

**МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ**  
**Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації**  
**Національного технічного університету України**  
**„Київський політехнічний інститут”**



# **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

Випуск № 1

Київ – 2010

ББК  
Ц4(4Укр)39  
З – 415

Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „Київський політехнічний інститут”. – Випуск № 1. – Київ: ВІТІ НТУУ „КПІ”, 2010. – 151 с.

У збірнику опубліковано статті вчених, ад’юнктів і здобувачів, студентів інституту та інших установ (організацій) в яких розглядаються проблеми побудови сучасних телекомунікаційних систем та мереж, систем захисту інформації, автоматизованих систем управління.

***Редакційна колегія:***

***Романюк В.А.***, д.т.н., професор (голова редколегії);  
***Креденцер Б.П.***, д.т.н., професор (заступник голови редколегії);  
***Гостєв В.І.***, д.т.н., професор;  
***Жердєв М.К.***, д.т.н., професор;  
***Смірнов Ю.О.***, д.т.н., професор;  
***Самохвалов Ю.Я.***, д.т.н., професор;  
***Романов О.І.***, д.т.н., професор;  
***Бессалов А.В.***, д.т.н., професор;  
***Субач І.В.***, к.т.н., доцент;  
***Кувшинов О.В.***, к.т.н., доцент;  
***Колачов С.П.***, к.т.н.;  
***Старков В.М.***, к.в.н., доцент;  
***Ткаченко Ю.М.*** прац. ЗСУ;  
прац. ЗСУ ***Шевченко М.К.*** (відповідальний редактор).

Всі наукові статті, включені до збірника, прорецензовані фахівцями по галузях та отримали позитивний відгук.

Збірник затверджено на засіданні вченої ради інституту. Протокол засідання вченої ради № 12 від 12.04.2010 року.

Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ” затверджено Постановою президії ВАК України від 08 липня 2009 року № 1-05/3 в якості фахового видання, в якому можуть публікуватися результати дисертаційних досліджень в галузі технічних наук.

При передрукуванні матеріалів посилання на збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „Київський політехнічний інститут” обов’язкові.

### З М І С Т

1.	<b>Бунін С.Г., Войтенко Ю.Ю.</b> Швидкість передачі інформації в імпульсних надширококузових мережах.....	4
2.	<b>Глоба Л.С., Рибіна К.В., Терновой М.Ю.</b> Визначення типів руху людини з використанням безпроводових сенсорних мереж.....	10
3.	<b>Гурський Т.Г., Бортнік Л.Л., Макаруч О.М.</b> Перспективи використання безпілотних літальних апаратів для радіоелектронного подавлення систем радіозв'язку.....	15
4.	<b>Жердєв М.К., Савков П.А., Глухов С.І., Попов П.П., Пистряк В.В.</b> Техніко-економічний аналіз доцільності впровадження уніфікованого ремонтного модуля на основі електромагнітного методу діагностування у військових ремонтних органах.....	24
5.	<b>Льїнов М. Д., Мацаєнко А. М., Шацький І. О.</b> Антена базової станції з секторною діаграмою направленості в азимутальній площині.....	28
6.	<b>Кокотов О.В., Шевченко А.С.</b> Загрози інформаційній безпеці систем безпроводового зв'язку в умовах інформаційної боротьби відповідно до критеріїв захищеності інформації.....	35
7.	<b>Котова О.І.</b> Дослідження груп абонентських ліній сільських районів України.....	41
8.	<b>Кувшинов О. В.</b> Методика управління засобами заводозахисту в системі радіозв'язку на базі теорії ігор.....	45
9.	<b>Польщиков К.О.</b> Метод нейро-нечіткого активного управління пакетними чергами в мобільній радіомережі спеціального призначення.....	52
10.	<b>Романов О.І., Грінєк Є.В., Нестеренко М.М., Маньківський В.Б.</b> Аналіз часу обробки повідомлень в системі управління телекомунікаційною мережею.....	60
11.	<b>Романюк В.А., Сова О.Я., Жук О.В.</b> Координатна маршрутизація в імпульсних надширококузових мобільних радіомережах (MANET).....	68
12.	<b>Слюсар В.І., Масєсов М.О.</b> Оцінка граничних можливостей ущільнення тропосферних сигналів в МУЛЬТИ-МІМО режимах роботи.....	78
13.	<b>Слюсар І.І., Слюсар В.І., Зінченко А.О.</b> Перспективні схемотехнічні рішення щодо створення систем зв'язку з цифровими антенними решітками.....	84
14.	<b>Сова О.Я.</b> Постановка проблеми управління потоками даних у мобільних радіомережах з динамічною топологією.....	92
15.	<b>Стрюк О.Ю.</b> Метод забезпечення максимінно-справедливого рівня сприйняття якості обслуговування абонентів базової станції радіомережі .....	101
16.	<b>Терновой М. Ю., Білодід Б.В., Дмитрієнко О.Ю.</b> Підхід до реалізації голосового зв'язку для WEB-орієнтованих прикладних програм.....	111
17.	<b>Труш О.В.</b> Моделювання системи автоматичного управління приводу запису/зчитування інформації в системі MATLAB.....	117
18.	<b>Флейта Ю.В., Коновалов О.Ю.</b> Методи вирішення інтегрального рівняння в задачі вимірювання характеристик каналів зв'язку.....	125
19.	<b>Чертов О. Р.</b> Групова анонімність даних.....	130
20.	<b>Чумак В.К.</b> Методика вибору параметрів сигналу в МІМО-системах при дії навмисних завод.....	140
21.	<b>Автори номера</b> .....	149
22.	<b>Пам'ятка для автора</b> .....	151

