МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ

АКАДЕМІЯ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК
ІМЕНІ ГЕТЬМАНА ПЕТРА САГАЙДАЧНОГО

Військово-технічний збірник

3'2010

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ

АКАДЕМІЯ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК
ІМЕНІ ГЕТЬМАНА ПЕТРА САГАЙДАЧНОГО

ВІЙСЬКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЗБІРНИК

ВИПУСК 3

м. Львів

УДК 623

Військово-технічний збірник / Академія сухопутних військ. – Вип. 3. – Львів: АСВ, 2010. – 127 с.

Збірник містить матеріали результатів наукових досліджень наукових і науково-педагогічних працівників, ад'юнктів і здобувачів наукового ступеня Академії сухопутних військ, інших вищих навчальних закладів і науково-дослідних установ.

Голова редакційної колегії **Корольов В.М.**, д-р техн. наук, с.н.с.
Заступник голови редакційної колегії **Шабатура Ю. В.**, д-р техн. наук, доц.

Члени редакційної колегії:

Голкін Д. В., д-р техн. наук, проф.
Грабчак В. І., канд. техн. наук, с.н.с.
Демідов Б. О., д-р техн. наук, проф.
Зубков А. М., д-р техн. наук, с.н.с.
Левченко А. О., канд. техн. наук, с.н.с.
Машков О. А., д-р техн. наук, проф., засл. діяч науки і техніки
Оліярник Б. О., д-р техн. наук
Пашковський В. В., канд. техн. наук, с.н.с.
Репіло Ю. Є., д-р військ. наук, проф.
Русіло П. О., канд. техн. наук, доц.
Сальник Ю. П., канд. техн. наук, с.н.с.
Сокіл Б. І., д-р техн. наук, проф.
Тревого І. С., д-р техн. наук, проф.
Третяк К. Р., д-р техн. наук, проф.
Фтемов Ю. О., канд. техн. наук, с.н.с.
Худов Г. В., д-р техн. наук, с.н.с.
Чепков І. Б., д-р техн. наук, с.н.с.
Чигінь В. І., д-р. фіз-мат.наук, доц.
Чорний М.В., канд. техн. наук
Шарий В. І., д-р військ. наук, проф.
Яковлєв М. Ю., канд. техн. наук, с.н.с.

Відповідальний секретар **Купріненко О. М.,** канд. техн. наук, с.н.с.

Затверджений до друку рішенням Вченої ради Академії сухопутних військ
(протокол від 29.04.2010 р. № 8)

Адреса редакції:
79012, м. Львів, вул. Гвардійська, 32
тел. (032) 238-65-34 (науково-організаційний відділ 3-76)

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 15991-4463ПР від 20.11.2009 р.

© Академія сухопутних військ, 2010

УДК 621.396

В.І. Слюсар[1], М.О. Масесов[2]

[1]*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Київ*
[2]*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут", Полтава*

УДОСКОНАЛЕНИЙ МЕТОД ТРОПОСФЕРНОГО ЗВ'ЯЗКУ З МУЛЬТИ-MIMO СИСТЕМОЮ НА БАЗІ ПЛОСКОЇ ЦИФРОВОЇ АНТЕННОЇ РЕШІТКИ

У статті представлений удосконалений метод тропосферного зв'язку із застосуванням технології мульти-MIMO на базі плоскої цифрової антенної решітки. Приведений метод відрізняється від відомих врахуванням діаграм спрямованості антенних елементів плоскої решітки у вертикальній і горизонтальній площинах. Запропоновані ідеї розширюють наукове підґрунтя застосування цифрових антенних решіток в тропосферному зв'язку, сприяють підвищенню стійкості роботи системи в умовах радіоелектронної протидії противника та збільшенню швидкості передачі інформації.

