

УДК 621.396.969.34

**О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ
НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ В КАЧЕСТВЕ СИГНАЛОВ ПОДСВЕТА
В ПАССИВНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЯХ****И.Н. Козлов¹, А.Г. Вострецов^{1,2}**¹*Новосибирский государственный технический университет*²*Институт горного дела Сибирского отделения РАН*

В статье рассмотрено использование спутниковых навигационных систем в качестве сигналов подсвета в пассивных радиолокационных станциях. Методом имитационного моделирования получены оценки энергетических параметров спутниковых сигналов, рассчитаны геометрические размеры приемной антенны, время накопления, а также сформированы критерии определения дальности и высоты полета цели для ее обнаружения с заданным отношением сигнал/шум.

Ключевые слова: навигационные системы, отношение сигнал/шум, сигналы подсвета, пассивная радиолокационная станция.

DOI: 10.17212/1727-2769-2019-2-27-37

Введение

В настоящее время все большее внимание уделяется созданию радиолокационных станций (РЛС) со сторонним подсветом [1]. Такие РЛС являются пассивными и для облучения целей используют сторонние передатчики, чьи сигналы называются сигналами подсвета. Сторонний передатчик может находиться на значительном удалении от приемника. Главной задачей приемного канала пассивной системы становится детектирование и селекция отраженных от различных объектов сигналов в заданном пространстве [2]. Хорошо известны преимущества пассивных РЛС по сравнению с активными радиолокационными станциями, в частности отсутствие передающего тракта делает систему скрытной, простой и дешевой. К недостаткам пассивных РЛС с подсветом можно отнести их ограниченную дальность действия из-за зависимости от мощности сигнала подсвета и принимаемого отклика в приемном тракте. Для определения координат цели требуется многопозиционная система. В настоящее время уже разработаны и серийно выпускаются пассивные РЛС с подсветом, например, «Автобаза», «Тамара», «Рамона-Планшет», «Орден» и т. п. [3], использующие в качестве сигналов подсвета радиовещательные станции УКВ и КВ диапазона, аналоговые и цифровые ТВ-передатчики. В качестве альтернативного источника могут выступать сигналы спутниковых навигационных систем. В настоящее время только две спутниковые системы обеспечивают полное покрытие земного шара – GPS (система глобального позиционирования) и ГЛОНАСС (Глобальная Навигационная Спутниковая Система). С точки зрения сигналов подсвета принципиально не важно, какой сигнал будет использоваться, GPS или ГЛОНАСС. Главной особенностью такого сигнала подсвета является его наличие в любой точке земного шара, без привязки к населенным пунктам. Следует отметить, что сами спутники находятся на большом удалении от земной поверхности. В связи с этим уровень сигналов подсвета оказывается чрезвычайно низким.

Целью настоящей работы является оценка возможности использования сигналов спутниковых навигационных систем в качестве сигналов подсвета в пассивных РЛС.

1. Постановка задачи

Для оценки возможности использования спутникового сигнала в качестве сигнала подсвета в пассивной РЛС необходимо решить следующие задачи:

- оценить энергию отраженного от цели сигнала спутниковой навигационной системы в точке приема;
- определить требуемую чувствительность приемника;
- на основе полученных данных оценить возможность использования сигналов спутниковых навигационных систем в качестве сигналов подсвета.

2. Оценка энергетических параметров сигналов спутниковых навигационных систем

Рассмотрим сигналы, излучаемые группировками спутников GPS и ГЛОНАСС [5]. Их основные характеристики приведены в табл. 1.

Каждый GPS-спутник излучает навигационные сигналы на двух частотах f_1 и f_2 в виде фазоманипулированных псевдослучайных последовательностей. Первый сигнал (на частоте f_1) содержит код clear/acquisition (C/A), который является общедоступным и позволяет получать лишь приблизительную оценку местоположения объекта. Второй сигнал (код P – precision code) обеспечивает более точное вычисление координат и передается на частоте f_2 с применением сверхдлинной псевдослучайной последовательности [4].

Все спутники ГЛОНАСС также используют псевдослучайную кодовую последовательность для передачи открытых сигналов, однако в группировке спутников используется частотное разделение каналов. Сведения о распределении частот по каналам содержатся в альманахе системы. Несущие частоты различаются на 0,5625 МГц в диапазоне f_1 (код стандартной точности (СТ)) и на 0,4375 МГц в диапазоне f_2 (код высокой точности (ВТ)). Основные характеристики спутниковых систем GPS и ГЛОНАСС приведены в табл. 1.

