

Використання функцій Уолша для підвищення енергетичної прихованості цифрової радіолінії

Андреев О. В., Дубина О. Ф., Нікітчук Т. М., Ципоренко В. В.

Державний університет «Житомирська політехніка»

E-mail: Fedorovich_daf@ukr.net

Для передачі аналогових сигналів по каналах радіозв'язку у районах зі складним рельєфом місцевості широко використовується короткохвильовий та ультракороткохвильовий діапазони. При цьому більшість засобів радіозв'язку використовують частотну модуляцію передавача при обмеженій смузі частот. Такі сигнали мають достатньо високу спектральну щільність потужності, що дає змогу виявляти і перехоплювати повідомлення, які передаються. У сучасних телекомунікаційних системах при передачі даних по радіоканалу НВЧ діапазону широко використовуються сигнали, ширина спектру яких перевищує смугу частот, що необхідна для передачі даних із визначеною швидкістю. Це забезпечує багатоканальну передачу цифрових даних на одній несучій в НВЧ діапазоні з необхідними показниками якості. В умовах існуючих обмежень на потужність передавача, необхідна дальність радіолінії забезпечується шляхом адаптивної зміни як тривалості передавання, так і параметрів модуляції радіосигналу. Однак, тривалість передачі у реальному часі цифрового сигналу мови із визначеною шириною спектру не може перевищувати значення періоду дискретизації сигналу. У статті запропонований варіант використання функцій Уолша для розширення спектру сигналу цифрової радіолінії в умовах обмежень як на потужність, так і на тривалість випромінювання радіосигналу. Проведена оцінка умов виявлення випромінювання передавача ширококутної цифрової радіолінії засобами частотного моніторингу.

Ключові слова: виявлення випромінювання; радіозв'язок; ширококутний сигнал; ортогональні сигнали; функції Уолша

DOI: [10.20535/RADAP.2021.85.27-32](https://doi.org/10.20535/RADAP.2021.85.27-32)

Вступ

У сучасних телекомунікаційних системах при передачі даних по радіоканалу НВЧ діапазону набули використання різноманітні технології розширення спектру сигналу [1]. При цьому, потрібна швидкість передачі цифрових даних з необхідною якістю, забезпечується використанням достатньо широкої смуги радіоканалу, а багатоканальна передача на одній несучій в НВЧ діапазоні організується шляхом застосування ширококутних сигналів (ШС) [2]. Наприклад, система мобільного зв'язку CDMA для організації багатоканальної передачі на одній несучій у діапазоні частот 800 МГц та 1900 МГц використовує ширину каналу 25 МГц і набір взаємно-ортогональних функцій Уолша-Адамара, що забезпечує розширення спектру сигналу у 64 рази [3]. Технологія "Nanotron" передбачає використання ШС із середньою частотою 2,4 ГГц та лінійно-частотною модуляцією, що дозволяє забезпечити необхідне відношення сигнал/шум, при потужності передавача до 20 дБм [2]. Необхідна дальність радіолінії у діапазоні частот від 433 МГц до 915 МГц, при обмеженій потужності передавача, забезпечує-

ється у технології "LoRa" шляхом адаптивної зміни як швидкості передавання, так і параметрів сигналу із лінійно-частотною модуляцією, ширина спектру якого перевищує смугу частот, що необхідна для передачі даних із визначеною швидкістю [4,5]. Наприклад, при смузі радіоканалу 125 кГц, для отримання значення бази сигналу 4096, тривалість передачі одного байта інформації складає близько 32 мс [6]. Зауважимо, що при передаванні сигналу мови із верхньою частотою спектру 3,9 кГц у реальному часі, період дискретизації не може перевищувати 128 мкс.

При цьому, хоча використання технології розширення спектру сигналу в цих системах не ставить за мету приховати факт випромінювання передавача, але призводить до зменшення спектральної щільності потужності сигналу, що випромінює передавальний пристрій, порівняно із звичайними вузькосмуговими засобами із тією ж самою потужністю передавача [2].