## ОЦІНКА ГРАНИЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ УЩІЛЬНЕННЯ ТРОПОСФЕРНИХ СИГНАЛІВ В МУЛЬТИ-МІМО РЕЖИМАХ РОБОТИ

*У статті представлені результати оцінки граничних можливостей просторового та частотного ущільнення тропосферних сигналів в мульти-МІМО режимах роботи. В основі розрахунків лежить імітаційне моделювання з приведеними обмеженнями, результати представлені у вигляді графічних залежностей. Отримані дані дозволяють сформулювати технічні вимоги та визначити способи застосування перспективних тропосферних комплексів, побудованих з використанням технологій цифрового діаграмоутворення та МІМО на основі цифрових антенних решіток.*

*В статье представлены результаты оценки граничных возможностей пространственного и частотного уплотнения тропосферных сигналов в мульти-МІМО режимах работы. В основе расчетов лежит имитационное моделирование с приведенными ограничениями, результаты представлены в виде графических зависимостей. Полученные данные позволяют сформулировать технические требования и определить способы применения перспективных тропосферных комплексов, построенных с использованием технологий цифрового диаграммообразования и МІМО на основе цифровых антенных решеток.*

*In the article the results of estimation of scope possibilities space-division and frequency-division multiplexing of troposphere signals in the mode of multi-MIMO are presented. Calculations are model-based simulation with reduced limitations, and results are presented as graphic dependences. Findings allow to formulate technical requirements and define the methods of application of perspective troposphere complexes, built with the use of technologies of digital beamforming and MIMO (multiple input – multiple output) on the basis of digital antenna arrays.*

**Ключові слова:** тропосферний зв'язок, цифрове діаграмоутворення, МІМО, просторове і частотне ущільнення.

### **1. Постановка задачі та її зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями**

Розробка та впровадження новітніх засобів зв'язку цивільного і спеціального призначення неодмінно потребує обґрунтованого підходу під час теоретичних розрахунків та оцінки можливостей нових методів шляхом моделювання. Особливо це стосується сучасних інформаційних технологій цифрового діаграмоутворення (ЦДУ) та МІМО (множинного входу – множинного виходу). Тенденції останніх наукових досліджень демонструють зростаючий інтерес до цифрових методів обробки сигналів та цифрових антенних решіток (ЦАР). Тому теоретичні розробки в цій області є актуальними, а наявність запатентованих технологій і методів з можливістю їх реалізації забезпечують завчасну інформаційну і технологічну перевагу над противником в інформаційних війнах сучасності.

Зрозуміло, що для підтримання Україною свого передового досвіду і положення серед інших держав слід і в подальшому розвивати вітчизняні високотехнологічні галузі, в тому числі і у військовій сфері. Розробка засобів радіолокації та зв'язку не може стояти осторонь цього процесу. Тропосферні засоби зв'язку знайшли досить широке застосування у ЗС України для побудови польової опорної мережі зв'язку і вузлів зв'язку прив'язки, тому їх подальше удосконалення є актуальним науковим і практичним завданням.

### **2. Аналіз останніх досліджень та публікацій**

В роботах [1, 2] авторами були викладені основні положення розробленого методу просторово-часового кодування сигналів тропосферного зв'язку із застосуванням удосконаленої технології мульти-МІМО. Аналіз можливостей сучасної обчислювальної техніки та антенних технологій [3, 4] свідчить про своєчасність впровадження представлених цифрових методів обробки сигналів як у малогабаритних і переносних засобах зв'язку, так і в стаціонарних, рухомих засобах тропосферного і супутникового зв'язку, в тому числі з безпілотними літальними апаратами [5].