Таблица 1 / Table 1

Основные характеристики спутников GPS и ГЛОНАСС
The main characteristics of satellite GPS and GLONASS

Спутниковая система	GPS	ГЛОНАСС
Количество спутников в группировке	24 основных 3 резервных	24 основных 3 резервных
Высота орбиты, км	20200	19100
Несущие частоты радиосигналов, МГц	$f_1 = 1575,42$ $f_2 = 1227,60$	$f_1 = 1600,99 - 1615,5$ $f_2 = 1248,06 - 1256,5$
Период повторения дальномерного кода, мс	1	1
Тактовая частота дальномерного кода, МГц	1,023	0,511
Число элементов кода	1023	511
Тип дальномерного кода	код Голда	М-последовательность
Минимальная мощность на входе приемника, дБВт	-161,5	-161
Способ разделения сигналов	Кодовый	Частотный
Ширина спектра сигнала, МГц	$\Delta F_C (P) = 10.23$ $\Delta F_C (C/A) = 1.023$	$\Delta F_C (BT) = 5.011$ $\Delta F_C (CT) = 0.511$

Одним из показателей качества приемного тракта является чувствительность приемника. Чувствительность определяется как наименьший уровень входного сигнала устройства, при котором обеспечивается требуемое отношение сигнал/шум. Значение мощности шума зависит от коэффициента шума приемника и ширины спектра принимаемого сигнала и определяется по формуле [6]

$$P_{\text{ш}} = kT_s \Delta F = 1,1kT_0(F-1)\Delta F_C, \quad (1)$$

где k – постоянная Больцмана; $T_s = T_0(F-1)$ – шумовая температура приемника; T_0 – шумовая температура приемной антенны; F – коэффициент шума приемника; $\Delta F \approx 1,1\Delta F_C$ – эффективная ширина спектра сигнала. Для достижения высокой чувствительности приемника целесообразно во входных цепях использовать криогенные усилители [7, 8].

Определим мощность сигнала в точке приема из основного уравнения радиолокации и радиолокационных свойств объекта [8]. Мощность $P_{\text{прм}}$ спутникового сигнала прямого прохождения в точке приема составит величину

$$P_{\text{прм}} = \frac{P_{\text{прд}} G_{\text{прд}} G_{\text{прм}} \lambda^2}{(4\pi)^2 R_{\text{СП}}^2 P_{\text{АТ}} P_{\text{пол}} P_{\text{пр}}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{прд}}$ – мощность излучения передатчика спутника; $G_{\text{прд}}$ – коэффициент направленного действия передающей антенны; $G_{\text{прм}}$ – коэффициент направленного действия приемной антенны; λ – длина волны навигационного сигнала; $R_{\text{СП}}$ – дальность радиолинии «спутник – приемник»; $P_{\text{АТ}} = 2$ дБ – коэффициент затухания в атмосфере; $P_{\text{пол}} = 1$ дБ – коэффициент затухания, связанный с поляризационными потерями; $P_{\text{пр}} = 4$ дБ – прочие потери.

Для определения отношения сигнал/шум необходимо определить уровень мощности отраженного от цели навигационного сигнала. Мощность P сигнала навигационного спутника, рассеянного целью и принятого приемником, составит величину

$$P = \frac{P_{\text{прд}} G_{\text{прд}} G_{\text{прм}} \lambda^2}{(4\pi)^3 R_{\text{СП}}^2 R_{\text{ЦП}}^2 P_{\text{АТ}} P_{\text{пол}} P_{\text{пр}}} \sigma_{\text{ц}}, \quad (3)$$

где $R_{\text{СП}}$ – дальность радиолинии «спутник – цель»; $R_{\text{ЦП}}$ – дальность радиолинии «цель – приемник»; $\sigma_{\text{ц}} = S\sigma_0$ – эффективная площадь рассеяния (ЭПР) цели, зависящая от площади рассеяния S и удельной эффективной площади отражения σ_0 , определяемой свойствами цели.