Ключові слова: *тропосферний зв'язок, цифрове діаграмоутворення, цифрова антенна решітка.*

Вступ

Постановка проблеми. Аналіз сучасних збройних конфліктів показав, що у протиборстві кожна із сторін намагається, в першу чергу, вивести з ладу систему управління противника шляхом знищення її матеріально-технічної основи – системи зв'язку та автоматизації. Тому формування єдиного інформаційного простору на основі нових та вдосконалених базових зразків зв'язку військового призначення, здатних надійно функціонувати в умовах протидії противника і забезпечити зростаючі потреби у передачі великих об'ємів інформації, є одною з важливих проблем, які потрібно вирішити найближчим часом [1]. Тільки за таких умов Збройні Сили України зможуть успішно виконувати свої функції щодо оборони Держави у збройних конфліктах 21-го сторіччя.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останній час у збройних силах розвинених держав та країн НАТО для побудови засобів зв'язку з можливістю передачі високошвидкісних інформаційних потоків та підтримки мультисервісних функцій часто застосовуються технології подвійного призначення. Серед них слід виділити бездротову технологію множинного входу – множинного виходу (MIMO), сутність якої полягає у використанні кількох антен у передавачі і приймачі [2]. Її відмінною рисою у порівнянні зі стандартним підходом є випромінювання кожним антенним елементом передавача різної інформації та використання багатопроменевого розповсюдження радіохвиль для утворення кількох розрізнених у просторі шляхів передачі сигналів. Таким чином, збільшення швидкості передачі інформації буде пропорційне кількості антен передавача і приймача, а робота такої системи стає стійкою до швидкоплинних умов розповсюдження сигналів. Подальшим розвитком технології є мульти-MIMO – система, яка складається з кількох кореспондентів і використовує канали MIMO для зв'язку між ними [3–5].

Мета статті. Слід відмітити, що технології MIMO і мульти-MIMO ґрунтуються на застосуванні багатопроменевого розповсюдження радіохвиль, яким характеризується тропосферний канал передачі даних. Тому цілком логічно, що авторами пропонується комбінація антенної технології з методами просторово-часового кодування сигналів для впровадження в системи тропосферного зв'язку. Але для цього слід вирішити ряд наукових задач. Метою статті є удосконалення методів просторово-часової обробки телекомунікаційних сигналів в цифрових антенних решітках (ЦАР) в мульти-MIMO режимах роботи перспективної мережі тропосферного зв'язку. В попередніх публікаціях [4, 5] авторами були представлені результати аналогічної обробки сигналів для лінійної ЦАР. Далі викладені особливості реалізації запропонованого методу тропосферного зв'язку стосовно плоскої ЦАР.

Виклад основного матеріалу

Для викладення основного матеріалу статті слід ввести певні обмеження та припущення. В якості моделі застосовується наступний вигляд відгуку приймальної ЦАР:

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

де u_i – напруги по виходу і-го приймального каналу (i=1, …, N, де N – кількість антен приймача); h_{ik} –

© В.І. Слюсар, М.О. Масесов

передаточна характеристика каналу MIMO між k-ю антеною передавача (k=1, …, 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 [3].

Узагальнений вигляд системи рівнянь (1) охоплюється компактним матричним виразом:

$$U = H \cdot A + N, \qquad (2)$$

спираючись на який для демодуляції сигналів можна скористатись відомими формулами:

$$\hat{A} = H^{-1}U$$

при умові N=M, та

$$\hat{A} = H^{H}(HH^{H})^{-1}U \qquad (3)$$

у випадку N>M.

З метою збереження ефективності даного методу в умовах впливу навмисних завад необхідно здійснити його удосконалення за рахунок використання процедури цифрового діаграмоутворення (ЦДУ) [6], яка дозволяє досягти високої завадостійкості в умовах ведення розвідки та радіопротидії противника. Таке удосконалення для лінійної ЦАР представлено в роботах [3, 4]. У випадку плоскої антени необхідно проводити багатовимірне оцінювання напрямів приходу M сигналів від кореспондентів.

Для прикладу обрана плоска ЦАР, що складається з ідентичних однонаправлених антенних елементів, розташованих в R_x стовпцях і R_y рядках з відстанями d_x по горизонталі і d_y – по вертикалі. Вважатимемо також, що діаграми спрямованості антенних елементів факторизуються, тобто можуть бути представлені у вигляді добутку діаграм спрямованості (ДС) в двох площинах.

