

## АНАЛІЗ ОСНОВНИХ СТАНЦІЙ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ПРОВІДНИХ КРАЇН СВІТУ, В ЯКИХ ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ BWA ТА МЕТОД МОДУЛЯЦІЇ OFDM

Розглядаються радіозасоби бездротового широкосмугового доступу військового радіозв'язку передових країн світу, у яких використовується технологія OFDM. Показано, що подальші дослідження бажано провести у напрямку удосконалення процедур обробки OFDM-сигналів, передбачених стандартами бездротового широкосмугового доступу типу IEEE 802.11x, IEEE 802.16x в умовах впливу структурних завад. Також пропонується перехід від квадратурної до квазікогерентної обробки сигналу.

**Ключові слова:** системи радіозв'язку, бездротовий широкосмуговий доступ, ортогональне частотне мультиплексування, кратність модуляції.

### Вступ

Необхідність забезпечення високої готовності до виконання завдань за призначенням за умови скорочення витрат на утримання силових структур України вимагає підвищення ефективності функціонування відповідних телекомунікаційних систем. Невід'ємною частиною таких телекомунікаційних систем є підсистеми, в яких використовується радіозв'язок, зокрема бездротовий широкосмуговий доступ (Broadband Wireless Access–BWA). Дійсно, з огляду на сучасні науково-технічні досягнення в області радіозв'язку і досвід передових країн світу в силових структурах доцільно використовувати засоби радіозв'язку, які б мали у своєму складі базові станції BWA, у першому наближенні за стандартами IEEE 802.16x або типу Long Term Evolution (LTE) Advanced тощо, з базовою технологією Orthogonal Frequency-Division Multiple Access/Single-carrier frequency-division multiple access (OFDMA/SC-FDMA). Це дозволить здійснювати прив'язку мобільних абонентів принаймні в радіусі до 30 км [1, 2] до базової станції, які на сьогодні, як приклад, являють собою основну компоненту сучасної опорної польової мережі зв'язку в збройних силах Російської Федерації [1] та США [10-14].

Зважаючи на те, що системи радіозв'язку силових структур повинні функціонувати в умовах можливого впливу різноманітних завад, можна пропонувати використання OFDMA/SC-FDMA та їм подібні. Але сигнали OFDM, коли на кожній з піднесівних, згідно пакету стандартів IEEE 802.16x, використовуються багатопозиційні сигнально-кодові конструкції, які не розраховані на функціонування в складних заводових умовах через той очевидний факт, що заводостійкість та заводо захищеність систем сигналів стрімко знижується із зростанням позиційності [3].

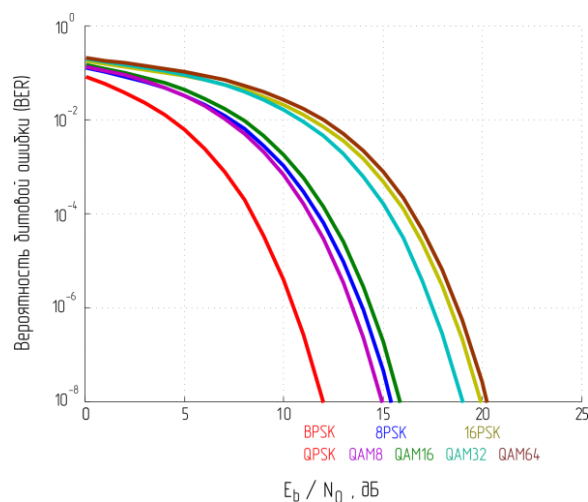


Рис. 1 Ймовірності бітової помилки для різних видів модуляції (когерентне детектування, ідеальна синхронізація, без кодування)

Тому на першочергову увагу заслуговує природний крок на шляху до підвищення завадозахищеності сигналів шляхом зменшення кратності модуляції (позиційності) на піднесівних частотах до 2 включно (binary phase shift keying – BPSK), оскільки загальновідомо, що метод модуляції BPSK є найбільш завадостійким та завадозахищеним [3].

#### **Постановка завдання дослідження в загальному вигляді**

З огляду на вищевикладене важливою і актуальною є задача аналізу характеристик і параметрів високошвидкісних багатодіапазонних ширококутових радіостанцій провідних країн світу, які використовують у своєму складі базові станції BWA та метод модуляції OFDM з мінімальною кратністю модуляції на піднесівних частотах (BPSK).