Отношение сигнал/шум в канале прямого прохождения $q_{\text{пр}}$ будет определяться выражением

$$q_{\text{пр}} = \frac{P_{\text{прм}}}{P_{\text{ш}}} = \frac{P_{\text{прд}} G_{\text{прд}} G_{\text{прм}} \lambda^2}{(4\pi)^2 R_{\text{СП}}^2 P_{\text{АТ}} P_{\text{пол}} P_{\text{пр}}} \left(\frac{1}{kT_s \Delta F} \right). \quad (4)$$

Отношение сигнал/шум в канале отраженного сигнала $q_{\text{отр}}$, который прошел расстояние «передатчик – цель – приемник», будет определяться выражением

$$q_{\text{отр}} = \frac{P}{P_{\text{ш}}} = \frac{P_{\text{прд}} G_{\text{прд}} G_{\text{прм}} \lambda^2}{(4\pi)^3 R_{\text{сц}}^2 R_{\text{цп}}^2 P_{\text{ат}} P_{\text{пол}} P_{\text{пр}}} \sigma_{\text{ц}} \left(\frac{1}{kT_s \Delta F} \right). \quad (5)$$

Множитель $\left(\frac{\lambda^2 G_{\text{прм}}}{4\pi} \right)$ в выражении (5) характеризует эффективную площадь

приемной антенны. В формуле (5) уровни мощности получены относительно изотропной антенны. Следовательно, если применить направленную антенну, например, фазированную антенную решетку (ФАР), то можно значительно улучшить отношение сигнал/шум относительно изотропной антенны [9, 10]. Кроме усиления сигнала, использование ФАР позволит осуществить быстрое сканирование зоны обзора за счет электронного «качания» луча диаграммы направленности. В качестве примера рассмотрим прямоугольную линейную фазированную антенную решетку и оценим ее геометрические размеры, необходимые для достижения следующих характеристик ФАР:

- 1) коэффициент усиления ~ 40 дБ;
- 2) ширина главного лепестка диаграммы направленности $1,5$ градуса по вертикали и горизонтали;
- 3) коэффициент полезного действия ФАР $\sim 0,9$.

3. Результаты экспериментов

При моделировании использовались следующие исходные данные.

Шумовая температура усилительного тракта приемника была принята равной 5 К, что соответствует усилителю на Si-Ge транзисторах, охлажденному до температуры 4 К [7]. Результаты расчета уровня шумов на входе приемного устройства приведены в табл. 2.

Таблица 2 / Table 2

Мощность шума на входе приемного устройства
The noise power to the input of receiver

	GPS		ГЛОНАСС	
	f_1 (C/A)	f_2 (P)	f_1 (CT)	f_2 (BT)
$P_{\text{ш}}$, дБВт	-153,961	-143,961	-156,976	-146,976

Геометрические размеры ФАР определялись из выражения

$$S_{\text{геом}} = \left(\frac{102^\circ}{2\theta_{0,7}} d \right)^2, \quad (6)$$

где $2\theta_{0,7} \approx 51^\circ \frac{\lambda}{Nd}$ – ширина диаграммы направленности по уровню $0,707$ [9]; η – коэффициент полезного действия фазированной антенной решетки; N – количество излучателей в антенной решетке; $d = 0,5\lambda$ – расстояние между соседними излучателями.

С учетом того, что коэффициент усиления антенны определяется выражением

$$K_y = \left(\frac{4\pi \cdot S_{\text{геом}}}{\lambda^2} \right) \eta, \quad (7)$$

и исходя из сформулированных требований 1) – 3) к характеристикам ФАР, для несущей частоты f_1 GPS (сигнала C/A) было получено $N = 68 \cdot 68 = 4624$, $S_{\text{геом}} = 41,919 \text{ м}^2$; $K_y = 41,2 \text{ дБ}$. Конечно, антенну с достаточно большой площадью проблематично разместить на мобильной технике и возникают ограничения в расположении системы. Но если сформировать антенную решетку из четырех фрагментов по $10,5 \text{ м}^2$, то вполне возможно размещение на автомобильной технике.

В группировке спутников GPS и ГЛОНАСС энергетические параметры для типовой радиолинии практически одинаковые. Мощность излучения передатчиков $P_{\text{прд}} = 64 \text{ Вт}$, коэффициент направленного действия передающей антенны $G_{\text{прд}} = 10 \text{ дБ}$, коэффициент направленного действия приемной антенны $G_{\text{прм}} = 42,2 \text{ дБ}$. Дальность радиолинии «спутник – приемник» $R_{\text{СЦ}} = 20\ 200 \text{ км}$ (наибольшая высота спутников), дальность радиолинии «цель – приемник» $R_{\text{ЦП}}$ для исследований была принята в пределах от 1 до 100 км.

