

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES

УДК 621.396.967(07)

DOI 10.52575/2687-0932-2021-48-2-405-412

Особенности использования стационарных радиолокационных станций для предотвращения чрезвычайных ситуаций террористического характера

Гончаренко Ю.Ю., Девицына С.Н.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Севастопольский государственный университет»
299053, Россия, г. Севастополь, ул. Университетская, 33
E-mail: yugoncharenko@sevsu.ru; sndevitsyna@sevsu.ru

Аннотация. Проведен анализ основных технических параметров импульсных радиолокационных станций для обнаружения малых и сверхмалых целей в условиях ограниченной видимости и плохих метеоусловий. Описаны их главные технические параметры, планируемые для использования в системах физической защиты значимых объектов критической информационной инфраструктуры. Показаны преимущества использования импульсных радиолокационных станций для мониторинга крупных объектов критической информационной инфраструктуры. Целью работы является изучение возможности использования Фурье-образов для описания характеристик радиолокационных целей в системе мониторинга безопасности критически важных объектов. В предложенной методике основным прототипом для создания Фурье-образов радиолокационных целей являются функция, аппроксимирующая дельта-функцию для одиночных, точечных целей, и четыре вариации гребенчатой функции для распределенных и протяженных целей. Применение данных методов позволит сократить время идентификации радиолокационных целей и, соответственно, предотвратить чрезвычайные ситуации террористического характера, которые требуют быстрого реагирования на объект вторжения в защищаемой зоне критически важного объекта.

Ключевые слова: критическая информационная инфраструктура, объект критической информационной инфраструктуры, критически важный объект, радиолокационные станции, радиолокационные цели, дальность обнаружения, идентификация радиолокационных целей.

Для цитирования: Гончаренко Ю.Ю., Девицына С.Н. 2021. Особенности использования стационарных радиолокационных станций для предотвращения чрезвычайных ситуаций террористического характера. Экономика. Информатика, 48 (2): 405–412. DOI 10.52575/2687-0932-2021-48-2-405-412.

Peculiarities of using stationary radar location stations to prevent emergency situations of terrorist character

YUliya YU. Goncharenko, Svetlana N. Devitsyna

Sevastopol State University

33 Universitetskaya Street, Sevastopol, 299053 Russia

E-mail: yugoncharenko@sevsu.ru; sndevitsyna@sevsu.ru

Abstract. The analysis of the main technical parameters of pulse radars for detecting small and ultra-small targets in conditions of limited visibility and poor weather conditions is carried out. Their main technical parameters, planned for use in physical protection systems of significant objects of critical information infrastructure, are described. The advantages of using pulse radar stations for monitoring large objects of

critical information infrastructure are shown. The aim of the work is to study the possibility of using Fourier images to describe the characteristics of radar targets in the security monitoring system of critical objects. In the proposed method, the main prototype for creating Fourier images of radar targets is a function approximating the delta function for single, point targets, and four variations of the comb function for distributed and extended targets. The use of these methods will reduce the identification time of radar targets and, accordingly, prevent terrorist emergencies that require a quick response to an invasion object in the protected area of a critical object.

Keywords: critical information infrastructure, critical information infrastructure object, critical object, radar stations, radar targets, detection range, identification of radar targets.

For citation: Goncharenko Yu.Yu., Devitsyna S.N. 2021. Peculiarities of using stationary radar location stations to prevent emergency situations of terrorist character. Economics. Information technologies, 48 (2): 405–412. (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2021-48-2-405-412.