При цьому залишається не вивченим питання аналізу граничних можливостей застосування розробленого методу. Особливу цінність являють собою можливості ущільнення сигналів за частотою при використанні неортогональної частотної дискретної модуляції (N-OFDM) та ущільнення у просторі каналів передачі даних, особливо у мульти-

МІМО режимах роботи [2].

Таким чином, метою статті є вивчення та оцінка граничних можливостей просторового та частотного ущільнення тропосферних сигналів в мульти-МІМО режимах роботи. Слід також зауважити, що такі дослідження в теорії тропосферного зв'язку є новими та актуальними, а їх результати дозволяють здійснити більш вичерпне формування вимог до технічних характеристик і способів застосування перспективних тропосферних комплексів та обґрунтування пропозицій щодо схемотехнічної реалізації цифрових сегментів та антенних пристроїв станцій.

### 3. Виклад основного матеріалу дослідження

Для дослідження описаних у [1, 2] удосконалених методів просторово-часової обробки сигналів тропосферного зв'язку варто скористатися нижньою границею Крамера-Рао (НГКР) для розрахунку потенційної точності оцінювання амплітуд сигналів [6], записавши інформаційну матрицю Фішера у вигляді квадратичної матричної форми  $I = H^* \cdot H$ , де „\*” – символ комплексно сполученого транспонування, а блокові матриці  $H$  відповідають виразу

$$U = H \cdot A + N,$$

де  $U$  – вектор напруг по виходах прийомних каналів ЦАР;  $H$  – матриця передавальних характеристик каналу МІМО (мульти-МІМО);  $A$  – вектор сигналів, що випромінюються;  $N$  – вектор напруг шумів на виході прийомних каналів [1]. Обертання інформаційної матриці Фішера дозволяє одержати дисперсії оцінок амплітуд сигналів, помноживши діагональні елементи зворотної матриці на дисперсію шуму по виходу аналого-цифрового перетворювача (АЦП) або процедури додаткового стробування відліків АЦП [2]. Остання дозволить погодити роботу високошвидкісного АЦП на виході прийомного каналу ЦАР із цифровими пристроями в схемі подальшої обробки сигналу [2]. Розраховані зазначеним способом оцінки дисперсій далі слід порівняти з величиною міжсимвольного інтервалу кодування, задаючись необхідною ймовірністю безпомилкової демодуляції.

Для дослідження граничних можливостей просторового та частотного ущільнення каналів поширення тропосферних сигналів у режимі мульти-МІМО було проведено імітаційне моделювання. При цьому були введені наступні припущення (рис. 1): електромагнітне поле у точці прийому сигналів формується рознесеними у просторі областями розсіювання, що займають відносно малу частину розсіюючої поверхні глобули; приймальна ЦАР – чотирьохелементна еквідистантна лінійна решітка; відстань між кореспондентами й прийомною станцією ( $L_{int}$ ) – 120 км; висота центру області перевідбиття ( $h_{otr}$ ) – 6 км; кількість кореспондентів – 2; кількість точок перевідбиття у тропосфері від кожного з кореспондентів – 2; напрямок на область перевідбиття  $\gamma = 0$ ; кількість частотних піднесучих сигналів кожної із точок перевідбиття – 4; номінали піднесучих для всіх точок перевідбиття однакові; матриця мульти-МІМО каналу вважалася відомою на прийомній стороні й рівною одиничній.

Для розрахунку параметрів моделювання й узагальнених кутових координат використовувалися наступні вирази:

$$R_{int} = \sqrt{\left(\frac{L_{int}}{2}\right)^2 + h_{otr}^2}, \text{ де } R_{int} \text{ – відстань до області перевідбиття (рис. 1. а), } R_{int} = OO';$$

$\frac{\rho}{2} = \arctg\left(\frac{D_1}{2R_{int}}\right)$ , де  $\frac{\rho}{2}$  – кути між напрямком на область перевідбиття й напрямками на пари точок перевідбиття (прийняті однаковими для обох пар точок перевідбиття),  $D_1$  – відстань (км) між парами точок перевідбиття (рис. 1. б);

$\frac{\beta}{2} = \arctg\left(\frac{D_2}{2\sqrt{R_{int}^2 + (D_1/2)^2}}\right)$ , де  $\frac{\beta}{2}$  – кути між напрямками на пари точок перевідбиття й напрямками на точки перевідбиття (прийняті рівними для всіх точок перевідбиття),  $D_2$  – відстань (км) між точками перевідбиття в парі (рис. 1. б);