В процессе моделирования были использованы данные $\sigma_{\text{ц}}$ относительных эффективных площадей рассеяния (ЭПР), изменяющихся от $0,01$ до 1 м^2 , что соответствует таким целям, как беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Наибольший интерес представляют микро- и мини-БПЛА ближнего радиуса действия с низкой взлетной массой, относительно невысокой скоростью (до 200 км/ч) и дальностью действия до $40\text{--}50 \text{ км}$. В качестве факторов, влияющих на мощность сигнала, рассматривалась высота полета цели и горизонтальное удаление цели от луча «спутник – приемник».

На рис. 1–3 представлены графики зависимостей мощности P отраженных от целей сигналов от расстояния до целей при различных ЭПР целей и высотах их полета.

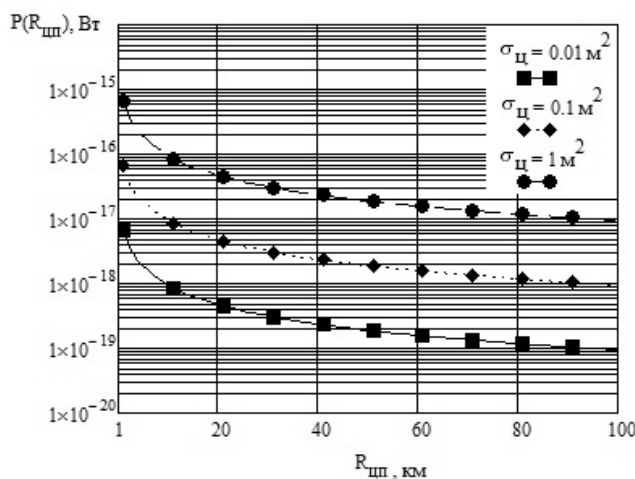


Рис. 1 – Мощность сигнала, рассеянного целью и принятого навигационным приемником для разных ЭПР целей с высотой полета цели 1000 м

Fig. 1 – The power of the signal scattered by the target and received by the navigation receiver for different EPR targets with an altitude target of 1000 m

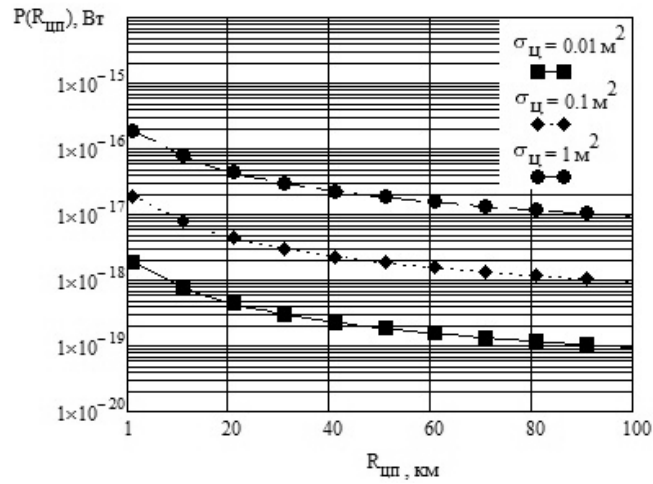


Рис. 2 – Мощность сигнала, рассеянного целью и принятого навигационным приемником для разных ЭПР целей с высотой полета цели 5000 м

Fig. 2 – The power of the signal scattered by the target and received by the navigation receiver for different EPR targets with an altitude target of 5000 m

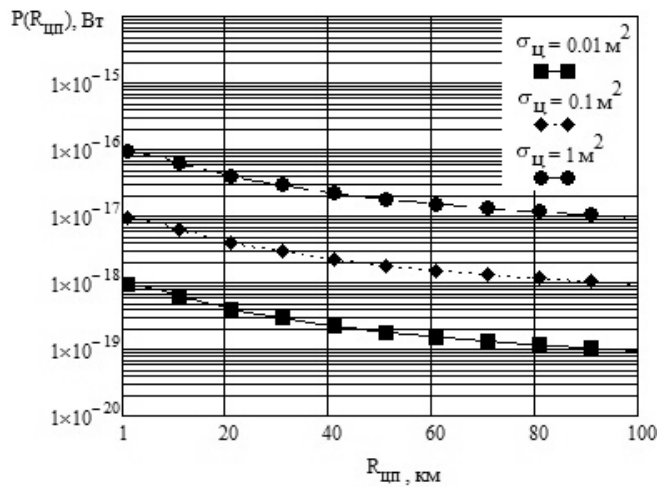


Рис. 3 – Мощность сигнала, рассеянного целью и принятого навигационным приемником для разных ЭПР целей с высотой полета цели 10 000 м