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

У статті [4] наведений стислий огляд технології OFDM. Викладена історія становлення, а також сформульовані переліки стандартів IEEE, де і з якими параметрами використовується технологія OFDM на теперішній час.

Виявлено, що перспективним напрямком розвитку є вирішення задачі фільтрації початкових фаз несівних, що спирається на умову збереження аналітичного зв'язку між їхніми початковими фазами на приймальній стороні.

Суттю завдання є одночасна фільтрація (оцінка) початкових фаз, реалізована на основі “групового” спостереження всіх несівних, не обов'язково виконуючи при цьому дискретні перетворення Фур'є і застосовуючі пілот-сигнали [5, 6]. Тобто здійснити перехід від квадратурної до квазікогерентної демодуляції OFDM-сигналу. Результат рішення поставленого завдання може бути використаний у перспективній технології LTE Advanced [7, 8], для засобів зв'язку силових структур у складних сигнально-завадових умовах.

Постало завдання аналізу радіозасобів BWA військового радіозв'язку передових країн світу, у яких використовується технологія OFDM, як перспектива впровадження подібних у наших силових структурах.

#### **Викладення основного матеріалу дослідження**

Значного розповсюдження система BWA з використанням технології OFDM знайшла у військових системах радіозв'язку силових структур світу.

В сухопутних військах НАТО з'явилися системи зв'язку, що використовують військову версію стандарту IEEE 802.11g. Їх виробництво освоїла нідерландська фірма MobiComm. Компанія NovaEngineering уже декілька років пропонує серійні комплекси зв'язку для ВМС США (HDRLOS Radio Modem), які реалізують принцип OFDM.

Широкому розповсюдженню OFDM сприяв вибір даної технології модуляції сигналів як фізичної основи створення тактичних ширококутових мереж (Wideband Networking Waveform, WNW) в рамках програми Joint Tactical Radio System (JTRS). Як відзначено в перспективному плані розвитку безпілотних авіаційних систем США [9], WNW планують використовувати в якості радіоліній зв'язку з безпілотними літальними апаратами (БПЛА) на основі технології WiBro (Wireless Broadband, IEEE 802.16) [10].

Компанія HARRIS у своєму складі налічує низку радіозасобів BWA, які використовують технологію OFDM.

До основних можна віднести ретранслятор прямої видимості RF-7800W (HCLOS), який забезпечує легкість і простоту розгортання бездротової IP лінії зв'язку, високошвидкісну передачу даних високої якості і в режимі реального часу між мобільними абонентами та центром управління [11]. В результаті командири можуть приймати швидкі й обґрунтовані рішення під час розгортання вузлів зв'язку та безпосередньо в бою.

Радіо-Ethernet RF-7800W – це обладнання для безпечного, надійного, бездротового, ширококутового зв'язку комерційного та військового призначення.



Рис. 2 Ретранслятор прямої видимості RF-7800W (HCLOS)

Працює в IV діапазоні НАТО (4,4 - 5,0 ГГц) зі швидкістю передачі даних понад 90 Мбіт/с і на достатньо великі відстані, що перевищують 160 км за умови прямої видимості.

Таблиця 1

Технічні характеристики RF-7800W (HCLOS)