Відгук плоскої ЦАР для варіанту 2-координатної процедури можна оцінити за допомогою "натягування" вектора А комплексних амплітуд M сигналів на діагональ одиничної матриці $A = diag[\,a_1 \quad a_2 \quad \ldots \quad a_M\,]$. Згідно [7], класична аналітична модель відгуку плоских решіток в матричному вигляді при одновідліковому вимірюванні напрямів на M сигналів і факторизованих ДС має вигляд:

$$U = GAP^{T}, \qquad (4)$$

де $A = diag[\,a_1 \quad a_2 \quad \ldots \quad a_M\,]$,

G і P – матриці ДС каналів ЦАР в напрямах M сигналів, відповідно у вертикальній і горизонтальній площинах:

$$P = \begin{bmatrix} Q_1(x_1) & Q_1(x_2) & \cdots & Q_1(x_M) \\ Q_2(x_1) & Q_2(x_2) & \cdots & Q_2(x_M) \\ \cdots & \cdots & \ddots & \cdots \\ Q_{R_x}(x_1) & Q_{R_x}(x_2) & \cdots & Q_{R_x}(x_M) \end{bmatrix},$$

$$G = \begin{bmatrix} Q_1(y_1) & Q_1(y_2) & \cdots & Q_1(y_M) \\ Q_2(y_1) & Q_2(y_2) & \cdots & Q_2(y_M) \\ \cdots & \cdots & \ddots & \cdots \\ Q_{R_x}(y_1) & Q_{R_x}(y_2) & \cdots & Q_{R_x}(y_M) \end{bmatrix}.$$

З урахуванням впливу шумів, вираз (4) можна представити у вигляді:

$$U = GAP^{T} + n\,.$$

Із збільшенням розмірності аналітичної моделі ЦАР, наприклад, внаслідок врахування амплітудно-частотних характеристик фільтрів швидкого перетворення Фур'є, формалізація вказаної моделі сигналів істотно ускладнюється, що впливає на можливість її практичної реалізації. В цьому випадку необхідно застосовувати розвинений матричний апарат сімейства торцевих матричних добутків [7]. Це скоротить об'єм операцій при перемножуванні діагональної матриці А на матрицю Р. Зокрема, відгук плоскої ЦАР у разі проведення в одному відліку часу 2-координатних вимірювань (наприклад, для двох кутових площин) з урахуванням шумів можна представити аналогічно лінійній ЦАР:

$$U = PA + n\,,$$

де $P = Q_V \,\square\, (Q_H)^H$,

A – вектор оцінок комплексних амплітуд M сигналів,

U – блок-вектор комплексних напруг приймальних каналів ЦАР,

Q_V, Q_H – матриці ДС каналів ЦАР, відповідно у вертикальній і горизонтальній площинах,

$$Q_H = \begin{bmatrix} Q_1(x_1) & Q_1(x_2) & \cdots & Q_1(x_M) \\ Q_2(x_1) & Q_2(x_2) & \cdots & Q_2(x_M) \\ \cdots & \cdots & \ddots & \cdots \\ Q_{R_x}(x_1) & Q_{R_x}(x_2) & \cdots & Q_{R_x}(x_M) \end{bmatrix},$$

$$Q_V = \begin{bmatrix} Q_1(y_1) & Q_1(y_2) & \cdots & Q_1(y_M) \\ Q_2(y_1) & Q_2(y_2) & \cdots & Q_2(y_M) \\ \cdots & \cdots & \ddots & \cdots \\ Q_{R_y}(y_1) & Q_{R_y}(y_2) & \cdots & Q_{R_y}(y_M) \end{bmatrix},$$

де x_m, y_m – кутові координати напрямку приходу m-го сигналу по горизонталі і вертикалі,

R_y, R_x – кількість просторових каналів плоскої ЦАР відповідно по вертикалі і горизонталі,

M – кількість сигналів,

"□" – операція торцевого добутку матриць [7].

Як альтернативний варіант можна використовувати представлення матриці P через операцію добутку Хатрі-Рао [8]:

$$P = Q_V \blacksquare Q_H\,.$$

© В.І. Слюсар, М.О. Масесов

Відгук антенних решіток можна узагальнити на випадок трьох, чотирьох і більше параметрів без втрати спільності шляхом зміни тільки матриці *P*. Це спрощує застосування і узгодження відомих однокоординатних процедур в складніших завданнях.

Приймаючи до уваги [7], можна представити вираз для сигнального відгуку плоскої ЦАР, що враховує особливості тропосферного розповсюдження сигналів. В цьому випадку матриця *H* видозміниться з урахуванням другої кутової координати. У разі факторизованих ДС при формуванні *H* слід застосовувати транспонований торцевий добуток для матриць ДС каналів ЦАР у вертикальній (Q_V) і горизонтальній площинах (Q_H):

$$H = \left(Q_V \circ \widetilde{H}_V\right) \blacksquare \left(Q_H \circ \widetilde{H}_H\right),$$

де $\widetilde{H}_V$, $\widetilde{H}_H$ – матриці передаточних характеристик каналу MIMO у вертикальному і горизонтальному перетинах траси тропосферного розповсюдження сигналів, "$\circ$" – поелементний добуток Адамара.