Цілеспрямованою задачею приховування факту випромінювання передавача вирішувалась під час розробки Російською Федерацією системи «Изумруд», яка забезпечує передачу голосових повідомлень і

цифрових даних зі швидкістю до 3 Мбіт/с на відстань від 1 до 10 км з використанням ширококутового сигналу в діапазоні частот від 20 МГц до 1000 МГц [7].

Більшість засобів радіозв'язку УКХ діапазону (менше 200 МГц) використовують частотну модуляцію при вузькій смузі радіоканалу, що не перевищує 25 кГц та потужністю передавача до 20 Вт [8]. Це дає змогу виявляти і перехоплювати повідомлення, що передаються такими вузькосмуговими засобами, на відстанях, що перевищують дальність їх зв'язку. Тому дуже важливим аспектом під час проведення спеціальних операцій є застосування засобів прихованого зв'язку, які використовують сигнали зі зменшеною спектральною щільністю потужності. Проведений патентний пошук, показав, що напрямки розробки подібних засобів зв'язку із застосування ширококутових сигналів в УКХ діапазоні є актуальною науковою задачею [9]. Тому у [10] вперше запропоновано використання ШС із лінійно-частотною модуляцією несучої 30 МГц для передачі аналогового сигналу мови та розроблена методика оцінки можливості виявлення випромінювання передавача засобом частотного моніторингу, у якості якого розглядався приймач AR5000. Оцінка якості передавання у реальному часі цифрового сигналу мови на несучій частоті 30 МГц з використанням прямого розширення спектру сигналу 13-розрядним кодом Баркера та визначення умов, за яких можливо виявлення інформаційного сигналу приймачем AR5000 розглядалась у [11]. Завдяки оптимальній обробці у приймачі ШС можливо отримати збільшення потужності корисного сигналу у базу разів. Додаткове збільшення відношення сигнал/шум S/N можливо досягти шляхом адаптивного завадостійкого кодування [12].

Дослідження, що були проведені в [10, 11], показали, що зменшення спектральної щільності ШС суттєво зменшує дальність, на якій можливо виявити випромінювання ширококутового засобу радіозв'язку (ШЗР), порівняно із звичайними вузькосмуговими засобами із тією ж самою потужністю передавача. При цьому, як правило, кінцевою метою виявлення сигналу є визначення місцезнаходження передавача ШЗР. У свою чергу точність розв'язання цієї задачі суттєво залежить від відношення сигнал/шум, що створюється на вході засобу пеленгування [13].

Подальше покращення енергетичної прихованості ШЗР можливо шляхом збільшення бази сигналу з одночасним зменшенням потужності передавача. Однак такий підхід до розв'язання задачі прихованості випромінювання радіосигналу УКХ діапазону з використанням ШС у літературі не знайшов відображення.

1 Мета роботи

Розв'язання нового науково-технічного завдання, спрямованого на підвищення прихованості передавання у реальному часі цифрового сигналу мови в УКХ діапазоні через використання існуючих методів розширення спектру сигналу, при зменшеній потужності передавача, та визначення ймовірності виявлення засобами частотного моніторингу факту випромінювання передавача із зменшеним значенням спектральної щільності потужності за раніше розробленою методикою.

2 Викладення матеріалу дослідження

Нехай передаванню підлягає сигнал мови із верхньою частотою спектру 3,9 кГц, а при аналого-цифровому перетворенні сигналу використовується 256 рівнів квантування з періодом дискретизації 128 мкс. На кожному інтервалі дискретизації на вхід кодеру надходить 8 біт, яким ставиться у відповідність певна функція Уолша. При тривалості елементарного символу функції 0,5 мкс, відбувається розширення спектру сигналу до 2 МГц, а база сигналу дорівнює 256. Для організації багатоканальної передачі передбачається використовувати частотне розділення з фазовою маніпуляцією несучої частоти, що дозволить не враховувати взаємну кореляцію сигналів різних ШЗР, які використовують ідентичні функції Уолша.