<b>Загальні характеристики</b>	
Системні характеристики	Зв'язок із застосуванням сигналів OFDM в межах оптичної прямої видимості і поза межами прямої видимості
Робочі режими	Зв'язок типу "точка – точка" (PTP) Зв'язок типу "точка – багато точок" (PMP)
Кабель електроживлення	Ethernet до 91м
Програмна архітектура	Оновлення через HTTP/HTTPS інтерфейс
Споживча потужність	Максимум 22 Вт
Вимоги до електроживлення	110/220/240 джерела змінного струму з частотою 50/60 Гц та пристроєм живлення через Ethernet (POE)
<b>Характеристики бездротового тракту</b>	
Характеристики передачі	OFDM, дуплексний зв'язок з часовим поділом (TDD) і множинний доступ з часовим поділом (TDMA)
Частотний діапазон	Від 4,4 до 5,0 ГГц
Ширина каналу	5, 10, 20, 40 МГц – режим PTP і 5, 10, 20 МГц – режим PMP
Рознос між каналами	1 МГц
Потужність передавача	До 25 dBm, регулювання здійснюється автоматично та вручну
Модуляція	Від BPSK до 64 QAM
Шифрування	256-бітний AES
Контроль і керування	Автоматичне регулювання потужністю передавача (в режимі PTP), адаптивна модуляція
<b>Характеристики цифрового тракту</b>	
Швидкість передачі даних	До 108 Мбіт/с, режим PTP; До 54 Мбіт/с, режим PMP
Максимальна швидкість Ethernet	90 Мбіт /с в режимі PTP і 45 Мбіт /с в режимі PMP
Дальність дії	90 км, лінія прямої видимості – режим PTP 45 км, лінія прямої видимості – режим PMP
<b>Інтерфейси</b>	
Мережеве підключення	10/100 Ethernet
Конфігурація системи	Інтерфейс інтернет браузера HTTPS, SNMP, SSH
Управління мережею	SNMP v2/v3
<b>Навколишнє середовище</b>	
Температура	Робоча температура від мінус 40°C до плюс 60°C
Вологість	Від 0 до 95%

Фізичні характеристики	
Маса	2,5 кг
<b>Акcesуари</b>	
RF-7800W-PA440	Двонаправлений підсилювач потужності
RF-7800W-IU100	Пристрій мережевого інтерфейсу (NIU)
RF-7800W-AA001	Закрита рамкова антена трасової системи (CLAAS)
RF-7800W-TK001	Транкінг-система
RF-7800W-AT001	Панельна антена 1
RF-7800W-AT012	Панельна антена 2
RF-7800W-AT013	Параболічна антена
RF-7800W-AT017	Секторна антена 90°
RF-7800W-AT016	Всенаправлена антена
RF-5941-PM155	15 м щогла з ручною лебідкою і набором заземлення

Переваги ретранслятора:

- високоякісні військові технології, які дають змогу для надійного використання в “жорстких” зовнішніх умовах;
- простота розгортання, легкий дизайн і інтуїтивно зрозумілий веб-інтерфейс;
- безпека у відповідності до поставлених завдань – захист передаваної інформації може бути забезпечена за допомогою вбудованого шифрування;
- сумісність з діючими широкосмуговими комунікаційними засобами для забезпечення високої швидкості обміну інформацією всередині мережі.