Для демодуляції сигналів знадобиться вже зазначена оцінка вектора амплітуд (3), яка у розглянутому випадку *P* кореспондентів буде блочною.

Висновки

Представлений метод розширює наукове підґрунтя застосування плоских ЦАР з реалізацією ЦДУ у тропосферному зв'язку, що дозволить забезпечити стійку роботу системи в складних умовах впливу випадкових і навмисних завад. Практичне впровадження запропонованого метода дозволить будувати мережу тропосферного зв'язку з можливістю одночасної роботи кількох кореспондентів з економією у кількості необхідних станцій або апаратних машин.

Серед напрямків подальших досліджень слід відмітити удосконалення запропонованого методу з використанням неортогональної частотної дискретної модуляції (N-OFDM) сигналів та оцінку граничних можливостей просторового рознесення каналів розповсюдження тропосферних сигналів в режимі мульти-MIMO.

Список літератури

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. Слюсар В. И. Системы MIMO: принципы построения и обработка сигналов / В. И. Слюсар // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2005. – № 10. – С. 52–59.

3. Слюсар В. И. Обработка сигналов в многопользовательской системе MIMO / В. И. Слюсар, Н. А. Масесов // Информационные системы и технологии (ИСТ-2008) : междунар. науч.-техн. конф., 18 апреля 2008 г. : тезисы докл. – Н. Новгород, 2008. – С. 75–77.

4. Слюсар В. И. Мульти-MIMO система и режимы ее работы / В. И. Слюсар, Н. А. Масесов // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2008 : 4 междунар. молодежная науч.-техн. конф., 21-25 апреля 2008 г. : тезисы докл. – Севастополь, 2008. – С. 39.

5. Слюсар В. И. Тропосферные сети связи на основе мульти-MIMO систем / В. И. Слюсар, Н. А. Масесов // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке : 12-й Междунар. молодежный форум, 1-3 апреля 2008 г. : тезисы докл. – Х., 2008. – С. 162.

6. Слюсар В. И. Цифровое диаграммообразование – базовая технология перспективных систем связи / В. И. Слюсар // Радіоаматор. – 1999. – № 8. – С. 58–59.

7. Слюсар В. И. Семейство торцевых произведений матриц и его свойства / В. И. Слюсар // Кибернетика и системный анализ. – 1999. – № 3. – С. 43–49.

8. Слюсар В. И. Обобщенные торцевые произведения матриц в моделях цифровых антенных решеток с неидентичными каналами. / В. И. Слюсар // Известия вузов. Сер. Радиоэлектроника. – 2003. – Том 46, № 10. – С. 9–17.

Надійшла до редакції 15.09.2009 р.

Рецензент: професор кафедри, канд. техн. наук, доцент В.В. Варич, Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут", Полтава.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ МЕТОД ТРОПОСФЕРНОЙ СВЯЗИ С МУЛЬТИ-MIMO СИСТЕМОЙ НА БАЗЕ ПЛОСКОЙ ЦИФРОВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

В.И. Слюсар, Н.А. Масесов

В статье представлен усовершенствованный метод тропосферной связи с применением технологии мульти-MIMO на базе плоской цифровой антенной решетки. Приведенный метод отличается от известных учетом диаграмм направленности антенных элементов плоской решетки в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Предложенные идеи расширяют научную базу применения цифровых антенных решеток в тропосферной связи, способствуют повышению стойкости работы системы в условиях радиоэлектронного противодействия противника и увеличению скорости передачи информации.

Ключевые слова: *тропосферная связь, цифровое диаграммообразование, цифровая антенная решетка.*

© В.І. Слюсар, М.О. Масесов

IMPROVED METHOD OF TROPOSPHERE COMMUNICATION WITH THE MULTI-MIMO SYSTEM ON THE BASE OF FLAT DIGITAL ANTENNA ARRAY

V.I. Slyusar, M.O. Masesov

In the article improved method of troposphere communication with the use of technology of multi-MIMO on the base of by flat digital antenna array is presented. The resulted method differs from the known diagrams of orientation of antenna elements of flat array in vertical and horizontal planes. The offered ideas extend scientific base for applications of digital arrays in troposphere communication, render assistance to the increase of firmness of work of the system in the conditions of radioelectronic counteraction of opponent and increase of speed of passing information.