Якісна передача інформації при двійковій восьмирозрядній імпульсно-кодовій модуляції (ІКМ), з одночасним використанням ортогональних функцій Уолша, забезпечується при оптимальному відношенні сигнал/шум S/N на вході демодулятора ІКМ 15 дБ [14]. Отже, оцінка можливості передачі інформації із заданими показниками якості за допомогою ШЗР фактично зводиться до розрахунку відношення S/N для визначеної дальності зв'язку. Знайти потужність сигналу на вході приймача на відстані R від передавача, при умові, що в радіолінії використовуються радіохвилі довжиною λ , потужність випромінюваних передавальною антеною коливаний P_v , її коефіцієнт підсилення G_v , а коефіцієнт підсилення приймальної антени G_n , можна з формули [10, 15]:

$$P_c = \frac{P_v G_v G_n \lambda^2 \gamma \eta_1 \eta_2}{(4\pi)^2 R^2},$$

де η_1, η_2 – коефіцієнти корисної дії антено-фідерного передавального та приймального трактів; γ – множник послаблення сигналу при розповсюдженні від передавача до приймача.

Множник послаблення сигналу при розповсюдженні вздовж поверхні можна визначити

за виразом [16]:

$$\gamma = \frac{4\pi h_1 h_2}{\lambda R},$$

де h_1, h_2 – висота передавальної та приймальної антен.

Будемо вважати, що передавач ШЗР випромінює сигнал потужністю 5 Вт з фазовою маніпуляцією несучої частоти 30 МГц. Для передавання і приймання використовуються неспрямовані антени, тобто $G_B = G_n = 2$ дБ, $\eta_1 = \eta_2 = 0,9$, що розташовуються на висоті $h_1 = h_2 = 2$ м. Потужність шуму на вході приймача ШЗР, що має коефіцієнт шуму 10 та смугу пропускання $\Delta f_{шзр} = 2$ МГц, не буде перевищувати $P_{ш} = 8 \cdot 10^{-10}$ Вт [17].

Результати розрахунку відношення S/N для різних відстаней R наведені у табл. 1. Як видно з наведених даних, на вході демодулятора ІКМ ШЗР забезпечується необхідне відношення S/N на відстані від передавача, що трохи перевищує 6 км. Крім того, як передую з наведених у табл. 1 даних, при зменшенні потужності передавач ШЗР у десять разів, дальність дії радіолінії зменшується до 3 км.

Перевірка можливості виявлення факту випромінювання ШЗР засобами частотного моніторингу полягає у визначенні відношення S/N , яке буде створюватись передавачем ШЗР на вході приймача частотного моніторингу (ЧМ). Відношення сигнал/шум на вході приймача ЧМ у смузі пропускання Δf_c , що створюється передавачем ШЗР, визначається згідно виразу [11, 15]:

$$S/N = \frac{\Delta f_c P_{шзр}}{P_{шчм}},$$

де $P_{шзр}$ – потужність сигналу, що створюється на вході приймача передавачем ШЗР; $P_{шчм}$ – потужність шуму на вході приймача ЧМ.

Якщо коефіцієнт шуму приймача ЧМ не перевищує 10 дБ, то потужність шуму на вході приймача із смуги $\Delta f_c = 25$ кГц не буде перевищувати $P_{шчм} = 1 \cdot 10^{-11}$ Вт [17]. У табл. 1 наведені розрахункові значення відношення S/N на вході приймача ЧМ із неспрямованою антеною при зміні відстані

до передавача ШЗР з потужністю 5 Вт та 0,1 Вт. З аналізу цих даних виходить, що передавач ШЗР з потужністю 5 Вт створює на вході приймача ЧМ на відстані 1 км відношення $S/N = 16,3$ дБ. Тобто, розширення спектру сигналу у два рази, порівняно із раніше розглянутими ШЗР [10, 11], у тих самих умовах, призводить до зменшення відношення S/N на вході приймача ЧМ на 3 дБ. У той же час зменшення потужності передавача ШЗР з 5 Вт до 0,1 Вт, призводить до зменшення відношення S/N на вході приймача ЧМ на 17 дБ. Можна вважати, що сигнал ШЗР буде сприйматися будь-яким іншим приймачем як сигнал з невідомою початковою фазою і амплітудою. Тоді при відношенні $S/N = 16,3$ дБ приймач ЧМ зможе виявити такий сигнал з умовною ймовірністю правильного виявлення (при ймовірності хибної тривоги 10^{-4}) не менше 0,8 [15]. При зменшенні потужності передавача ШЗР до 0,1 Вт, передача інформації із заданими показниками якості забезпечується на відстані до 2 км, а така сама умовна ймовірність правильного виявлення сигналу приймачем ЧМ забезпечується лише на відстані 0,26 км від передавача.