Введение

На территории России функционирует множество предприятий и объектов, которые являются потенциальной мишенью для террористических атак. Как указано в Федеральном законе [Федеральный закон от 08.03.2015 N 38-ФЗ], критически важный объект – это объект, нарушение или прекращение функционирования которого приведет к потере управления экономикой Российской Федерации, субъекта Российской Федерации или административно-территориальной единицы субъекта Российской Федерации, ее необратимому негативному изменению (разрушению) либо существенному снижению безопасности жизнедеятельности населения. По данным Министерства иностранных дел РФ, только в первой половине 2020 года было зарегистрировано более миллиарда атак на объекты критической информационной инфраструктуры России. В связи со сложившейся ситуацией, до 1 января 2022 года Правительство Российской Федерации поручило Министерству Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий сформировать Перечень критически важных объектов, к которым относятся: атомные электростанции, предприятия ядерно-топливного, нефтегазового, энергетического и оборонного комплексов, крупные инженерные сооружения, гидроузлы, металлургические и химические производства, а также надводный, воздушный и трубопроводный транспорт. Таким образом, указанные объекты, а их на территории России насчитывается несколько тысяч, подлежат охране и обороне от угроз террористического и военного характера. Эти государственные учреждения и сотни других объектов стратегического назначения входят в критическую информационную инфраструктуру, имеют свои охранные предприятия и службы физической защиты, которые обязаны предотвращать чрезвычайные ситуации террористического характера [Федеральный закон от 26.07.2017 N 187-ФЗ, Гончаренко, 2011; Гончаренко, 2012; Гаенко и др., 2020].

Для реализации поставленных задач специальные службы оснащены оптоэлектронными, инфракрасными, акустическими, радиолокационными средствами контроля и наблюдения [Широков, 2012; Васин, Власов и др., 2004], последние из которых обладают рядом преимуществ по сравнению с другими техническими средствами наблюдения. Радиолокационные станции, во-первых, дают возможность обнаружения малых и сверхмалых целей в условиях ограниченной видимости и плохих метеоусловий, а, во-вторых, обладают большей скоростью обзора наземного и воздушного пространства [Проскурин и др., 2017; Барановский и др., 2016; Smith, 1993; Shirman, 2002; James D. Taylor. 2012]. Однако абсолютное большинство радиолокаторов, установленных на объектах критической инфраструктуры, имеют диалоговые индикаторные устройства, которые требуют и специальной подготовки операторов, и достаточно продолжительного времени для идентификации опасных целей, что недопустимо в условиях террористической атаки. Быстрая идентификация целей является актуальной задачей для исследования.

Постановка цели и задач научного исследования

Цель данной работы – рассмотреть особенности использования стационарных радиолокационных станций и возможность их модернизации, сокращающей время идентификации радиолокационных целей и, соответственно, позволяющих предотвращать чрезвычайные ситуации террористического характера на критически важных объектах.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие научные задачи: проанализировать основные технические параметры импульсных радиолокационных станций, рассмотреть возможность использования Фурье-образов для описания характеристик радиолокационных целей.

Технические параметры импульсных радиолокационных станций

Технические характеристики радиолокационных станций (РЛС) определяются в соответствии с их назначением и кругом решаемых основных и вспомогательных задач. В настоящее время наибольшее распространение получили импульсные РЛС, к основным техническим характеристикам которых относятся следующие параметры [Горбунов и др., 2017; Бердышев, 2011; Ботов, 2013].

Несущая частота f , Гц, – частота гармонических электрических или электромагнитных колебаний, служащих переносчиком информации путем модуляции этих колебаний сигналами, соответствующими передаваемому сообщению.

Под излучаемой мощностью в импульсе или импульсной мощностью $P_{и}$, Вт, понимают среднюю за время импульса мощность. Её используют для характеристики импульсов прямоугольной, колоколообразной и другой формы.

Чувствительность приемного устройства $P_{пр}$, Вт, характеризует способность приемника принимать слабые сигналы, определяется как минимальный уровень входного сигнала устройства, необходимый для обеспечения требуемого качества полученной информации.

Характеристики антенны определяются шириной диаграммы направленности в горизонтальной $Q_{г}$ и вертикальной $Q_{в}$ плоскостях, которые измеряются в градусах.

Коэффициент направленного действия антенны (КНД) – это отношение квадрата напряженности поля, создаваемого антенной в данном направлении, к среднему значению квадрата напряженности поля по всем направлениям. КНД является безразмерной величиной и обозначается $G_{и}$ для излучающих и $G_{пр}$ для приемных антенн.

Коэффициент усиления антенны G_{ya} равен произведению КНД антенны на коэффициент полезного действия антенно-фидерного тракта приемной (передающей) антенны.