Keywords: *troposphere communication, digital beamforming, digital antenna array.*

УДК 621.384.3

В.І. Боженко[1], Р.В.Казмірчук[1], В.І.Шклярський[2], П.О.Кондратов[2]

[1]*Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів*
[2]*Національний університет «Львівська політехніка», Львів*

МОЖЛИВІ МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСНИХ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Багатоспектральне зображення значно полегшує контроль та ідентифікацію об'єктів. Перехід від окремих зображень у різних діапазонах спектру до формування комплексного багатоспектрального зображення істотно підвищує ефективність моніторингу досліджуваного об'єкту. У даній статті розглянуті різні способи реалізації багатоспектральних пристроїв, проблеми, що виникають при цьому, та шляхи їх подолання. Запропоновано комплекс обробки тепловізійного зображення, призначений для формування комплексного дводіапазонного зображення.

Ключові слова: *багатоспектральний моніторинг, комплексне зображення, тепловізійна камера*

Вступ

Постановка проблеми. Контроль та аналіз зображень, отриманих у різних спектральних діапазонах, відіграють важливу роль при визначенні ступеня аварійності різних об'єктів, особливо у тих спектральних діапазонах, що перебувають за межами сприйняття людського ока. Перш за все це тепловізійні камери (ТК), чутливі до ближнього (1…5 мкм) та далекого (8…14 мкм) інфрачервоного (ІЧ) випромінення. Водночас вплив таких відомих фізичних явищ, як теплова дифузія і теплове маскування, значною мірою спотворюють теплову картину, ускладнюючи точне визначення координат місць із граничною температурою [1].

Наприклад, у області спектру 1,4 – 1,8 мкм можливо ідентифікувати об'єкти до певного ступеню у деяких димах та у пилюці, а також візуалізовувати випромінення сучасних лазерних цілевказівників-далекомірів, що працюють на довжині хвилі 1,55 та 1,7 мкм. З цією метою вельми результативним є застосування приладів нічного бачення, що працюють у області спектру 1,4-2,0 мкм. На рис. 1 наведені криві відбивальної здатності форми військовослужбовця колишнього СРСР (крива 1), форми солдата США (крива 2) та природної рослинності (крива 3) [2]. З нього видно, що у області спектру 1,4-2,0 мкм різниця у відбивальній здатності обмундирування дозволяє не лише виокремити вояка на тлі рослинності, але й провести ідентифікацію за принципом «свій-чужий».

Загальновідомо, що метою застосування камуфляжу є маскування різноманітних об'єктів на тлі оточуючого середовища. Однак камуфляж, розроблений для видимої області спектру, є неефективним для області спектру 1,4-1,8 мкм. Для неї узор камуфляжу зникає, та лишається видимим силует замаскованого об'єкту.

© В.І. Боженко, Р.В.Казмірчук, В.І.Шклярський, П.О.Кондратов

НАШІ АВТОРИ

АЛЄКСЄЄВ Володимир Миколайович — *Науковий центр Сухопутних військ Академії сухопутних військ, Львів, молодший науковий співробітник*

БЕЛЯЄВ Сергій Миколайович — *Національний технічний університет «ХПІ», Харків, викладач кафедри*

БЕРДНИК Поліна Геннадіївна — *Харківський Національний університет ім. Каразіна, Харків, викладач кафедри*

БОЖЕНКО Валентина Ігорівна — *Науковий центр Сухопутних військ Академії сухопутних військ, Львів, молодший науковий співробітник*

БОНДАРЕНКО Максим Васильович — *ВАТ «Пульсар», Дніпропетровськ, начальник технічного відділу*

БУДАРЕЦЬКИЙ Юрій Іванович — *Науковий центр Сухопутних військ, Львів, кандидат технічних наук, науковий співробітник*

ГАВРИЛОВ Анатолій Борисович — *Метрологічний центр військових еталонів Збройних Сил України, Харків, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідного відділу – заступник начальника*

ГРАБЧАК Володимир Іванович — *Науковий центр Сухопутних військ Академії сухопутних військ, Львів, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник начальник Наукового центру Сухопутних військ*