Висновки

Таким чином, покращення енергетичної прихованості ШЗР вдалося досягти завдяки подальшому зменшенню спектральної щільності сигналу, порівняно з раніше розглянутими засобами, шляхом одночасного зменшення потужності передавача. Зменшення потужності передавача ШЗР з 5 Вт до 0,1 Вт призвело до зменшення відношення S/N на вході приймача частотного моніторингу на 17 дБ. При цьому, збільшення бази сигналу забезпечило можливість передачі інформації із заданими показниками якості на відстань до 2 км, при зменшенні потужності передавача ШЗР. Незважаючи на можливість виявлення сигналу ШЗР, будь-який інший приймач, що не має апріорної інформації про параметри кодування інформаційного сигналу, не зможе відновити інформацію, що міститься у сигналі.

Табл. 1 Значення відношення на різних відстанях від передавача ШЗР

R, км	На вході демодулятора ІКМ при потужності передавача 5 Вт, дБ	На вході демодулятора ІКМ при потужності передавача 0,5 Вт, дБ	На вході демодулятора ІКМ при потужності передавача 0,1 Вт, дБ	На вході приймача частотного моніторингу для потужності передавача 5 Вт/0,1 Вт, дБ
0,5	49,4	39,4	32,4	25,3/8,3
1	40,4	30,4	23,4	16,3/-0,7
2	31,3	21,4	14,4	7,3/-9,7
3	26,1	16	9	2/-15
6	17	7	0,05	-7/-24