Fig. 3 – The power of the signal scattered by the target and received by the navigation receiver for different EPR targets with an altitude target of 10 000 m

Отношение сигнал/шум на входе приемника, относительно общедоступного сигнала GPS, как одного из наиболее узкополосных сигналов с наибольшим уровнем шума на входе, показано на рис. 4–6.

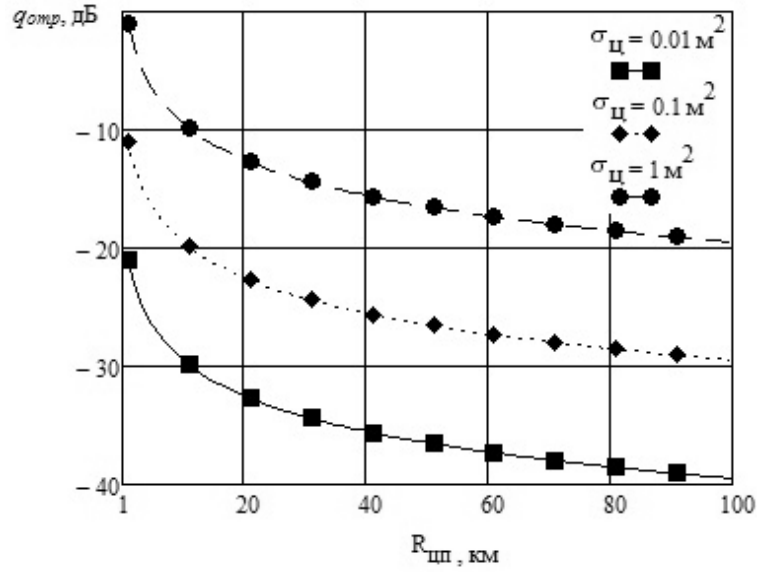


Рис. 4 – Отношение сигнал/шум для разных ЭПР целей с высотой полета цели 1000 м

Fig. 4 – Signal/noise ratio for different EPR targets with a target flight height of 1000 m

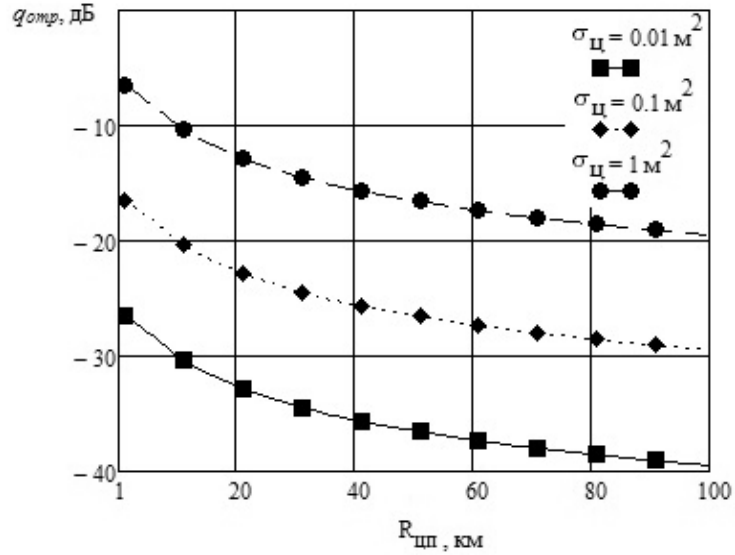


Рис. 5 – Отношение сигнал/шум для разных ЭПР целей с высотой полета цели 5000 м

Fig. 5 – Signal/noise ratio for different EPR targets with a target flight height of 5000 m