$\theta(P1_1) = \gamma + \rho/2 + \beta/2$ ,  $\theta(P1_2) = \gamma + \rho/2 - \beta/2$ ,  $\theta(P2_1) = \gamma - \rho/2 + \beta/2$ ,  $\theta(P2_2) = \gamma - \rho/2 - \beta/2$  – кутові координати точок перевідбиття  $P1_n$  ( $n = 1; 2$ ),  $P2_m$  ( $m = 1; 2$ ) в радіанах (рис. 1. б);  $\theta'(P1_1, \dots, P2_2) = (N_{ant} \cdot d) / \lambda \cdot \sin(\theta(P1_1, \dots, P2_2))$  – узагальнені кутові координати точок перевідбиття,  $N_{ant}$  – кількість антенних елементів приймальної ЦАР,  $d$  – крок приймальної ЦАР,  $\lambda$  – довжина хвилі сигналу (рис. 1. б).

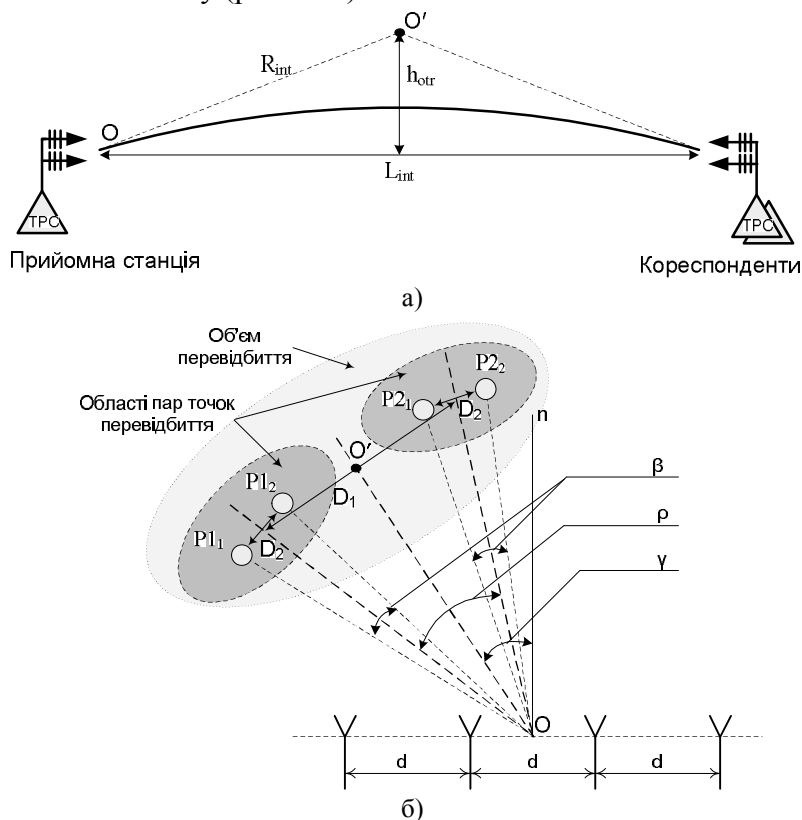


Рис. 1. Умови дослідження мульти-МІМО системи.

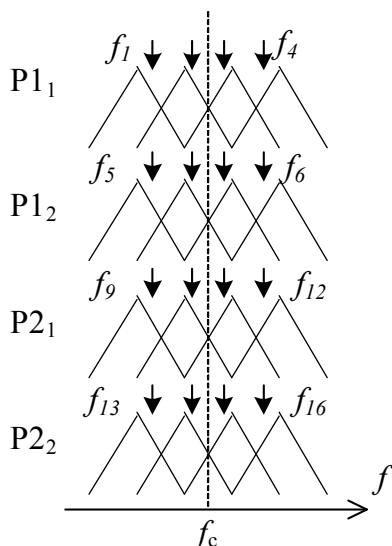


Рис. 2. Обране просторово-частотне компонування сигналів для проведення дослідження.

При моделюванні змінювалися частотне рознесення між піднесучими N-OFDM сигналу й відстань між точками й парами точок перевідбиття у тропосфері в перерахуванні на узагальнені кутові координати. Розміщення частот сигналів  $f_1 \dots f_{16}$  для точок перевідбиття  $P1_n$ ,  $P2_m$  представлено умовно на рис. 2.

Для різних значень частотного рознесення між піднесучими сигналу N-OFDM і значень узагальнених кутових координат за допомогою НГКР розраховувалися середньоквадратичні відхилення (СКВ) оцінок амплітуд сигналів у квантах АЦП. З рис. 3 – 5 видно, що СКВ збільшується при зменшенні частотного розносу між піднесучими (рис. 3), зменшенні розносу узагальнених кутових координат між точками перевідбиття (рис. 4) і парами точок перевідбиття (рис. 5) у тропосфері.