Перелік посилань

- Huilin Xu, Liuqing Yang. Ultra-wideband technology: Yesterday, today, and tomorrow. // *IEEE Radio and Wireless Symposium*. – 2008. – P. 715-718. DOI: 10.1109/RWS.2008.4463592.
- Wang J. J. H.. Stealth Communication Via Smart Ultra-Wide-Band Signal in 5G, Radar, Electronic Warfare, etc.*. // *2020 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and North American Radio Science Meeting*. – 2020. – P. 1825-1826. DOI: 10.1109/IEEECONF35879.2020.9330108.
- Adachi F., Garg D., Takaoka S., Takeda K. Broadband CDMA techniques. // *IEEE Wireless Communications*. – 2005. – Volume: 12, Issue: 2. – P. 8-18. DOI: 10.1109/MWC.2005.1421924.
- LoRa and LoRaWAN: A Technical Overview. *Semtech Corporation*. – 2020. – P. 1-29.
- Hanif M. and Nguyen H. H. Slope-Shift Keying LoRa-Based Modulation. // *IEEE Internet of Things Journal*. – 2021. – Vol. 8, Iss. 1. – P. 211-221. DOI: 10.1109/JIOT.2020.3004318.
- Augustin A., Yi J., Clausen T. H., Townsley W. M. A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things. // *Sensors*. – 2016. – Vol. 16, Iss. 9: 1466. DOI:10.3390/s16091466.
- Гришенцев А. Ю., Елсуков А. И., Коробейников А. Г., Сидоркина И. Г. Разработка и модельная реализация приёмопередающего устройства скрытого подшумового обмена широкополосными радиосообщениями // *Вестник Чувашского университета*. – 2017. – №3. – С. 195-206.
- Бурляй І. В. Системи радіозв'язку та їх застосування оперативно-рятувальною службою / І.В. Бурляй, Б.Б. Орел, О.М. Джулай: Посібник. – Чернігів: РВК «Десяняська правда», 2007. – 288 с.
- Пристрій приймання широкополосних сигналів з лінійною частотною модуляцією: пат. Україна: МПК H04L 27/14 / Андреев О.В., Мартинчук П.П., Полещук І.І., Хоменко М.Ф.; власник Житомирський державний технологічний університет; № 118728; заявл. 14.07.2017; опубл. 25.02.2019, Бюл. № 4. – 4 с.
- Андреев О. В. Широкополосный засіб радіозв'язку короткохвильового діапазону для передачі аналогових вузькополосних сигналів / О.В. Андреев, П. П. Мартинчук, І.І. Полещук, М.Ф. Хоменко // *Вісник ЖДТУ* №3 (78), Житомир: ЖДТУ. – 2016. С. 49-55.
- Андреев О. В. Короткохвильовий цифровий широкополосний засіб радіозв'язку / О.В. Андреев, В.В. Ципоренко, Є.О. Андреева, О.Р. Рихальський // *Вісник ЖДТУ* №1 (83), Житомир: ЖДТУ. – 2019. С. 197-200. DOI: 10.26642/tп-2019-1(83)-197-200.
- Дубина, О. Ф., Нікітчук, Т. М. Коцюба, І. Г. (2019) Алгоритм вибору заводських кодів для роботи систем радіозв'язку в короткохвильовому діапазоні, *Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка, Радіоапаробудування*, 77, с. 47-52. doi: 10.20535/RADAP.2019.78.47-52.
- Ципоренко В. В. Анализ точности беспилотного цифрового метода корреляционно-интерферометрического пеленгования с двухмерной корреляционной обработкой пространственного сигнала / В. В. Ципоренко, В. Г. Ципоренко, В. В. Чухов, А. В. Андреев // *Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка, Радіоапаробудування*. – 2018. – Вип. 72. – С. 23-31.
- Варакин Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами / Л.Е. Варакин. – М. : Радио и связь, 1985. – 384 с.
- Казаринов Ю. М. Радиотехнические системы: учеб. для вузов / Ю. М. Казаринов – М. : Академия, 2008. – 592 с.
- Пілінський В. В. *Технічна електродинаміка та поширення радіохвиль* / В. В. Пілінський. – Київ : Кафедра, 2014. – 336 с.
- Recommendation ITU-RP.372-13 (09/2016). Radio noise. *International Telecommunication Union*.

References

- Huilin Xu and Liuqing Yang. (2008). Ultra-wideband technology: Yesterday, today, and tomorrow. *2008 IEEE Radio and Wireless Symposium*, pp. 715-718. DOI: 10.1109/RWS.2008.4463592.
- Wang J. J. H.. (2020). Stealth Communication Via Smart Ultra-Wide-Band Signal in 5G, Radar, Electronic Warfare, etc.*. *2020 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and North American Radio Science Meeting*, pp. 1825-1826. DOI: 10.1109/IEEECONF35879.2020.9330108.
- Adachi F., Garg D., Takaoka S. and Takeda K. (2005). Broadband CDMA techniques. *IEEE Wireless Communications*, Vol. 12, Iss. 2, pp. 8-18. DOI: 10.1109/MWC.2005.1421924.
- LoRa and LoRaWAN: A Technical Overview. (2020). *Semtech Corporation*, pp. 1-29.
- Hanif M. and Nguyen H. H. (2021). Slope-Shift Keying LoRa-Based Modulation. *IEEE Internet of Things Journal*, Vol. 8, Iss. 1, pp. 211-221. DOI: 10.1109/JIOT.2020.3004318.
- Augustin A., Yi J., Clausen T. H., Townsley W. M. (2016). A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things. *Sensors*, Vol. 16, Iss. 9: 1466. DOI:10.3390/s16091466.
- Grishentcev A., Elsukov A., Korobeynikov A., Sidorkina I. (2017). Development and model implementation of the transeiving device of the hidden subnoise exchange by broadband radio signals. *Vestnik Chuvashskogo universiteta*, Vol. 3, pp. 195-206. [In Russian].
- Burliai I. V., Orel B. B., Dzhulay O. M. (2007). *Radio communication systems and their use by the rescue service. Manual [Systemy radiozviazku ta yikh zastosovannia operativno-riativalnoi sluzhboiu. Posibnyk]*. Chernihiv: RVK «Desnianska pravda», 288 p. [In Ukrainian].
- Andreiev O. V., Martynchuk P. P., Poleschuk I. I., Khomenko M. F. (2019). Device for receiving broadband signals with linear frequency modulation: *Patent Ukraine*: MPK H04L 27/14. Owner Zhytomyr State Technological University, № 118728, Bul. 4, 4 p.
- Andreiev O. V., Martynchuk P. P., Poleschuk I. I., Khomenko N. F. (2016). Broadband radio communication of short-wave band for transmission of analogue narrowband signals *The Journal of Zhytomyr State Technological University / Engineering*, Vol. 3(78), pp. 49-55. [In Ukrainian].