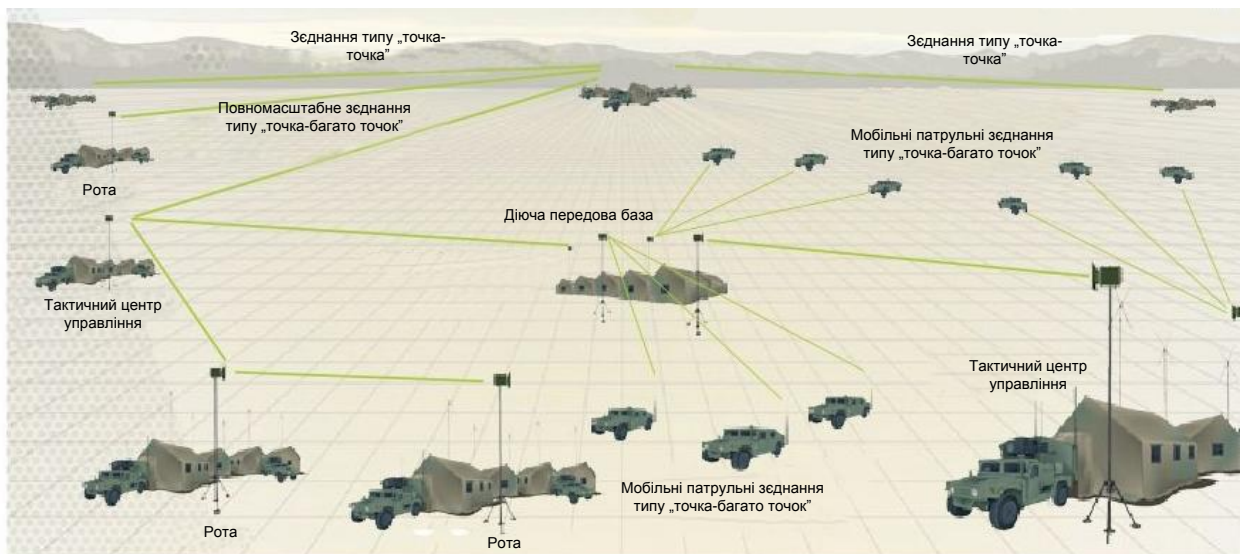


Рис. 3 Варіанти застосування засобів радіозв'язку HARRIS з використанням RF-7800W-OU440

### Багатодіапазонні радіостанції сімейства MCTR 7200.

MCTR 7200 дозволяє конфігурувати радіомережу, що містить до 1000 вузлів, і підтримувати взаємодію всіх учасників зв'язку [12]. Ієрархічні структури організації можуть бути легко адаптовані до радіомережі шляхом її відповідної конфігурації і можливості застосування сигналів в різних дозволених частотних діапазонах для адаптації до умов бойового застосування засобів зв'язку.

До сімейства радіостанцій MCTR 7200 входить також носима (портативна) радіостанція MCTR 7200 НН.



Рис. 4 Портативні радіостанції MCTR 7200 та MCTR 7200HH

Таблиця 2

Технічні характеристики радіостанцій MCTR 7200 та MCTR 7200HH

Загальні характеристики	
<b>Радіостанція MCTR 7200</b>	
Діапазон частот	НВЧ - від 30 до 108 МГц; УВЧ - від 487 до 806 МГц (от 225 до 512 МГц опціонально)
Розносміжканалами	НВЧ - 25 кГц; УВЧ - 4 МГц
Швидкість передачі	НВЧ - 115 кбіт/с; УВЧ - 8 Мбіт/с
Інтерфейси	Ethernet 10/100 Мбіт/с, USB (опціонально), GPS, аудіо, ключ шифрування, електроживлення від джерела постійного струму, обробка зображень та ін.
Умови навколишнього середовища	MIL-STD-810
Електромагнітна сумісність	MIL-STD-461
Маса	~ 35 кг
Розміри	404 x 362 x 220 мм
<b>Радіостанція MCTR 7200 HH</b>	
Діапазон частот	Від 30 до 512 МГц
Рознос між каналами	- 25 кГц в діапазоні від 30 до 512 МГц; - 1 МГц в діапазоні від 225 до 215 МГц
Швидкість передачі даних	- до 115 кбіт/с увузкій смузі GMSK: від 250 до 2600 кбіт/с - до 1 Мбіт/с (4 Мбіт/с) в широкій смузі OFDM: від 4500 до 8000 кбіт/с
Спеціальна мережа	Вузьясмуга – голос і дані;широкасмуга – дані
Інтерфейси	Ethernet 10/100 Мбіт/с, USB, RS-232 із синхронним і асинхронним режимами роботи
Умови навколишнього середовища	MIL-STD-810
Електромагнітна сумісність	MIL-STD-461
Маса	~ 1 кг, включаючи акумулятор

EnHCDR – УВЧ мережеутворююча радіостанція з високошвидкісним каналом зв'язку 8 Мбіт/с для тактичної системи Кентавр.



Радіостанція EnHCDR забезпечує високошвидкісну передачу даних між морськими, сухопутними військами і військово-повітряними силами, створює середовище для обміну інформації в складних сигнально-завадових умовах.

Можливість передачі даних зі швидкістю 8 Мбіт/с з високими спектральними характеристиками робить мікропроцесорну радіостанцію EnHCDR спеціальної самоорганізованої мережі найперспективнішою радіостанцією для організації радіоканалу передачі даних серед інших подібних типів радіостанцій [13].



