

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



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Випуск № 1

Київ – 2009

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”, 2009, 144 с.

У збірнику опубліковано статті вчених, ад’юнктів і здобувачів, студентів інституту, та інших організацій та установ в яких розглядаються питання побудови сучасних мереж, систем зв’язку та захисту інформації, автоматизованих систем управління військами.

Редакційна колегія:

Романюк В.А., д.т.н., професор (голова редколегії); **Креденцер Б.П.**, д.т.н., професор; **Герасимов Б.М.**, д.т.н., професор (заступники 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 (члени редколегії); прац. ЗСУ **Бахарцова Н.О.** (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 № 8 від 17.02.2009 року.

Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ” затверджено Постановою ВАК України від 15 січня 2003 року № 2-05/1 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.

© Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „Київський політехнічний інститут”, 2009.

З М І С Т

1.	Баранов В.Л., Молодецький Б.В. Методика синтезу сигналу ШІМ -управління силовим слідкувальним приводом.....	4
2.	Герасимов Б.М., Сілко О.В. Кореляційно-регресійний аналіз залежності техніко-економічних показників обчислювального модуля від його параметрів.....	12
3.	Герасимов Б.М., Шугалій Є.П. Метод вибору раціональної ієрархічної структури системи управління по критерію мінімуму часу на вирішення задач управління.....	16
4.	Житницька О.В., Захараш О. М. Аналіз еволюції послуг інтелектуальних мереж зв'язку.....	23
5.	Жук О.В. Енергозберігаюча методика побудови топології безпроводної сенсорної мережі.....	32
6.	Захараш О.М., Таран О.О. Методи забезпечення гарантованої якості обслуговування в відомчих мережах зв'язку для передачі мультимедійного навантаження.....	44
7.	Криховецький Г.Я., Живчук В.Л., Марущенко М.П. Шляхи удосконалення системи управління артилерійськими підрозділами за рахунок впровадження бездротових мереж передачі даних на пунктах управління тактичної ланки.....	52
8.	Кувшинов О.В., Липський О.А. Методика оптимального вибору довжини кадра і виду модуляції в системі радіорелейного зв'язку при дії навмисних завад.....	62
9.	Липський О.А. Опис процесу функціонування системи передачі даних в умовах дії радіоелектронних завад на радіорелейний канал передачі.....	66
10.	Міночкін А.І., Романюк В.А., Сова О.Я. Інтелектуальний метод маршрутизації в мобільних радіомережах (MANET).....	74
11.	Приходько С.Б., Шевченко А.С. Сумісне застосування маніпуляції випадкового процесу і дворівневої квадратурної амплітудної модуляції для передачі інформації в цифрових системах радіозв'язку.....	88
12.	Радзівілов Г.Д., Андрєєв Б.М., Терещенко О.М. Наближений метод вирішення рівняння радіозв'язку.....	94
13.	Романенко І.О. Обґрунтування показників оцінки ефективності інформаційного забезпечення процесу підготовки військ (СИЛ).....	101
14.	Романов О.І., Нестеренко М.М., Маньківський В.Б. Регресійна модель коефіцієнта використання каналів гілки телекомунікаційної мережі.....	106
15.	Самойлов І.В. Застосування нейро-нечіткої мережі для видобування нечітких відношень інтервального типу.....	117
16.	Самохвалов Ю.Я., Штаненко С.С. Модель оперативного відновлення функціонування інформаційно-телекомунікаційних мереж.....	125
17.	Слюсар В.І., Масесов М.О. Метод просторово-часового кодування сигналів тропосферного зв'язку на основі удосконаленої технології МУЛЬТИ-МІМО.....	132
18.	Умінський В.В. Технології сучасних деструктивних програм.....	137
19.	Автори номера	142
20.	Пам'ятка для автора	144

МЕТОД ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОГО КОДУВАННЯ СИГНАЛІВ ТРОПОСФЕРНОГО ЗВ'ЯЗКУ НА ОСНОВІ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ МУЛЬТИ-МІМО

У статті представлений метод просторово-часового кодування сигналів тропосферного зв'язку із застосуванням удосконаленої технології мульти-МІМО. Приведений метод відрізняється від відомих узагальнених формул обробки сигналів на виходах приймальних каналів та врахуванням діаграм спрямованості антенних елементів. Пропонується новий підхід до формалізованого представлення відгуку лінійної цифрової антенної решітки, основною перевагою якого є врахування детермінованої складової у матриці передаточних характеристик каналу.