- [11] Andreev O. V., Tsymporenko V.V., Andreeva Ye. O., Ryhalsky O. R. (2019). The shortwave digital broadband radio communication device. *The Journal of Zhytomyr State Technological University / Engineering*, Vol. 1(83), pp. 197–200. DOI: 10.26642/tn-2019-1(83)-197-200. [In Ukrainian].
- [12] Dubyna O. F., Nikitchuk T. N., Kotsiuba I. H. (2019). Algorithm for the selection of error-correcting codes for the operation of radio communication systems in the shortwave range. *Visnyk NTUU KPI Serii A - Radio-tehnika Radioaparatury*, Vol. 77, pp. 47–52. doi: 10.20535/RADAP.2019.78.47-52. [In Ukrainian].
- [13] Tsymporenko, V. V., Tsymporenko, V. G., Chukhov, V. V., Andreev, O. V. (2018). Analysis of Accuracy of Direct Digital Method of Correlative-Interferometric Direction Finding with Two-Dimensional Correlative Processing of Spatial Signal. *Visnyk NTUU KPI Serii A - Radio-tehnika Radioaparatury*, Vol. 72, pp. 23–31. doi: 10.20535/RADAP.2018.72.23-31. [In Russian].
- [14] Varakyn L. E. (1985). *Communication systems with noise-like signals [Sistemny svyazi s shumopodobnyimi signalami]*. M.: Radio y svyaz, 384 p. [In Russian].
- [15] Kazarinov Yu. M. (2008) *Radio engineering systems: textbook for universities [Radiotekhnicheskie sistemy: ucheb. dlya vuzov]*. M.: Akademiya, 592 p. [In Russian].
- [16] Pilinskiy V. V. (2014). Technical electrodynamics and propagation of radio waves: a textbook for students in the field of training 6.050903 "Telecommunications" [Tekhnichna elektrodynamika ta poshyrennia radiokhvyl: navchalnyi posibnyk dlia studentiv napriamu pidhotovky 6.050903 «Telekomunikatsii»]. Kyiv : *Kafedra*, 336 p. [In Ukrainian].
- [17] Recommendation ITU-RP.372-13 (09/2016). Radio noise. *International Telecommunication Union*.

Использование функций Уолша для повышения энергетической скрытности цифровой радиолнии

Андреев А. В., Дубина А. Ф., Никитчук Т. Н., Ципоренко В. В.

Для передачи аналоговых сигналов по каналам радиосвязи в районах со сложным рельефом местности широко используется коротковолновый и ультракоротковолновый диапазоны. При этом большинство средств радиосвязи используют частотную модуляцию передатчика при ограниченной полосе частот. Такие сигналы имеют достаточно высокую спектральную плотность, что позволяет выявлять и перехватывать передаваемые сообщения.

В современных телекоммуникационных системах, при передаче данных по радиоканалу СВЧ диапазона, широко используются сигналы, ширина спектра которых превышает полосу частот, необходимую для передачи данных с определенной скоростью. Это обеспечивает нужную скорость передачи цифровых данных при достаточно низкой вероятности обнаружения радиосигнала. В условиях существующих ограничений на мощность передатчика, необходимая дальность радиолнии обеспечивается путем адаптивного изменения

продолжительности передачи, что позволяет существенно увеличить значение базы радиосигнала. Однако, продолжительность передачи в реальном времени цифрового сигнала речи не может превышать значение периода дискретизации сигнала с определенной шириной спектра. В статье предложен вариант использования функций Уолша для расширения спектра сигнала цифровой радиолнии УКВ диапазона в условиях ограничений как на мощность, так и на продолжительность излучения радиосигнала. Проведена оценка условий обнаружения излучения передатчика широкополосной цифровой радиолнии средствами частотного мониторинга.