Коэффициент распознавания сигнала δ (пороговый коэффициент) – параметр любого радиотехнического устройства, определяющий минимальное соотношение сигнала и помехи, при котором приемное устройство и индикатор могут еще зарегистрировать полезный сигнал с заданными вероятностями правильного обнаружения и ложной тревоги, является безразмерной величиной.

К техническим характеристикам также относятся методы обзора и скорость обзора пространства, масса, габаритные параметры станции и потребляемая мощность от источников электропитания.

Независимо от назначения РЛС, их главным техническим показателем является дальность действия. Исходя из уравнения радиолокации, на дальность обнаружения наземных, надводных и воздушных целей влияют только несущая частота, импульсная мощность, коэффициент усиления антенны в режимах излучения и приема, чувствительность приемника и коэффициент распознавания сигнала. Для получения информации об обстановке в контролируемых зонах на подходах к охраняемому объекту дальность действия РЛС будет определяющим фактором для выбора средств освещения обстановки, тогда параметры,



определяющие дальность действия РЛС, будут считаться ее главными техническими характеристиками.

Таким образом главными техническими параметрами импульсных радиолокационных станций, планируемых для использования в системах физической защиты критически важных объектов, являются: несущая частота, импульсная мощность, коэффициент усиления антенны в режимах излучения и приема, чувствительность приемника и коэффициент распознавания сигнала.

Использование Фурье-образов в качестве характеристик радиолокационных целей

В отличие от судовых и авиационных РЛС, главной особенностью стационарных станций является их постоянное расположение в одной и той же точке пространства. В связи с этим помеховая обстановка, обусловленная рельефом местности, осадками (снегом, дождем), как правило, будет повторяться из сезона в сезон, из года в год. Это позволяет рассматривать помеховую обстановку как совокупность протяженных (распределенных) радиолокационных целей. Опасными целями будем считать злоумышленников, вооруженных и без оружия, на транспортных средствах и без них, и рассматривать их как одиночные (точечные) радиолокационные цели.

Преобразование Фурье играет особую роль в теории радиотехнических систем и теории обработки сигналов [Коберниченко, 2018; Перов, 2003.; Mogila, Lukin, 1997; Ярмолик и др., 2014]. В нашем случае уместно использование преобразования Фурье в пространстве Шварца Ψ и сопряженном ему пространстве Ψ' .

Пространство Шварца $\Psi(\mathbf{R}^n)$ представляет собой линейное пространство определенных на евклидовом n -мерном пространстве \mathbf{R}^n функций f . Если f принадлежит нормированному пространству, определенному на \mathbf{R}^n , то есть $f \in \mathbf{R}^n$, то преобразование Фурье \hat{f} и обратное преобразование Фурье \tilde{f} задаются формулами:

$$\hat{f}(\xi) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^n}} \int_{\mathbf{R}^n} e^{-ix\xi} f(x) dx, \quad (1)$$

$$\tilde{f}(\xi) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^n}} \int_{\mathbf{R}^n} e^{ix\xi} f(x) dx. \quad (2)$$

Формула обращения для преобразования Фурье имеет вид:

$$\tilde{\tilde{f}} = \tilde{f}(\xi) = f, \text{ где } f \in \Psi, \quad (3)$$

то есть преобразования Фурье взаимно обратны и взаимно однозначно отображают пространство Шварца в себя. Если f имеет компактный носитель, то f допускает аналитическое продолжение на n -мерном комплексном пространстве \mathbf{C}^n .