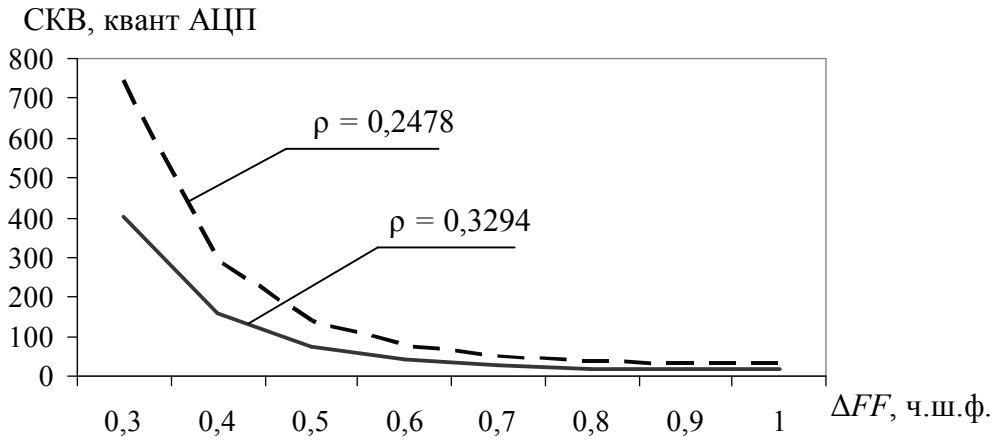


Рис. 3. Результати розрахунку НГКР для різних значень частотного рознесення між піднесучими у частках ширини АЧХ фільтра швидкого перетворення Фур'є (ШПФ) (ч.ш.ф) (умови моделювання:  $\beta = 0,04138$  радіан).

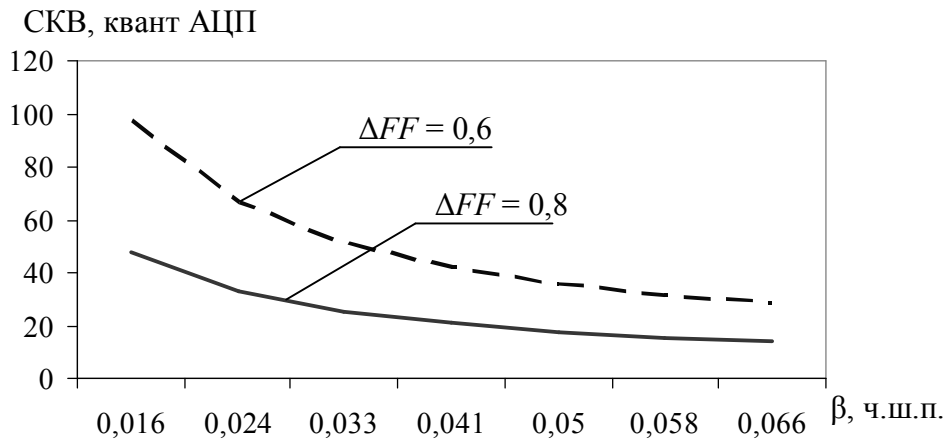


Рис. 4. Результати розрахунку НГКР для різних значень узагальнених кутових координат точок перевідбиття, що задані у частках ширини променя (ч.ш.п.) (умови моделювання:  $\rho = 0,3294$  радіан).

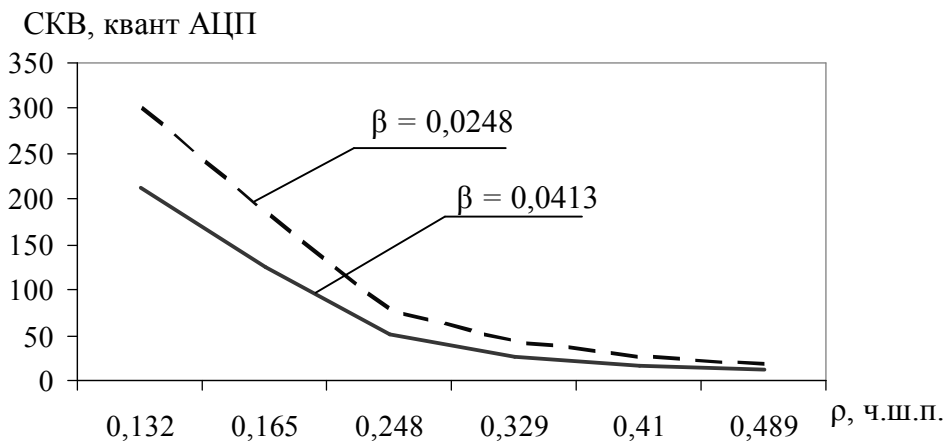


Рис. 5. Результати розрахунку НГКР для різних значень узагальнених кутових рознесення пар точок перевідбиття (умови моделювання:  $\Delta FF = 0,7$ ).