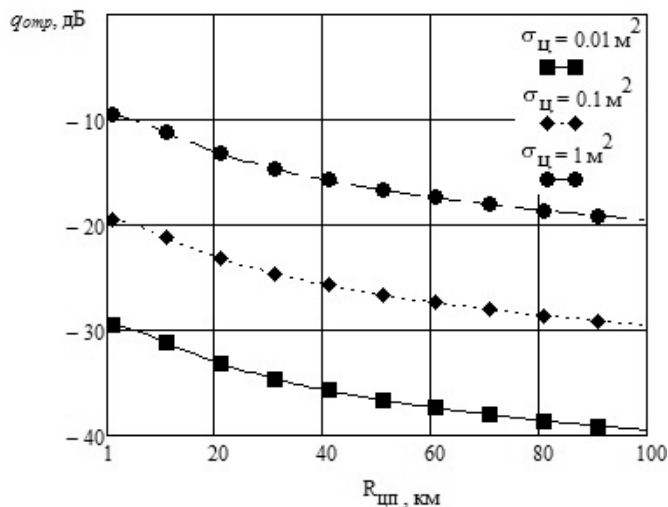


Рис. 6 – Отношение сигнал/шум для разных ЭПР целей с высотой полета цели 10 000 м

Fig. 6 – Signal/noise ratio for different EPR targets with a target flight height of 10 000 m

4. Обсуждение результатов моделирования

Из рис. 4–6 видно, что сигналы, отраженные от малоразмерных целей, обладают очень низкими энергетическими характеристиками, что затрудняет их прием без применения специальных средств.

Для устойчивого обнаружения при вероятности ложной тревоги порядка 10^{-3} необходимо обеспечить отношение сигнал/шум на выходе приемника порядка 13 дБ.

Рассмотрим случай обнаружения цели с ЭПР равной $0,01 \text{ м}^2$, находящейся на высоте 10 000 м, с применением рассмотренной ранее фазированной антенной решетки. Из рис. 6 видно, что отношение сигнал/шум на входе приемника изменяется от $-19,5$ до $-29,5$ дБ при изменении дальности от 1 до 100 км. На расстоянии 50 км отношение сигнал/шум составляет величину $\approx 26,5$ дБ. Использование согласованного коррелятора позволяет увеличить отношение сигнал/шум на его выходе еще на $10 \lg(B) = 30$ дБ ($B = \Delta F_C T_C$ – база сигнала, T_C – длительность сигнала) [10]. Таким образом, при расстоянии до цели 50 км отношение сигнал/шум на выходе согласованного коррелятора приемника составит величину порядка $\approx 3,5$ дБ. Для устойчивого обнаружения с заданной вероятностью ложной тревоги необходимо обеспечить дальнейшее накопление сигнала GPS. Требуемое время когерентного накопления сигнала составит 9 мс. При скорости БПЛА 200 км/ч цель за это время переместится на 0,5 м.

Приведенные расчеты не учитывают влияния доплеровского сдвига частоты принимаемого сигнала, а также помех, обусловленных сигналом прямого прохождения, значительно превышающим по мощности отраженный от цели сигнал и проникающих в приемный тракт через боковые лепестки ФАР. Также большую роль играет тот факт, насколько точно опорный сигнал коррелятора соответствует по форме сигналу, отраженному от цели. Для уменьшения влияния боковых лепестков приемной антенны принимают различные конструктивные меры [11].

Кроме того, применяют специальную обработку принятого сигнала [12], что в совокупности позволяет свести до минимума помехи, обусловленные сигналом прямого прохождения, и обеспечить учет эффекта Доплера. Для определения формы опорного сигнала коррелятора можно использовать хорошо отработанные существующие навигационные приемники, позволяющие практически безошибочно детектировать принятые сигналы спутниковой навигации.