Ключевые слова: обнаружение излучения; радиосвязь; широкополосный сигнал; ортогональные сигналы; функции Уолша

Using Walsh Functions for Increase the Stealth Communication in a Digital Radio Channel

Andreev O. V., Dubyna O. F., Nikitchuk T. N., Tsymporenko V. V.

Introduction. The use of wideband signals in telecommunication systems provides the desired speed of digital data transmission on radio channels of ultrahigh frequencies range with the required quality. In this case, in the range of ultrahigh frequencies, it is possible to provide a sufficiently low probability of detecting wideband signals, which corresponds to the needs of cybersecurity and data confidentiality.

Due to the optimal processing in wideband receivers, the power of the useful signal can be increased by of the signal base. A decrease in the spectral power density of a wideband signal reduces the detection range of the radiation of a broadband transmitter, as compared to a narrowband one with the same transmitter power. Further improvement of the stealth communication is possible with an increase in the base of the signal with a simultaneous decrease in the transmitter power.

Purpose of work. Evaluation of the possibility of using wideband signals in the short wave range for communication digital data and determination the probability of the detection the transmitter radiation with lowering power by means of frequency monitoring.

Presentation of research material. Let the transmission of a voice signal with the upper frequency of the spectrum of 3,9 kHz used the analog-digital signal conversion with 256 quantization levels and a sampling period of 128 μ s. Each 8 bits match a specific Walsh function in the encoder. With an elementary symbol duration of 0,5 μ s, the signal spectrum is expanded to 2 MHz, and the signal base is 256. To organize multichannel transmission is supposed to use frequency separation of the channels with a phasemanipulation of the carrier frequency. This is not need account the mutual correlation the signals of other wideband channels, which use identical Walsh functions. Qualitative transmission of information, with binary eight-bit pulse-code modulation and the simultaneous use of Walsh orthogonal functions is provided by optimal signal/noise ratio at the input of the demodulator of the pulse-code modulation 15 dB. Consequently, an assessment of the possibility of transmitting information with specified

quality indicators using a wideband signal is reduced to the calculation of the signal / noise ratio for a certain range of communication. The calculation results show that at the input of the demodulator of the pulse-code modulation of the wideband radio communication tool provides the necessary signal / noise ratio at a distance from the transmitter, which slightly exceeds 6 km. In addition, with a decrease the power transmitter's in ten times, the range of the wideband radio communication decreases to 3 km. Verification of the possibility of detecting a radiation the means of frequency monitoring is to determine the signal / noise ratio that will be created by a wideband radio transmitter at the input of the frequency monitoring receiver. The wideband radio transmitter with a power of 5W creates at the entrance of the receiver of frequency monitoring at a distance of 1 km signal ratio / noise 16,3 dB. In this case, the conventional probability of the correct detection of the signal with an unknown initial phase and the amplitude is at least 0,8. Note, that a narrowband transmitter with the same power, at a distance of 1 km creates a signal / noise

ratio of 36,3 dB at the input of the frequency monitoring receiver. When the transmitter power is reduced to 0,1 W, the transmission of information with the specified quality indicators is ensured over a distance of up to 2 km. In this case, the conditional probability of correct detection of the signal by the frequency monitoring receiver reaches a value of less than 0,5 already at a distance of 0,5 km. Despite the possibility of detecting a radio broadband signal, any other receiver that does not have a priori information about the information signal encoding parameters will not be able to restore the information contained in the signal.

Conclusions. The use of wideband signals with a large base degrades the conditions for detecting the emission of the transmitter compared to narrowband means of communication. A further decrease in the probability of detecting the emission of a wideband signal is possible by decreasing the transmitter's power.

Key words: radiation detection; radio communication; wideband signal; orthogonal signals; Walsh functions