В статье представлен метод пространственно-временного кодирования сигналов тропосферной связи с использованием усовершенствованной технологии мульти-МІМО. Приведенный метод отличается от известных обобщением формул обработки сигналов на выходах приемных каналов и учетом диаграм направленности антенных элементов. Предлагается новый подход к формализованному представлению отклика линейной цифровой антенной решетки, основным преимуществом которого является учет детерминированной составляющей в матрице передаточных характеристик канала.

The method of the space-time encoding of signals of troposphere communication with use of the improved technology of multi-MIMO is presented in the article. The resulted method differs from the known formulas of signal processing by generalisation on outputs of the receiving channels and the account of directional diagrams of antenna elements. The new approach to the formalized representation of the response of the linear digital antenna array which fundamental advantage is the accounts of the determined component in a matrix of transmit characteristics of the channel is offered.

Ключові слова: метод просторово-часового кодування, тропосферний зв'язок, мульти-МІМО.

Постановка задачі та її зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями

Одним з важливих напрямів розвитку військ зв'язку у 2009 р., визначених начальником зв'язку ЗС – начальником Головного управління зв'язку та інформаційних систем ГШ України, є прискорення темпів створення єдиної автоматизованої системи управління (ЄАСУ) ЗСУ. Розгортання матеріальної основи ЄАСУ на основі єдиного інформаційного простору з підтримкою мультисервісних функцій документообігу та сигналів управління планується проводити з використанням нових базових зразків засобів зв'язку військового призначення. Однак існуючі засоби зв'язку (тропосферні і радіорелейні), особливо мобільної компоненти системи зв'язку ЗСУ, мають суттєві недоліки та обмежені можливості [1]. Тому вдосконалення та розробка нових комплексів апаратури зв'язку є актуальною науковою задачею.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Як показав аналіз, основним недоліком існуючих засобів тропосферного зв'язку є низька пропускна спроможність. Перспективні цифрові тропосферні станції, які пропонує Відкрите акціонерне товариство „Олімп” (м. Світловодськ), мають обмежену швидкість передачі інформації (не більше Е1) [2]. Цілком зрозуміло, що найближчим часом такої швидкості буде недостатньо навіть для забезпечення існуючих каналів передачі даних, не враховуючи тенденцій збільшення потреб для підтримки мультимедійних функцій. Якщо в мирний час ці проблеми вирішуються за рахунок стаціонарної мережі зв'язку, то під час воєнних дій, надзвичайних ситуацій та миротворчих операцій основне навантаження буде покладене на польову опорну мережу зв'язку. Тому задача підвищення пропускної спроможності тропосферних ліній (мереж) зв'язку є досить актуальною, а її вирішення повинно бути завчасним. Для збільшення швидкості передачі інформації в сучасних засобах бездротових систем зв'язку, в тому числі для військових потреб, все частіше застосовуються технології подвійного призначення. Серед останніх слід виділити технологію множинний вхід – множинний вихід (МІМО), яка дозволяє підвищити швидкість передачі інформації за рахунок використання кількох антен на передачі і на прийомі [3]. Дана технологія вже найшла своє практичне застосування в терміналах зв'язку деяких країн НАТО. Наприклад, згідно [4], подальшим розвитком проекту радіомережі MANET [5] є застосування МІМО-

технології. У пристрої SC2000 виробництва Silvus Technologies (США) реалізовано режими роботи МІМО за схемами „2 x 2”, ..., „4 x 4”, що дозволило збільшити швидкість передачі даних до 150 Мбіт/с. Логічним розвитком МІМО-технології є мульти-МІМО система, яка об'єднує кількох кореспондентів з використанням каналів МІМО для зв'язку між ними [6, 7].

Однак, впровадження в тропосферний зв'язок технології МІМО вимагає рішення ряду наукових завдань. Серед них досить вагомим є удосконалення методів просторово-часового декодування сигналів, особливо в мульти-МІМО режимах роботи тропосферної станції.