Заключение

Таким образом, использование сигналов спутниковых навигационных систем представляется вполне возможным для применения в качестве сигнала подсвета в радиолокационных станциях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методы современной радиолокации и обработки сигналов / Р.П. Быстров, Е.В. Кузнецов, А.В. Соколов, Ю.С. Чесноков // Успехи современной радиоэлектроники. – 2005. – № 9. – С. 11–26.
2. **Бакулев П.А.** Радиолокационные системы: учебник для вузов. – М.: Радиотехника, 2004. – 320 с.
3. Радиолокационные системы: учебник / В.П. Бердышев, Е.Н. Гарин, А.Н. Фомин [и др.]; под общ. ред. В.П. Бердышева. – Красноярск: СФУ, 2011. – 400 с.
4. **Серапинас Б.Б.** Глобальные системы позиционирования. – Изд. 3-е, испр. и доп. – М.: Каталог, 2002. – 106 с.
5. GNSS Technologies and receiver testing: application note [Electronic resource] / Keysight Technologies. – USA, 20174. – URL: <https://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5991-2288EN.pdf?id=2336881> (accessed: 06.08.2019).
6. **Черняк В.С.** Многопозиционная радиолокация. – М.: Радио и связь, 1993. – 416 с.
7. A microwave cryogenic low-noise amplifier based on SiGe heterostructure / B.I. Ivanov, M. Grajcar, I.L. Novikov, A.G. Vostretsov, E.V. Il'ichev // Technical Physics Letters. – 2016. – Vol. 42, iss. 4. – P. 380–383. – DOI: 10.1134/S1063785016040076.
8. Криогенный малозумящий усилитель для радиоастрономических наблюдений / В.Ф. Вдовин, В.Г. Грачёв, С.Ю. Дрягин, А.И. Елисеев, Р.К. Камалетдинов, Д.В. Коротаев, И.В. Леснов, М.А. Мансфельд, Е.Л. Певзнер, В.Г. Перминов, А.М. Пилипенко, Б.Д. Сапожников, В.П. Саурин // *Астрофизический бюллетень*. – 2016. – Т. 71, № 1. – С. 134–138.
9. **Воскресенский Д.И.** Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток: учебное пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Радиотехника, 2012. – 744 с.
10. **Охрименко А.Е.** Основы обработки и передачи информации. – Минск: МВИЗРУ ПВО, 1990. – 179 с.
11. **Охрименко А.Е., Пархоменко Н.Г., Семашко П.Г.** Методы подавления прямого сигнала в радиолокаторах с подсветом от широкополосных передатчиков // *Электромагнитные волны и электронные системы*. – 2011. – Т. 16, № 5. – С. 77.
12. **Богданович В.А., Вострецов А.Г., Стенюков Н.С.** Инвариантные алгоритмы обнаружения сигналов в радиолокаторах с цифровым телевизионным подсветом // *Радиотехника и электроника*. – 2015. – Т. 60, № 4. – С. 411–418. – DOI: 10.7868/S0033849415030079.

ABOUT THE POSSIBILITY OF USING SATELLITE NAVIGATION SYSTEMS AS ILLUMINATION SIGNALS IN PASSIVE RADAR STATIONS

Kozlov I.N.¹, Vostretsov A.G.^{1,2}

¹*Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia*

²*Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk, Russia*

In this paper we have considered the use of satellite navigation systems illumination signals in passive radars stations. The method of simulation modeling obtained an estimates of the energy parameters of satellite signals, calculated the geometric dimensions of the receiving antenna, the accumulation time, and were formed criteria for determination range and altitude of the target for its detection with a given signal-to-noise ratio

Keywords: navigation systems, signal-to-noise ratio, illumination signals, passive radar station.