Рис. 5 Радіостанція EnHCDR

Радіостанція EnHCDR є лідером в області УВЧ зв'язку. Ця радіостанція з 8 Мбіт/с пропускнуою здатністю створює самоорганізовані, самовідновлювальні, самокеровані адаптивні мобільні мережі зв'язку високої якості. Відмінна завадозахищеність від багатопроменевого поширення радіохвиль завдяки використанню передової технології OFDM. EnHCDR та її прототипи розгорнуті в 11 країнах НАТО. Основні тактико-технічні характеристики наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Технічні характеристики радіостанції EnHCDR

<b>Фізичні характеристики</b>	
Розміри	(194 x 411 x 297) мм
Маса	14 кг
<b>Системні характеристики</b>	
Діапазон частот	Від 225 до 450 МГц
Вихідна потужність	Адаптивна до 20 Вт
Спектральна ефективність OFDM-сигналу	4 МГц
Споживча потужність	100 Вт
Швидкість передачі даних	Адаптивна швидкість передачі до 8 Мбіт/с; Швидкість передачі даних типу "точка-точка" 2 Мбіт/с
Безпека	AES 256-біт
Діапазон робочих температур	Від -35 до +71 °C
Електроживлення	24 В від автомобіля

#### **Радіостанція тактичної ланки управління ATPRR 1**

Радіостанція ATPRR 1 працює в частотному діапазоні 2,4 ГГц з широким спектром випромінювання. Система призначена для зв'язку підрозділу, кількістю до 30 осіб, де

потрібний надійний радіозв'язок (один з одним) з можливою ретрансляцією радіосигналу. Радіостанція ідеально підходить для зв'язку усередині будівель, а також у відкритій місцевості, де дальність зв'язку може досягати до 1000 м. Передбачений захист від прослуховування і радіоперехоплення. При роботі радіостанція не схильна до впливу вузькосмугових завад. Вона спеціально розроблена для двостороннього радіозв'язку при роботі мобільної групи (мережі), там де відсутня всяка інфраструктура з можливістю ретрансляції радіосигналу.



Рис. 6. Радіостанція AT PRR 1

Таблиця 4

Технічні характеристики радіостанції AT PRR 1

Частотний діапазон	Від 2400,0 МГц до 2483,5 МГц
Вихідна потужність	Максимум 100 мВт
Кількість робочих каналів	240
Тип модуляції	OFDM
Швидкість передачі	160 кбіт/с
Номінальна напруга живлення	3,7 В
Тривалість роботи при передачі	24 годин (з ВР200 акумулятором)
Діапазон робочих температур	Від -30 °С до +50 °С
Занурення	До 1 м
ЕМІ	Відповідно до MIL-STD-461E
Розмір	78 мм x 133 мм x 27 мм [ШxВxГ]
Вага	0,23 кг

Схожа за принципом дії та тактико-технічними характеристиками радіостанція PR-20, яка теж відноситься до класу радіостанція тактичної ланки управління.

У Російській Федерації на озброєння прийнятий мобільний комплекс зв'язку "МКК-МКС" фірми "Мікран" [1].

"МКК-МКС" – комплекс апаратури і обладнання, призначений для організації швидкого розгортання цифрових радіорелейних ліній зв'язку та мереж широкосмугового бездротового доступу за стандартом IEEE 802.16x, і для забезпечення надійним і якісним зв'язком посадових осіб різних рівнів, ланок і пунктів управління (рис. 7). Саме наявність стандарту IEEE 802.16x дозволяє здійснювати прив'язку мобільних абонентів (в радіусі до 30 км) до радіорелейних станцій, які являють собою основну компоненту опорної польової мережі зв'язку.

Мобільний комплекс зв'язку "МІК-МКС" створений з використанням передових досягнень в галузі радіорелейного зв'язку, обчислювальної техніки, конструкторсько-технологічних рішень, елементної бази і побудований за модульним принципом виконання.

Використання даного комплексу дозволяє забезпечити побудову багатоінтервальних ліній і мереж зв'язку при передачі цифрової інформації з набором швидкостей від 5 до 155 Мбіт/с одночасно до чотирьох напрямків зв'язку та мереж широкосмугового бездротового доступу ємністю до 200 абонентів і швидкістю передачі до 37 Мбіт/с.



Рис. 7. Мобільний комплекс зв'язку "МІК-МКС"

Апаратна машина забезпечує:

- роботу до чотирьох напрямків зв'язку з дальністю до 15 ... 55 км в залежності від швидкості передачі і частотного діапазону в умовах прямої видимості;
- розгортання базової станції (БС) BWA WiMIC-2000/6000В із зоною покриття до 30 км при наявності прямої видимості;
- прив'язку до відомчої мережі зв'язку або мережі зв'язку загального користування за стандартними інтерфейсам за допомогою мідно-кабельної або оптоволоконної лінії.