Виклад основного матеріалу дослідження

У статті пропонується застосування методів просторово-часового кодування сигналів на основі удосконаленої технології мульти-МІМО і цифрових антенних решіток (ЦАР) в тропосферному зв'язку. Перед поясненням суті методу слід вказати на те, що технологія МІМО як найліпше відповідає особливостям тропосферного розповсюдження сигналів, які характеризуються багатопроменевістю внаслідок відбиття від неоднорідностей тропосфери (глобул) [8]. Таким чином, тропосферне розповсюдження радіохвиль формує необхідні передумови для застосування саме технології МІМО та її мульти-МІМО узагальнення.

Для розгляду моделі опису мульти-МІМО системи тропосферного зв'язку необхідно ввести додаткові обмеження і позначення. Відгук приймальної ЦАР запишемо у вигляді:

$$u_i = \sum_{k=1}^M h_{ik} A_k + n_i, \quad (1)$$

де u_i – напруги по виходу i -го приймального каналу ($i=1, \dots, N$, де N – кількість антен приймача); h_{ki} – передаточна характеристика каналу МІМО між k -ю антеною передавача ($k=1, \dots, M$, де M – кількість антен передавача) та i -ю приймальною антеною; A_k – сигнал, що випромінюється k -ю антеною передавача; n_i – напруга шуму на виході i -го приймального каналу. Для системи мульти-МІМО необхідно ввести додаткові індекси для врахування кількості кореспондентів і моменту часу, в якому відбувається передача повідомлення. Уточнимо, що розглядається така система МІМО, у якій здійснюється обробка сигналів кількох рознесених у просторі МІМО систем. Основною умовою є стаціонарність середовища поширення радіохвиль на інтервалі часу з моменту виміру передаточних характеристик каналів МІМО до завершення передачі по них інформаційних блоків.

Узагальнений вираз для відгуку, наприклад, двоелементної приймальної ЦАР у випадку роботи системи мульти-МІМО з P кореспондентами, кожний з яких має двоелементну ЦАР, можна представити у вигляді:

$$\begin{bmatrix} u_{1,i} \\ \mathbf{L} \\ u_{1,i+p-1} \\ u_{2,i} \\ \mathbf{L} \\ u_{2,i+p-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{111,i} & h_{121,i} & \mathbf{L} & h_{p11,i} & h_{p21,i} \\ \mathbf{L} & \mathbf{L} & \mathbf{L} & \mathbf{L} & \mathbf{L} \\ h_{111,i+p-1} & h_{121,i+p-1} & \mathbf{L} & h_{p11,i+p-1} & h_{p21,i+p-1} \\ h_{112,i} & h_{122,i} & \mathbf{L} & h_{p12,i} & h_{p22,i} \\ \mathbf{L} & \mathbf{L} & \mathbf{L} & \mathbf{L} & \mathbf{L} \\ h_{112,i+p-1} & h_{122,i+p-1} & \mathbf{L} & h_{p12,i+p-1} & h_{p22,i+p-1} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_{11} \\ A_{12} \\ \mathbf{L} \\ A_{p1} \\ A_{p2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_{1,i} \\ \mathbf{L} \\ n_{1,i+p-1} \\ n_{2,i} \\ \mathbf{L} \\ n_{2,i+p-1} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

де $p = 1, \dots, P$.

Вираз (2), на відміну від виразу (1), враховує додатковий параметр часу, записаний після коми у величинах u , h та n . Серед алгоритмів кодування, які можуть застосовуватись в передавачі тропосферної станції, можна зазначити відомі методи просторово-часового кодування Аламоуті або „магічного квадрату” [3]. Відповідні модифікації матриці каналу H при використанні двохелементних антенних решіток [7] мають вид:

$$H = \begin{bmatrix} h_{121,i} & h_{111,i} & h_{221,i} & h_{211,i} \\ h_{111,i+1} & h_{121,i+1} & h_{211,i+1} & h_{221,i+1} \\ h_{122,i} & h_{112,i} & h_{222,i} & h_{212,i} \\ h_{112,i+1} & h_{122,i+1} & h_{212,i+1} & h_{222,i+1} \end{bmatrix} \quad (3)$$

для методу Аламоуті.