DOI: 10.17212/1727-2769-2019-2-27-37

REFERENCES

1. Bystrov R.P., Kuznetsov E.V., Sokolov A.V., Chesnokov Yu.S. Metody sovremennoi radiolokatsii i obrabotki signalov [Methods of modern radar and signal processing]. *Uspekhi sovremennoi radioelektroniki – Achievements of Modern Radioelectronics*, 2005, no. 9, pp. 11–26.
2. Bakulev P.A. *Radiolokatsionnye sistemy* [Radar systems]. Moscow, Radiotekhnika Publ., 2004. 320 p.
3. Berdyshev V.P., ed. *Radiolokatsionnye sistemy* [Radar systems]. Krasnoyarsk, SFU Publ., 2011. 400 p.
4. Serapinas B.B. *Global'nye sistemy pozitsionirovaniya* [Global positioning systems]. 3rd ed. Moscow, Katalog Publ., 2002. 106 p.
5. Keysight Technologies. *GNSS Technologies and receiver testing: application note*. Available at: <https://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5991-2288EN.pdf?id=2336881> (accessed 06.08.2019).
6. Chernyak V.S. *Mnogopozitsionnaya radiolokatsiya* [Multistation radiolocation]. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1993. 416 p.
7. Ivanov B.I., Grajcar M., Novikov I.L., Vostretsov A.G., Il'ichev E.V. A microwave cryogenic low-noise amplifier based on SiGe heterostructure. *Technical Physics Letters*, 2016, vol. 42, iss. 4, pp. 380–383. DOI: 10.1134/S1063785016040076.
8. Vdovin V.F., Grachev V.G., Dryagin S.Yu., Eliseev A.I., Korotaev D.V., Lesnov I.V., Mansfeld M.A., Pevzner E.L., Perminov V.G., Kamaletdinov R.K., Sapozhnikov B.D., Saurin V.P., Pilipenko A.M. Kriogennyi maloshumyashchii usilitel' dlya radioastronomicheskikh nablyudenii [Cryogenically cooled low-noise amplifier for radio-astronomical observations and centimeter-wave deep-space communications systems]. *Astrofizicheskii byulleten' – Astrophysical Bulletin*, 2016, vol. 71, no. 1, pp. 134–138. (In Russian).
9. Voskresenskii D.I. *Ustroistva SVCh i anteny. Proektirovanie fazirovannykh antennykh reshetok* [Microwave devices and antennas. Phased array design]. 4th ed. Moscow, Radiotekhnika Publ., 2012. 744 p.
10. Okhrimenko A.E. *Osnovy obrabotki i peredachi informatsii* [Fundamentals of information processing and transmission]. Minsk, MVIZRU PVO Publ., 1990. 179 p.
11. Okhrimenko A.E., Parkhomenko N.G., Semashko P.G. Metody podavleniya pryamogo signala v radiolokatorakh s podsvetom ot shirokoveshchatel'nykh peredatchikov [Direct path interference suppression methods for semiactive radars operating with broadcast transmitters]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy – Electromagnetic waves and electronic systems*, 2011, vol. 16, no. 5, p. 77.
12. Bogdanovich V.A., A.G. Vostretsov, Stenyukov N.S. Invariantnye algoritmy obnaruzheniya signalov v radiolokatorakh s tsifrovym televizionnym podsvetom [Invariant algorithms for signal detection in radar systems with digital television illumination]. *Radiotekhnika i elektronika – Journal of Communications Technology and Electronics*, 2015, vol. 60, no. 4, pp. 411–418. DOI: 10.7868/S0033849415030079. (In Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



Козлов Илья Николаевич – родился в 1992 году, аспирант кафедры конструирования и технологии радиоэлектронных средств, Новосибирский государственный технический университет. Основное направление научных интересов – методы и средства моделирования и натурного эксперимента в системах обнаружения и оценивания параметров сигналов. Опубликовано 2 научные работы. (Адрес: 630073, Россия, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. E-mail: ikozlov92.06@gmail.com).

Kozlov Ilya Nikolaevich (b. 1992) – a postgraduate student department of construction and technology of radio-electronic devices, Novosibirsk State Technical University. His research interests are currently focused on methods and tools for modeling and full scale experiment in systems for detecting and estimating the signal parameters. He is author of 2 scientific papers. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russia. E-mail: ikozlov92.06@gmail.com).



Вострецов Алексей Геннадьевич – родился в 1955 году, д-р техн. наук, профессор, проректор по научной работе Новосибирского государственного технического университета. Область научных интересов: теория устойчивого обнаружения, различения и оценки сигналов в условиях априорной неопределенности. Опубликовано свыше 150 научных работ, в том числе 3 монографии. (Адрес: 630073, Россия, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. E-mail: vostreczov@adm.nstu.ru).

Vostretsov Aleksey Gennadievich (b. 1955) – Doctor of Sciences (Eng.), professor, vice-rector for scientific work at the Novosibirsk State Technical University. His research interests are currently focused on the theory of stable detection, differentiation and estimation of signals under condition of a priori uncertainty. He is the author more than 150 publications including 3 monographs. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russia. E-mail: vostreczov@adm.nstu.ru).

*Статья поступила 22 апреля 2019 г.
Received April 22, 2019*

To Reference:

Kozlov I.N., Vostretsov A.G. O vozmozhnosti ispol'zovaniya sputnikovykh navigatsionnykh sistem v kachestve signalov podsveta v passivnykh radiolokatsionnykh stantsiyakh [About the possibility of using satellite navigation systems as illumination signals in passive radar stations]. *Doklady Akademii nauk vysshei shkoly Rossiiskoi Federatsii – Proceedings of the Russian higher school Academy of sciences*, 2019, no. 2 (43), pp. 27–37. DOI: 10.17212/1727-2769-2019-2-27-37.