Fonteyne J.* Implementation Of Article S12 Of The Radio Regulations / J. Fonteyne // Radiocommunication Seminar. – La Habana, 1999. – 12 p.
6. *Челышев В. Д.* Приемные центры / В. Д. Челышев – М.: Связь, 1975. – 264 с.
7. *Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория: справ. / под ред. Я. Д. Ширмана.* – М.: Радиотехника, 2007. – 510 с.
8. *Охрименко А. Г.* Потенциальная точность определения координат цели в двухпозиционной угломерной пассивной системе / А. Г. Охрименко // Изв. вузов. Радиоэлектроника. – 2002. – № 12. – С. 40–45.
9. *Калинин А. И.* Распространение радиоволн и работа радиолиний / А. И. Калинин, Е. Л. Черенков. – М.: Связь, 1971. – 440 с.
10. *High Frequency Coordination Conference (HFCC).* – Operational Schedule of SW Broadcasting, 2007 [Электронный ре-

сур]. – Режим доступа: <http://www.hfcc.org>. – Загл. с экрана.

11. *Хмельницкий Е. А.* Оценка реальной помехозащищенности приема сигналов в КВ диапазоне / Е. А. Хмельницкий. – М.: Связь, 1975. – 232 с.
12. *Поглощение радиоволн в ионосфере* // Док. Междунар. консультативн. ком. по радио. Отчет 305. – Т. 1. – М.: Связь, 1969. – С. 196–203.
13. *Антенны* / Н. П. Гавеля, А. Д. Истрашкин, Ю. К. Муравьев, В. П. Сернов; под ред. Ю. К. Муравьева. – Л.: ВКАС, 1963. – Ч. I. – 629 с.
14. *Мельяновский П. А.* О временных флуктуациях спектров отраженных от ионосферы сигналов / П. А. Мельяновский, В. Г. Кривоспицкий и др. // XIII Всесоюз. конф. по распространению радиоволн: сб. докл. – Горький, 1981. – 47 с.
15. *Распространение по земному шару атмосферных помех* // Док. Междунар. консультативн. ком. по радио. Отчет 322. – М.: Связь, 1964. – 80 с.
16. *Шамшин В. А.* Эффективная площадь рассеяния воздушных целей в ДКМ диапазоне / В. А. Шамшин, Э. И. Шустов // Нелинейный мир. – 2006. – 4, № 10. – С. 561–563.

## PASSIVE COHERENT RADIOLOCATION AT HF BAND PART I DETECTION OF AIR TARGETS

A. V. Vichkan', P. A. Melyanovsky, A. I. Shut'

The physical principles, energetics and structure of passive coherent radar at HF band are presented. Theoretical estimation of expected maximum detection ranges of air targets is given.

**Key words:** passive radiolocation, shortwave band, radar cross section (RCS), coherent signal, ionospheric signal, Doppler radiolocation, airplane.

## ПАСИВНА КОГЕРЕНТНА РАДІОЛОКАЦІЯ В КОРОТКОВОЛНОВОМУ ДІАПАЗОНІ ЧАСТИНА I ВИЯВЛЕННЯ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ

О. В. Вічкань, П. О. Мельяновський, А. І. Шуть

Розглянуто фізичні принципи, енергетика та структура пасивної короткохвильової радіолокаційної станції (РЛС). Надано теоретичну оцінку максимальної дальності дії пасивної двопозиційної РЛС по повітряним цілям.

**Ключові слова:** пасивна радіолокація, короткохвильовий діапазон, ефективна поверхня розсіювання, когерентний сигнал, доплерівський радіолокатор, літак.

Рукопись поступила 6 августа 2009 г.