На основі отриманих даних був обґрунтований вибір алгоритму QAM-модуляції піднесучих каналів N-OFDM сигналу для 12-розрядного (рис. 6.) і 14-розрядного АЦП

(рис. 7). Для цього було проведено порівняння розрахованих за допомогою НГКР СКВ оцінок амплітуд сигналів, помножених згідно правила „3 сигма” на 6, і значень міжсимвольного інтервалу, що відповідають різниці між сусідніми рівнями сигналу (у квантах АЦП) при обраному порядку QAM-модуляції.

З рис. 6, 7 видно, що порядок QAM-сигналу можна використовувати тим більше, чим більше кутове рознесення між парами точок перевідбиття, і чим ширше розташування піднесучих N-OFDM сигналу.

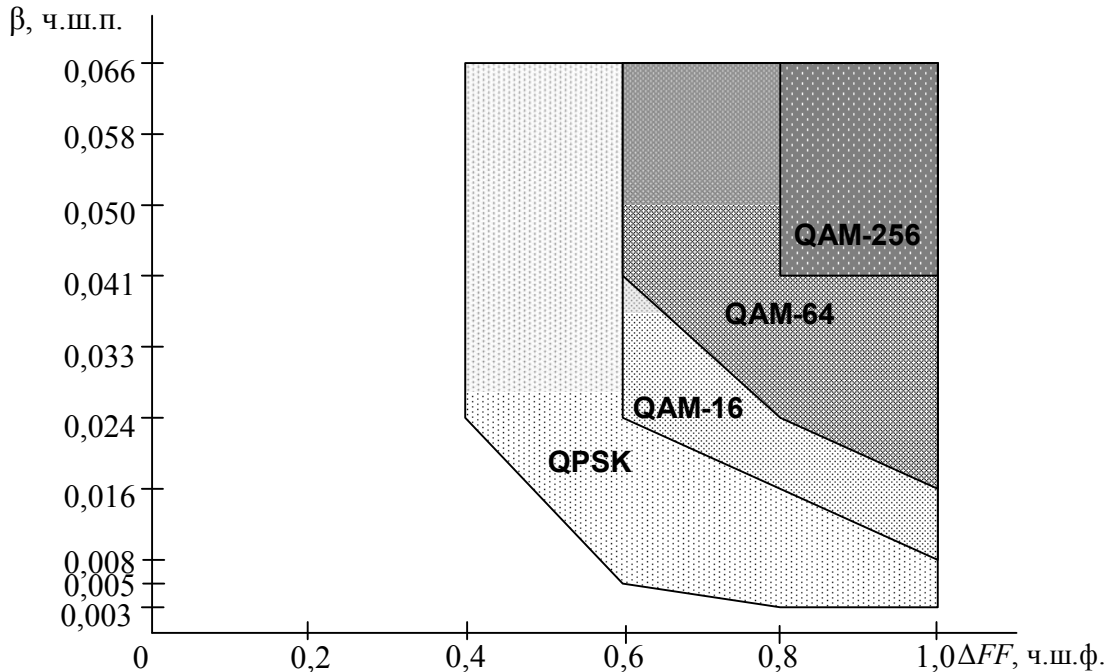
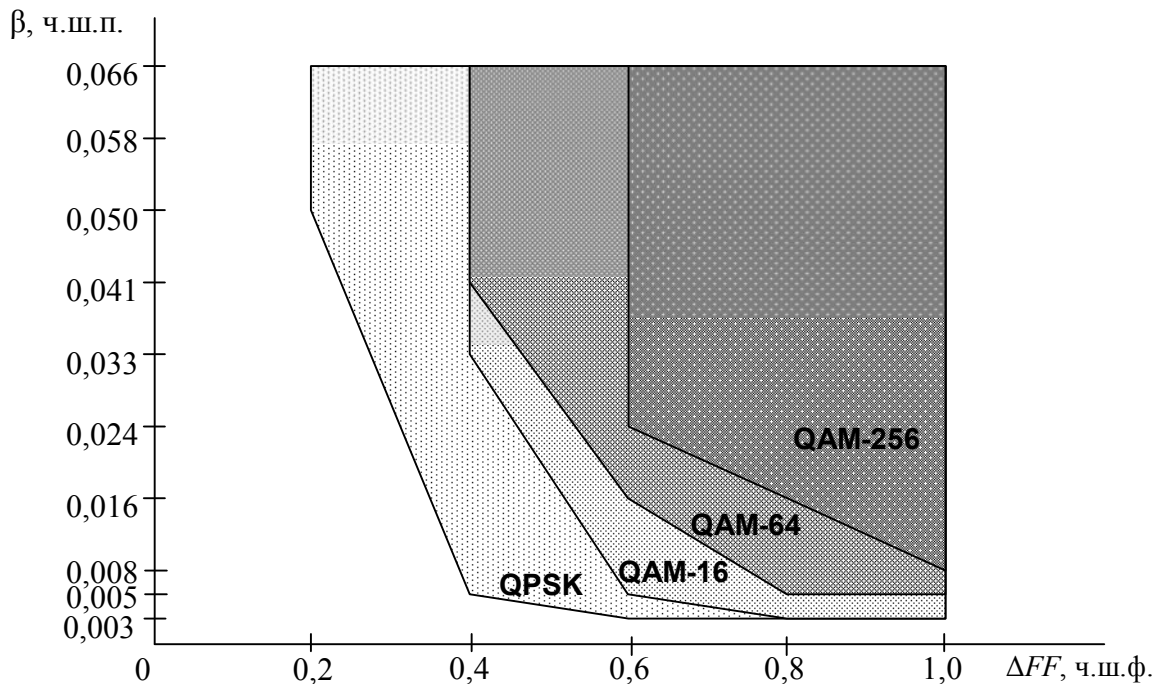