Узагальнений вигляд систем рівнянь (1) і (2) можна представити компактним матричним виразом:

$$U = H \cdot A + N, \quad (5)$$

а для демодуляції сигналів – скористатись формулами: $\hat{A} = H^{-1}U$ при умові $N=M$, та $\hat{A} = H^H (HH^H)^{-1}U$ у випадку $N>M$.

Зазначені співвідношення для мульти-МІМО системи спираються на традиційний підхід до обробки МІМО сигналів. Однак з метою збереження ефективності даного методу в умовах впливу навмисних завад необхідно здійснити його удосконалення за рахунок використання процедури цифрового діаграмоутворення (ЦДУ) [9], яка дозволяє досягти високої завадостійкості. Перш ніж перейти до розгляду суті удосконаленої технології мульти-МІМО, що пропонується, у випадку лінійної ЦАР, необхідно ввести наступні обмеження. В якості базової антени МІМО розглядається лінійна еквідистантна ЦАР в режимі роботи на прийом з R антенними елементами. Фазовий центр ЦАР збігається з її геометричним центром, який прийнятий за початок координат. Будемо вважати, що амплітудно-частотні характеристики (АЧХ) приймальних каналів мають форму, близьку до прямокутної, а власні шуми на виходах цих каналів некорельовані з сигналами, статично незалежні і мають однакову дисперсію. Крім того, припустимо, що щільності ймовірностей миттєвих значень власних шумів ЦАР розподілені за нормальним законом, ширина спектра джерела випромінювання шумових сигналів на виходах приймальних каналів решітки, що відповідають одному і тому ж кореспонденту, значно перевищує максимальний час затримки по каналах решітки. Сигнал, що діє на приймальну ЦАР, є вузькосмуговим в просторово-часовому розумінні, тобто інтервал кореляції комплексної огинаючої сигналу суттєво перевищує інтервал між моментами приходу сигналу в найбільш рознесених точках апертури решітки. Припустимо, що на ЦАР діють M сигналів ($M \leq R$), при чому m -му сигналу відповідає хвиля з плоским фронтом, яка потрапляє на полотно ЦАР з напрямку x_m , де x_m – кут між нормаллю в початку координат та напрямком приходу сигналу. В якості обмеження також розглядається ситуація однокоординатної кутової оцінки.

Тоді аналітичний вираз відгуку антенної системи МІМО на базі лінійної ЦАР в окремо взятому часовому відліку при одномірному вимірюванні напрямку приходу сигналів у матричному вигляді без врахування шумів прийме форму:

$$U = QA, \quad (6)$$

де U – вектор комплексних напруг приймальних каналів ЦАР, A – вектор комплексних амплітуд M сигналів, x_m – оцінка напрямку приходу m -го сигналу, R – кількість каналів ЦАР, Q – матриця R комплексних діаграм спрямованості (ДС) приймальних антенних елементів в напрямках M сигналів, яка дорівнює

$$Q = \begin{bmatrix} Q_1(x_1) & Q_1(x_2) & \mathbf{L} & Q_1(x_M) \\ Q_2(x_1) & Q_2(x_2) & \mathbf{L} & Q_2(x_M) \\ \mathbf{L} & \mathbf{L} & \mathbf{O} & \mathbf{L} \\ Q_R(x_1) & Q_R(x_2) & \mathbf{L} & Q_R(x_M) \end{bmatrix}.$$

Матричний запис (6) залишається в силі у випадку, коли в лінійній ЦАР застосовується цифрове формування вторинних просторових променів. При цьому елементи сигнальних матриць $Q_k(x_m)$ відповідають ДС вторинних просторових каналів. Спираючись на вираз (6),