Для точечных одиночных целей отраженный радиолокационный сигнал лучше всего описывается специальной δ -функцией Дирака:

$$\delta_x f = f(x), \quad \delta = \delta_0. \quad (4)$$

Найдем для нее Фурье-образ

$$\hat{\delta}_x f = \delta_x \hat{f} = \hat{f}(x) = (2\pi)^{-\frac{n}{2}} \int_{\mathbf{R}^n} e^{-ix\xi} f(\xi) d\xi,$$

то есть:

$$\widehat{\delta}_x(\xi) = (2\pi)^{-\frac{n}{2}} e^{-ix\xi}. \quad (5)$$

Применяя формально формулу обратного преобразования Фурье, получим представление для δ -функции:

$$\delta(y) = (2\pi)^{-n} \int_{\mathbb{R}^n} e^{iy\xi} d\xi. \quad (6)$$

Формально полученное выражение (6) не имеет смысла, так как экспонента не интегрируема. Рассмотрим δ -функцию для положительных b , то есть для $b > 0$:

$$\delta^b(y) = (2\pi)^{-n} \int_{|\xi| < b} e^{iy\xi} d\xi. \quad (7)$$

Для f , принадлежащих пространству Шварца, существует предел:

$$\lim_{b \rightarrow \infty} \int_{\mathbb{R}^n} \delta^b(y) f(y) dy = f(0). \quad (8)$$

Другими словами, δ^b поточечно сходится к δ в пространстве Ψ' , сопряженном с пространством Шварца. Следовательно, δ^b аппроксимирует дельта-функцию. Выполнив ряд преобразований, получим вид δ^b :

$$\delta^b(y) = (2\pi)^{-\frac{n}{2}} b^n \frac{J_{\frac{n}{2}}(b|y|)}{(b|y|)^{\frac{n}{2}}}, \quad (9)$$

где $J_{\frac{n}{2}}$ – функция Бесселя первого рода.

Для протяженных целей радиолокационный сигнал лучше всего описывается гребенчатой функцией:

$$\mathbf{\Psi}_h = \sum_{k \in \mathbb{Z}^n} \delta_{hk}, \quad h > 0. \quad (10)$$

Для нахождения Фурье образа (10) воспользуемся разложением в ряд Фурье периодической функции $q(\xi)$ на интервале $\left[-\frac{\pi}{n}; \frac{\pi}{n}\right]$ вида:

$$q(\xi) = \sum_l \widehat{f}\left(\xi - \frac{2\pi}{h}l\right). \quad (11)$$

Выполнив разложение и преобразование функции q , зависящей от f , принадлежащих пространству Шварца, получим:

$$\sum_l \widehat{f}\left(\xi - \frac{2\pi}{h}l\right) = (2\pi)^{-\frac{n}{2}} h^n \sum_h f(hk) e^{-ih\xi \cdot k}. \quad (12)$$

При $\xi = 0$ выражение (12) представляет собой формулу Пуассона:

$$\frac{\widehat{\mathbf{W}}_{2\pi}}{h} = (2\pi)^{-\frac{n}{2}} h^n \mathbf{W}_h. \quad (13)$$

Полученную формулу Пуассона (13) можно представить в следующем виде:

$$\int f(x) dx = h^n \sum_k f(hk) - (2\pi)^{\frac{n}{2}} \sum_{l \neq 0} \widehat{f}\left(\frac{2\pi}{h} l\right). \quad (14)$$

Выражение (14) можно интерпретировать как представление погрешностей квадратурной формулы трапеций. Аналогичная формула для периодической функции с периодом a имеет вид:

$$\int_{[0,a]^n} f(x) dx = h^n \sum_{0 \leq k < p} f(hk) - a^n \sum_{l \neq 0} C_l, \quad h = \frac{a}{p}, \quad (15)$$

где C_l – коэффициенты Фурье функции f на $[0, a]$.

Таким образом, основным прототипом для создания Фурье-образов радиолокационных целей являются функция, аппроксимирующая дельта-функцию для одиночных, точечных целей, и четыре вариации гребенчатой функции для распределенных и протяженных целей.

Выводы

Главными техническими параметрами импульсных радиолокационных станций, планируемых для использования в системах физической защиты, являются: несущая частота, импульсная мощность, коэффициент усиления антенны в режимах излучения и приема, чувствительность приемника и коэффициент распознавания сигнала. Помеховая обстановка, обусловленная рельефом местности, осадками (снегом, дождем), как правило, повторяется из сезона в сезон, из года в год, что позволяет рассматривать ее как совокупность протяженных (распределенных) радиолокационных целей. Опасными целями будем считать злоумышленников, вооруженных и без оружия, на транспортных средствах и без них, и рассматривать их как одиночные (точечные) радиолокационные цели. Основным прототипом для создания Фурье-образов радиолокационных целей является функция, аппроксимирующая дельта-функцию для одиночных, точечных целей, и четыре вариации гребенчатой функции для распределенных и протяженных целей.