Рис. 6. Обґрунтування вибору алгоритму QAM-модуляції несучих підканалів N-OFDM сигналу для 12-розрядного АЦП.



б)

Рис. 7. Обґрунтування вибору алгоритму QAM-модуляції несучих підканалів N-OFDM сигналу для 14-розрядного АЦП.

При порівнянні рис. 6. та рис. 7 варто зробити висновок, що використання АЦП з



більшою розрядністю призводить до розширення границь використання алгоритмів QAM-модуляції несучих, тому що при цьому збільшується різниця (у квантах АЦП) між сусідніми рівнями сигналу. Таким чином, може бути отриманий виграш у швидкості передачі інформації, величину якого можна знайти при порівнянні графіків на рис. 6 та рис. 7.

#### **4. Висновки та перспективи подальших досліджень**

В результаті імітаційного моделювання були оцінені граничні можливості по точності демодуляції сигналів залежно від кількості одночасно працюючих кореспондентів, їх кутового рознесення та розміщення несучих. Таким чином, вперше оцінені граничні можливості просторового та частотного ущільнення каналів поширення тропосферних сигналів у режимі мульти-МІМО, обґрунтований вибір алгоритму QAM-модуляції залежно від розрядності АЦП (ЦАП), що використовуються. Зокрема, встановлено, що підвищення розрядності АЦП із 12 до 14 біт дозволяє при чотирьохчастотному пакеті N-OFDM сигналів з розносом піднесучих в 0,6 ширини фільтру ШПФ одержати для QAM-16 майже 5-кратне скорочення припустимого кутового розносу між точками перевідбиття (з 0,024 до 0,005 часток ширини променя). Пропозиції щодо практичної реалізації запропонованих методів цифрової обробки сигналів представлені в [7, 8].

Напрямом подальших досліджень є розробка та обґрунтування методів визначення передаточної матриці МІМО та мульти-МІМО каналу на етапі входження у зв'язок для повнофункціонального моделювання процесу тропосферного зв'язку в МІМО режимах роботи.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. *Слюсар В. І., Масесов М. О.* Метод просторово-часового кодування сигналів тропосферного зв'язку на основі удосконаленої технології мульти-МІМО // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ”. – 2009. – Вип. 1. – С. 132 – 136.
2. *Слюсар В. І., Масесов М. О.* Метод обробки тропосферних сигналів у режимі мульти-МІМО з додатковим стробуванням відліків АЦП // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ”. – 2009. – Вип. 3. – С. 77 – 81.
3. *Слюсар В. І., Нікітін М. М., Шацман Л. Г., Корольов М. О., Солощев О. М.* Результати натурних випробувань експериментальної радіолокаційної станції з 64-канальною цифровою антенною решіткою // Збірник наукових праць ЖВІ ім. С. П. Корольова НАУ. – 2009. – Вип. 2. – С. 148 – 157.
4. *Слюсар І. І., Слюсар В. І., Зінченко А. О.* Основні напрями підвищення потенційних можливостей систем зв'язку з цифровими антенними решітками // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ”. – 2009. – Вип. 3. – С. 82 – 88.
5. *Слюсар В. І., Троцько О. О.* Методи забезпечення гарантоздатного зв'язку з БПЛА з врахуванням ефекту Доплера // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – № 7. – С. 280 – 282.
6. *Бакут П. А., Логинов В. П., Шумилов Ю. П.* Методы определения границ точности в задачах оценивания неизвестных параметров // Зарубежная радиоэлектроника. – 1978. – № 5. – С. 3 – 35.
7. *Масесов Н. А., Слюсар И. И., Волошко С. В.* Обоснование выбора вычислительной платформы для реализации перспективных методов цифровой обработки сигналов // IV наук. конф. Харківського університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, 16-17 квітня 2008 р. : тези допов. – Х., 2008. – С. 139.
8. *Слюсар І. І., Масесов М. О., Дубик А. М., Волошко С. В.* Реалізація перспективних телекомунікаційних технологій та методів цифрової обробки сигналів на вітчизняній елементній базі // Системи обробки інформації. – 2007. – № 9. – С. 87 – 91.