на етапі входження у зв'язок, що передує розрахунку матриці каналу H , можливо встановити факт дії завад, оцінити кутові координати завадопостановників та провести вилучення завадових сигналів з відгуку ЦАР. При цьому робиться припущення, що джерело завади є точковим, а рівнями розсіюваних від підстилаючої поверхні завад можна знехтувати. Після вилучення завад з відгуків вторинних просторових каналів далі слід оцінити матрицю каналу H , що дозволить додатково врахувати викривлення ДС вторинних просторових каналів, яке виникає внаслідок застосування операції вилучення завад. Використання матриці ДС може бути збережене і при демодуляції інформаційних сигналів. Особливо це доцільно робити у тих випадках, коли кожен з каналів МІМО має домінуючий напрямок розповсюдження радіохвиль. У випадку тропосферного зв'язку існує достатньо підстав розглядати саме такий варіант. При цьому можливо вдатись до припущення, що серед усіх глобул окремо взятого каналу МІМО існує домінуюча точка, що є панівною за енергетикою перевідбиття сигналів, або ж обрати в якості кутового напрямку на джерело сигналу енергетичний чи геометричний центри локальної зони перевипромінювання сигналів тропосферою. Для врахування ж решти трас розповсюдження радіохвиль необхідно скористатись обчисленням матриці передаточних характеристик каналу МІМО. Таким чином, при розгляді перевідбиття сигналів від протяжних у просторі об'єктів пропонується скористатись точковою моделлю домінуючого перевипромінювання у поєднанні з урахуванням розсіювання радіохвиль за допомогою традиційної для технології МІМО матриці передаточних характеристик. В загальному випадку неідентичних коефіцієнтів передачі сигналів від передавальних антен до приймальних каналів для відгуку приймальної лінійної ЦАР, що використовується у станції тропосферного зв'язку в рамках технології МІМО, зручно застосовувати модифіковане матричне співвідношення (5) у вигляді:

$$U = \tilde{H}A + N, \quad (7)$$

$$\text{де } \tilde{H} = Q \circ H = \begin{bmatrix} Q_L(x_1) & \mathbf{L} & Q_L(x_M) \\ \mathbf{M} & \mathbf{O} & \mathbf{M} \\ Q_R(x_1) & \mathbf{L} & Q_R(x_M) \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} h_{11} & \mathbf{L} & h_{1M} \\ \mathbf{M} & \mathbf{O} & \mathbf{M} \\ h_{R1} & \mathbf{L} & h_{RM} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_L(x_1) \cdot h_{11} & \mathbf{L} & Q_L(x_M) \cdot h_{1M} \\ \mathbf{M} & \mathbf{O} & \mathbf{M} \\ Q_R(x_1) \cdot h_{R1} & \mathbf{L} & Q_R(x_M) \cdot h_{RM} \end{bmatrix},$$

„ \circ ” – поелементний добуток Адамара, h_{ji} – передаточна характеристика каналу МІМО, $Q_k(x_m)$ – ДС k -го антенного елемента або вторинного просторового каналу ЦАР в напрямку узагальненої кутової координати. Представлення відгуку лінійної ЦАР у вигляді (7) вперше дозволяє врахувати у матриці МІМО-каналу детерміновану складову, що визначається матрицею ДС Q . Такий підхід до формалізації обробки сигналів є новим і може бути розповсюдженим на інші випадки застосування технології МІМО та мульти-МІМО, у тому числі з використанням неортогональної частотної дискретної модуляції сигналів (N-OFDM) [10]. При цьому у випадку N-OFDM до детермінованої складової матриці \tilde{H} у (7) слід додати матрицю АЧХ фільтрів. З метою дослідження граничних можливостей запропонованого методу просторово-часової обробки сигналів тропосферного зв'язку варто скористатися нижньою межею Крамера-Рао для розрахунку потенційних точностей оцінювання амплітуд сигналів, записавши інформаційну матрицю Фішера у вигляді квадратичної матричної форми $I = \tilde{H}^* \cdot \tilde{H}$, де „ $*$ ” – символ комплексного сполученого транспонування, а блочні матриці \tilde{H} відповідають виразу (7). Обернення інформаційної матриці Фішера дозволяє одержати дисперсії оцінок амплітуд сигналів, якщо домножити діагональні елементи зворотної матриці на дисперсію шуму по виходу АЦП або процедури додаткового стробування відліків АЦП [11]. Розраховані зазначеним способом оцінки дисперсій далі необхідно співставити з величиною міжсимвольного інтервалу кодування, задаючись необхідною ймовірністю безпомилкової демодуляції.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Комбінація запропонованого методу просторово-часового кодування сигналів на основі мульти-МІМО систем із процедурою ЦДУ на базі ЦАР дозволить досягти високої

завадостійкості тропосферних систем зв'язку в умовах застосування противником навмисних завад, забезпечити одночасну роботу з кількома кореспондентами і досягти високої швидкості передачі інформації без зменшення інших характеристик. Виграш у швидкості передачі інформації буде пропорційним кількості антен передавача і приймача. Крім того, застосування мульти-МІМО режимів роботи тропосферних станцій дозволить будувати мережу тропосферного зв'язку з економією в кількості необхідних апаратних машин.