Список источников

1. О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации. 2017. Федеральный закон от 26.07.2017 N 187-ФЗ.
2. О внесении изменений в Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». 2015. Федеральный закон от 08.03.2015 N 38-ФЗ.

Список литературы

1. Барановский Д.Л. и др. 2016. Радиотехнологии противодействия террористическим угрозам. М., Радиотехника. Научная серия «Радиотехнологии в системах безопасности»: 167.
2. Бердышев В.П., Бердышев В.П., Гарин Е.Н., Фомин А.Н. 2011. Радиолокационные системы. Красноярск, СФУ: 400. Режим доступа: URL: <https://e.lanbook.com/book/6050> (дата обращения: 30.03.2021).

3. Ботов М.И., Вяхирев В.А. 2013. Основы теории радиолокационных систем и комплексов. Красноярск: Сиб. федер. ун-т: 530.
4. Васин В.А., Власов И.Б. 2004. Информационные технологии в радиотехнических системах. М., МГТУ им. Н.Э. Баумана: 768.
5. Гаенко В. П., Костюков В.Е., Фомченко В.Н. 2020. Безопасность технических систем. Методологические аспекты теории и методы анализа и управления безопасностью: монография. Саров. РФЯЦ-ВНИИЭФ: 329. Режим доступа: URL: <https://znanium.com/catalog/product/1230813> (дата обращения: 30.03.2021).
6. Гончаренко Ю.Ю., Азаренко Е.В., Браславский Ю.В. и др. 2011. Оценка эффективности управления чрезвычайной ситуацией. Сб. науч. тр. СНУЯЭиП, 2(38): 239–245.
7. Гончаренко Ю.Ю., Смычков Е.Е., Рыбко В.В. 2012. Защита информации как один из ключевых аспектов предотвращения чрезвычайных ситуаций. Сб. науч. тр. СНУЯЭиП, 1(41): 207–211.
8. Гончаренко, Ю.Ю. 2012. Структура контура управления информационной безопасностью предприятия. Научно-практический журнал «Экономика и управление», 5: 97–101.
9. Горбунов Ю.Н., Лобанов Б.С., Куликов Г.В. 2017. Введение в стохастическую радиолокацию. М. Горячая Линия – Телеком: 376.
10. Коберниченко В.Г. 2018. Основы цифровой обработки сигналов. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та: 150.
11. Перов А.И. 2003. Статистическая теория радиотехнических систем. М.: Радиотехника: 400.
12. Проскурин В.И., Ягольников С.В., Шевчук В.И. 2017. Радиолокационное наблюдение. Методы, модели, алгоритмы: 368.
13. Широков Ю.Ф. 2012. Основы теории радиолокационных систем. Самара, ГАЗУ, 128.
14. Ярмолик С.Н., Дятко А.А., Шумский П.Н., Храменков А.С. 2014. Оценка распределения решающей статистики в задачах радиолокационного обнаружения и распознавания объектов. Труды БГТУ. 6. Физико-математические науки и информатика. 6 (170): 107–109.
15. James D. Taylor. 2012. Ultrawideband Radar: Applications and Design. CRC Press.
16. Mogila A.A., Lukin K.A. 1997. Two-Parametric Representation of Non-stationary Random Signals with Finite Weighted-Mean Energy. *Telecom. and Radio Eng.* 51(8): 27–31.
17. Shirman Ya.D. 2002. Computer simulation of aerial target radar scattering, recognition, detection, and tracking. Artech House: 294.
18. Smith C.R., Goggans P.M. 1993. Radar target identification. *IEEE Antennas Propag. Magazine.* 35(2): 27–38.