**АВТОРИ НОМЕРА**

1. **Білодід Богдан Володимирович**, – Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, Інститут телекомунікаційних систем.
2. **Бортнік Леонід Леонідович** – ад’юнкт Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.
3. **Бунін Сергій Георгійович** – доктор технічних наук, старший науковий співробітник Інституту телекомунікаційних систем Національного технічного університету України „КПІ”.
4. **Войтенко Юрій Юрійович** – аспірант Інституту телекомунікаційних систем Національного технічного університету України „КПІ”.
5. **Глоба Лариса Сергіївна** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедру Національного технічного університету України „КПІ”.
6. **Глухов Сергій Іванович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри Військового інституту Національного університету ім. Т.Шевченка.
7. **Грінік Євгеній Володимирович** – магістр Інституту телекомунікаційних систем Національного технічного університету України „КПІ”.
8. **Гурський Тарас Григорович** – кандидат технічних наук, старший викладач Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.
9. **Дмитрієнко Олена Юріївна** – Національний технічний університет України „КПІ” Інститут телекомунікаційних систем.
10. **Жердєв Микола Константинович** – доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.
11. **Жук Олександр Володимирович** – кандидат технічних наук, старший викладач Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.
12. **Зінченко Андрій Олександрович** – кандидат технічних наук, начальник кафедри зв’язку АСУ та захисту інформації Національного університету оборони України.
13. **Ільїнов Михайло Дмитрович** – кандидат технічних наук, доцент, викладач кафедри Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.
14. **Кокотов Олег Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.
15. **Коновалов Олексій Юрійович** – заступник директора Київського коледжу зв’язку.
16. **Котова Олександра Ігорівна** – аспірант Одеської державної академії холода.
17. **Кувшинов Олексій Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент, начальник факультету Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.
18. **Макарчук Оксана Миколаївна** – ад’юнкт Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.
19. **Маньківський Володимир Броніславович** – аспірант Інституту телекомунікаційних систем Національного технічного університету України „КПІ”.
20. **Масєсов Микола Олександрович** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.
21. **Мацасенко Андрій Миколайович** – старший викладач кафедри Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.

22. **Нестеренко Микола Миколайович** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.

23. **Пистряк В'ячеслав Володимирович** – начальник науково-організаційного відділу Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.

24. **Польщиків Костянтин Олександрович** – докторант Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.

25. **Попов Павло Павлович** – старший інженер навчально-тренувального комплексу Військового інституту Національного університету ім. Т.Шевченка.

26. **Рибіна Катерина Вікторівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри Національного технічного університету України „КПІ”.

27. **Романов Олександр Іванович** – доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.

28. **Романюк Валерій Антонович** – доктор технічних наук, професор, заступник начальника Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.

29. **Савков Павло Анатолійович** – кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри Військового інституту Національного університету ім. Т.Шевченка.

30. **Слюсар Вадим Іванович** – доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України.

31. **Слюсар Ігор Іванович** – кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.

32. **Сова Олег Ярославович** – кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу наукового центру зв'язку та інформатизації Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.

33. **Стрюк Олексій Юрійович** – кандидат технічних наук, доцент, докторант Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.

34. **Терновой Максим Юрійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри Національного технічного університету України „КПІ”.

35. **Труш Олександр Вікторович** – старший викладач кафедри Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.

36. **Флейта Юрій Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент Одеської Національної академії зв'язку ім. О.С. Попова.

37. **Чертов Олег Романович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри факультету прикладної математики Національного технічного університету України „КПІ”.

38. **Чумак Володимир Костянтинович** – ад'юнкт Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.

39. **Шацький Ігор Олександрович** – студент Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.

40. **Шевченко Андрій Сергійович** – ад'юнкт Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „КПІ”.