На окрему увагу заслуговує БС BWA WiMIC 2000В/WiMIC 6000В [1].

Основні технічні характеристики наведені в таблиці 5.

Таблиця 5

Основні технічні характеристики базової станції широкосмугового BWA WiMIC 2000В/WiMIC 6000В(WiMAX)

Параметр	Значення
Діапазони робочих частот, ГГц	
WiMIC-2000	2,0 ... 2,1
WiMIC-6000	5,725 ... 6,425



Технологія мультиплексування даних абонента (в напрямку точка доступу – абонентська станція)		TDM	
Тип доступу до середовища передачі (в напрямку абонентська станція – точка доступу)		TDMA	
Метод дуплексування		FDD або TDD	
Максимальна пропускна здатність сектора, Мбіт/с		37,67	
Забезпечення якості обслуговування QoS		(UGS, BE, rtPS, nrtPS)	
Технологія передачі		OFDM-256	
Спосіб модуляції		адаптивна, від BPSK до QAM-64	
Завадостійке кодування		каскадне: Ріда-Соломона / Вітербі	
Підтримуємі види модуляції, рівні кодування	Модуляція	Кодування	швидкість (в смузі 10 МГц, FDD), Мбіт/с
	BPSK	1/2	4,19
	QPSK	1/2	8,37
	QPSK	3/4	12,56
	16-QAM	1/2	16,64
	16-QAM	3/4	25,11
	64-QAM	2/3	33,48
64-QAM	3/4	37,67	
Спектральна ефективність		до 5 біт/с/Гц	
Смуга сигналу, МГц		1,75; 3,5; 7; 10	
Потужність на виході передавача, дБм, БС/АС		23/23	
Установка частоти передавача		програмно	
Регулювання вихідною потужністю		програмно	
Параметри приймача	Схема модуляції		Чутливість (в смузі 10 МГц), дБм
	BPSK		- 88
	QPSK		- 86
	QPSK		- 84
	16-QAM		- 81
	16-QAM		- 78
64-QAM		- 73	
Максимальна кількість секторів			
WiMIC-2000		до 6	
WiMIC-6000			
Кількість абонентів на один сектор		до 200	
Топологія розміщення абонентських станцій		довільна	
Електроживлення, В, БС / АС			
WiMIC-2000		-18...-36 / -18...-36	
WiMIC-6000		-48...-60 / ~220	

Апаратура забезпечує побудову мережі типу “точка – багато точок” з кількістю абонентських станцій до 200 і швидкістю передачі до 37.67 Мбіт/с (на 1 сектор).

Система WiMIC 2000B / WiMIC 6000B заснована на рекомендації IEEE 802.16-2004 WirelessMAN, тому характеризується усіма особливостями і перевагами, властивими технології WiMAX.

Отже, як показав аналіз радіозасобів BWA передових країн світу, та зважаючи на те, що станції силових структур будуть працювати в умовах можливого впливу навмисних чи ненавмисних завад, найбільш завадозахищеним, очевидно є режим роботи Wireless MAN-OFDM з використанням методу найбільш завадостійкої модуляції BPSK. Багатопозиційні сигнально-кодові конструкції не розраховані на функціонування в складних заводових умовах, тому доцільно провести наступні дослідження по удосконаленню процедур обробки BPSK-сигналів в напрямку не квадратурної а квазікогерентної обробки сигналу.

## Висновки

Отже, перспективним напрямком є впровадження радіозасобів у силових структурах, які б мали у своєму складі BWA з використанням передової технології OFDM. Подальші дослідження бажано провести у напрямку удосконалення процедур обробки OFDM-сигналів, передбачених стандартами BWA типу IEEE 802.11x, IEEE 802.16x в умовах впливу структурних завад. Також пропонується перехід від квадратурної до квазікогерентної обробки сигналу.