References

1. Baranovskij D.L. et al. 2016. Radiotekhnologii protivodejstviya terroristicheskim ugrozam [Radio technologies for countering terrorist threats]. М., Radiotekhnika. Nauchnaya seriya "Radiotekhnologii v sistemah bezopasnosti": 167.
2. Berdyshev V.P., Garin E.N., Fomin A.N. 2011. Radiolokacionnye sistemy [Radar systems]. Krasnoyarsk, SFU: 400. Available at: <https://e.lanbook.com/book/6050> (accessed: 30.03.2021).
3. Botov M.I., Vyahired V.A. 2013. Osnovy teorii radiolokacionnyh sistem i kompleksov [Fundamentals of the theory of radar systems and complexes]. Krasnoyarsk, Sib. feder. un-t: 530.
4. Vasin V.A., Vlasov I.B. 2004. Informacionnye tekhnologii v radiotekhnicheskikh sistemah [Information technologies in radio engineering systems]. М., МГТУ им. Н.Э.Баумана: 768.
5. Gaenko V.P., Kostyukov V.E., Fomchenko V.N. 2020. Security of technical systems. Methodological aspects of the theory and methods of security analysis and management: monograph. Sarov. RFYC-VNIIEF: 329. Available at: <https://znanium.com/catalog/product/1230813> (accessed: 30.03.2021).
6. Goncharenko Yu.Yu., Azarenko E.V., Braslavski Yu.V., et al 2011. Assessing the effectiveness of emergency management. Collection of scientific papers SNUJEP, 2(38): 239–245.
7. Goncharenko Yu.Yu, Smychkov E.E., Rybko V.V.. 2012. Information protection as one of the key aspects of emergency prevention. Collection of scientific papers SNUJEP, 1(41): 207–211.
8. Goncharenko Yu.Yu. 2012. Structure of the enterprise information security management circuit. Scientific and Practical journal «Ekonomika i upravlenie» [Economics and Management]. 5: 97–101.
9. Gorbunov YU.N., Lobanov B.S., Kulikov G.V. 2017. Vvedenie v stohasticheskuyu radiolokaciyu [Introduction to stochastic radar]. М. Goryachaya Liniya – Telekom: 376.



10. Kobernichenko V.G. 2018. Osnovy cifrovoj obrabotki signalov [Fundamentals of Digital Signal Processing]. Ekaterinburg, Izd-vo Ural. un-ta: 150.
11. Perov A.I. 2003. Statisticheskaya teoriya radiotekhnicheskikh system [Statistical theory of radio engineering systems]. M., Radiotekhnika: 400s.
12. Proskurin V.I., YAgol'nikov S.V., SHevchuk V.I. 2017. Radiolokacionnoe nablyudenie. Metody, modeli, algoritmy [Radar surveillance. Methods, models, algorithms]: 368.
13. SHirokov Yu.F. 2012. Osnovy teorii radiolokacionnykh sistem [Fundamentals of the theory of radar systems]. Samara, GAZU. 128.
14. YArmolik S.N., Dyatko A.A., SHumskij P.N., Hramenkov A.S. 2014. Estimation of the distribution of critical statistics in the problems of radar detection and object recognition. Trudy BGTU. 6. Fiziko-matematicheskie nauki i informatika [Physical and mathematical sciences and computer science]. 6 (170): 107–109.
15. James D. Taylor. 2012. Ultrawideband Radar: Applications and Design. CRC Press.
16. Mogila A.A., Lukin K.A. 1997. Two-Parametric Representation of Non-stationary Random Signals with Finite Weighted-Mean Energy. Telecom. and Radio Eng. 51(8): 27–31.
17. Shirman Ya.D. 2002. Computer simulation of aerial target radar scattering, recognition, detection, and tracking. Artech House: 294.
18. Smith C.R., Goggans P.M. 1993. Radar target identification. IEEE Antennas Propag. Magazine. 35(2): 27–38.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гончаренко Юлия Юрьевна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационной безопасности Севастопольского государственного университета, г. Севастополь, Россия

Девитсына Светлана Николаевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационной безопасности Севастопольского государственного университета, г. Севастополь, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yuliya YU. Goncharenko, Doctor Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Information Security, Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

Svetlana N. Devitsyna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Security, Sevastopol State University, Sevastopol, Russia