Серед напрямків подальших досліджень слід відмітити удосконалення запропонованого методу для плоскої ЦАР та оцінку граничних можливостей просторового рознесення каналів тропосферного зв'язку. Для збільшення швидкості передачі інформації необхідно запровадити корекцію квадратурного розбалансу приймальних каналів ЦАР з використанням додаткового стробування відліків АЦП [12]. Досить перспективним є також застосування сигналів різної поляризації, що додатково збільшить можливості усунення впливу завмирань та підвищить швидкість передачі інформації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рудик В. В. Актуальні проблеми та напрями розвитку системи зв'язку Збройних Сил України як складової частини системи управління військами (силами) / В. В. Рудик // Наука і оборона. – 2005. – № 2. – С. 22 – 28.
2. Сіренко В. В. Цифрові станції тропосферного та радіорелейного зв'язку // Пріоритетні напрями розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення : доповіді та тези доповідей IV-ї наук.-техн. конференції, 22 – 23 лист. 2008 р. : доповідь. – К., 2008. – С. 74 – 75.
3. Слюсар В. И. Системы МІМО: принципы построения и обработка сигналов / В. И. Слюсар // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2005. – № 10. – С. 52 – 59.
4. Миночкин А. И. Перспективы построения тактических сетей связи / А. И. Миночкин, В. А. Романюк // Пріоритетні напрями розвитку телекомунікаційних систем спеціального призначення: доповіді та тези доповідей III-ї наук.-практ. конф., – 24 лист. 2006 р.: доповідь. – К., 2007. – С. 16 – 28.
5. SC2000. MIMO Empowered Radio Platform Solutions. – 2008. – 2 р. – Режим доступа : http://www.silvuscom.com/downloads/SC2000_product_sheet.pdf.
6. Слюсар В. И. Методи просторово-часового кодування сигналів на основі удосконаленої технології мульти-МІМО для станцій тропосферного зв'язку ЗСУ / В. И. Слюсар, М. О. Масесов // Пріоритетні напрями розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення : доповіді та тези доповідей IV-ї наук.-техн. конференції, 22 – 23 лист. 2008 р.: тези допов. – К., 2008. – С. 253.
7. Слюсар В. И. Обработка сигналов в многопользовательской системе МІМО / В. И. Слюсар, Н. А. Масесов // Информационные системы и технологии (ИСТ-2008) : междунар. науч.-техн. конф., 18.05.08 г.: тезисы докл. – Н. Новгород, 2008. – С. 75 – 77.
8. Кловский Д. Д. Обработка пространственно-временных сигналов (в каналах передачи информации) / Д. Д. Кловский, В. А. Сойфер. М.: Связь, 1976. – 208 с.
9. Слюсар В. И. Цифровое диаграммообразование – базовая технология перспективных систем связи / В. И. Слюсар // Радиоаматор. – 1999. – № 8. – С. 58 – 59.
10. Слюсар В. И. Метод неортогональной дискретной частотной модуляции сигналов для узкополосных каналов связи / В. И. Слюсар, В. Г. Смоляр // Радиоэлектроника. Изв. высш. учеб. заведений. – 2004. – № 4. – С. 53 – 59.
11. Слюсар В. И. Синтез алгоритмов измерения дальности М источников при дополнительном стробировании отсчетов АЦП / В. И. Слюсар // Радиоэлектроника. Изв. высш. учеб. заведений. – 1996. – № 5. – С. 55 – 62.
12. Патент України на корисну модель № 33257, МПК⁷ G 01 S7/36, H 03 D13/00. Спосіб корекції квадратурного розбалансу з використанням додаткового стробування відліків АЦП / Слюсар В. И., Масесов М. О., Солощев О. М.; заявник та патентовласник ТОВ „Скайнет Ltd”. – № u 2008 02467 ; заявл. 26.02.08, опубл. 10.06.08, Бюл. № 11.