## Перспектива досліджень

1. Виконати імітаційне моделювання для квазікогерентного демодулятора OFDM-сигналу з компенсацією вузькосмугової завади.
2. На основі отриманих імітаційних моделей бажано проаналізувати заводо захищеність в умовах впливу найбільш вірогідних завад.

## Література

1. Про апаратуру бездротових систем зв'язку [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.micran.ru/about/partners/dealerr1/> / Дата доступу: – березень 2013.
2. WiMAX [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://ru.wikipedia.org/wiki/WiMAX> / Дата доступу: – грудень 2013.
3. Коржик В.И. и др. Расчет помехоустойчивости систем передачи дискретных сообщений: Справочник / Коржик В.И., Финк Л.М., Щелкунов К.Н.: Под ред. Л.М. Финка. – М.: Радио и связь, 1981. – 232 с.
4. Єрохін В.Ф., Гиндич Б.А. Застосування технології OFDM у широкосмугових бездротових мережах / В.Ф. Єрохін, Б.А. Гиндич // Збірник наукових праць: К., МО України, № 2. – 2012. – С. 60.
5. Харисов В.Н. Оптимальный прием многочастотных сигналов со случайными параметрами / В.Н. Харисов, А.А. Черников: том XXIV, №4 Известия вузов СССР – Радиоэлектроника, 1981. – С. 39 – 46.
6. Тихонов В.И. Оптимальная фильтрация дискретно-непрерывных процессов / В.И. Тихонов, В.Н. Харисов, В.А. Смирнов: том № 7 – Радиотехника и электроника, 1978. – С. 1441 – 1452.
7. Hanzo L. MIMO-OFDM for LTE, WiFi and WiMax. Coherent versus Non-coherent and Cooperative Turbo-transceivers / Hanzo L., Akhtman Y., Wang L. – West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2011. – 658 p.
8. Dahlman E. 4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband / Dahlman E., Parkvall S., Skold J. – Oxford, UK: Academic Press is an imprint of Elsevier, 2011. – 431 p.
9. Unmanned Aircraft Systems (UAS) Roadmap 2005–2030. – [www.globalsecurity.org/intell/library/reports/2005/roadmap-final2.pdf](http://www.globalsecurity.org/intell/library/reports/2005/roadmap-final2.pdf).
10. Pyung-Joo Park et al. Performance of UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Communication System Adapting WiBro with Array Antenna. – Proceedings of the 11th international conference on Advanced Communication Technology, Volume 2, Feb. 15–18 2009, p. 1233–1237.
11. BroadBand Ethernet Radio RF-7800W-OU440 – Harris Corporation / RF Communications. 2012 [Електронний ресурс]. URL: [http://rf.harris.com/media/RF-7800W-OU440%20DataSheet\\_tcm26-13554.pdf](http://rf.harris.com/media/RF-7800W-OU440%20DataSheet_tcm26-13554.pdf) / Дата доступу: – січень 2014.
12. MCTR 7200 Family. SCA based Multiband Radio – TELEFUNKEN RACOMS. Defense. [Електронний ресурс]. URL: [http://www.tfk-racoms.com/defense/downloads/201004\\_MCTR7200Brochure\\_en\\_low.pdf](http://www.tfk-racoms.com/defense/downloads/201004_MCTR7200Brochure_en_low.pdf) / Дата доступу: – січень 2014.
13. Centaur® Enhanced High Capacity Data Radio (EnHCDRTM) – ITT Exelis Inc., 2012. [Електронний ресурс]. URL: [http://www.exelisinc.com/solutions/Enhanced-High-Capacity-Data-Radio/Documents/Centaur-Enhanced-High-Capacity-Data-Radio-\(EnHCDR\).pdf](http://www.exelisinc.com/solutions/Enhanced-High-Capacity-Data-Radio/Documents/Centaur-Enhanced-High-Capacity-Data-Radio-(EnHCDR).pdf) / Дата доступу: – січень 2014.
14. Про радіостанцію ATPRR 1 [Електронний ресурс] // Режим доступу: [http://personal-role-radio.at-communication.com/en/at/handheld\\_personal\\_role\\_radioatpr1.html](http://personal-role-radio.at-communication.com/en/at/handheld_personal_role_radioatpr1.html) / Дата доступу: – січень 2014.

Надійшла 28.05.2014 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Козелков С.В.