ГРЕБЕНЮК Тетяна Михайлівна — *Науковий центр Сухопутних військ Академії сухопутних військ, Львів, молодший науковий співробітник*

ГРУБЕЛЬ Михайло Григорович — *Академія Сухопутних військ, Львів, кандидат технічних наук, доцент кафедри*

ГУМІНСЬКИЙ Руслан Вікторович — *Науковий центр Сухопутних військ Академії сухопутних військ, Львів, старший науковий співробітник*

ДАНЮК Юрій Володимирович — *Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри*

ДЖУС Роман Миколайович — *Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник науково-дослідного відділу*

ДІДУР Геннадій Миколайович — *Академія сухопутних військ, Львів, ад'юнкт*

ЗАДЕРІЄНКО Сергій Іванович — *Академія сухопутних військ, Львів, кандидат військових наук, доцент кафедри*

ЗАПОРОЖЕЦЬ Володимир Васильович — *Національний авіаційний університет, Київ, доктор технічних наук, професор, професор кафедри аерокосмічного інституту*

ІСАКОВ Микола Архипович — *Науковий центр Сухопутних військ, Львів, молодший науковий співробітник*

ІСТОМІН Олександр Євгенійович — *Національний технічний університет «ХПІ», Харків, кандидат технічних наук, доцент кафедри*

КАЗМІРЧУК Руслан Васильович — *Науковий центр Сухопутних військ Академії сухопутних військ, Львів, кандидат військових наук, начальник науково-дослідної лабораторії*

КОНДРАТОВ Петро Олександрович — *НДКІ ЕЛВІТ НУ «Львівська політехніка», Львів, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник*

КОРОЛЬОВА Ольга Володимирівна — *Науковий центр Сухопутних військ Академії сухопутних військ, Львів, молодший науковий співробітник*

КРУКОВСЬКИЙ Ігор Анатолійович — *Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету, Житомир, кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник наукового центру*

КУЧЕРЯВЕНКО Ігор В'ячеславович, — *Науковий центр бойового застосування ракетних військ і артилерії Сумського державного університету, Суми, науковий співробітник*

ЛЕВЧЕНКО Андрій Олександрович — *Науковий центр Сухопутних військ Академії сухопутних військ, Львів, кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник, заступник начальника Наукового центру з наукової роботи*

ЛУЧУК Едуард Володимирович — *Науковий центр Сухопутних військ Академії сухопутних військ, Львів, кандидат технічних наук, начальник науково-дослідної лабораторії*

МАКЕЄВ Василь Ілліч — *Сумський державний університет, кандидат технічних наук, Суми, доцент, старший викладач кафедри*

МАРТИНЕНКО Сергій Анатолійович — *Науковий центр Сухопутних військ Академії сухопутних військ, Львів, кандидат технічних наук, начальник науково-дослідної лабораторії*

МАСЕСОВ Микола Олександрович — *Військовий інститут телекомунікації та інформатизації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», Полтава, старший викладач кафедри*

МАТАЛА Ігор Володимирович — Науковий центр Сухопутних військ Академії сухопутних військ, Львів, молодший науковий співробітник

НОВГОРОДСЬКА Лариса Олександрівна — Секція прикладних проблем Президії НАН України, Київ, кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник

ПАВЛЕНКО Максим Анатолійович — Харківський університет Повітряних Сил, Харків, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри

ПАРАХІН Сергій Володимирович — Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України, Феодосія, начальник відділення управління наукових досліджень та випробувань озброєння та військової техніки

ПРОКОПЕНКО В'ячеслав Віталійович — Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів, викладач кафедри

РИЖОВ Євген Вікторович — Науковий центр Сухопутних військ Академії сухопутних військ, Львів, молодший науковий співробітник

РУДЕНКО Владислав Миколайович — Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри

САЛЬНИК Юрій Павлович — Науковий центр Сухопутних військ Академії сухопутних військ, Львів, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідної лабораторії

СЕРГІЄНКО Роман Вікторович — Академія сухопутних військ, Львів, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри

СЛЮСАР Вадим Іванович — Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Київ, доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник

СМОЛЯР Віктор Григорович — Військовий інститут телекомунікації та інформатизації НТУ «КПІ», Київ, кандидат технічних наук, доцент кафедри

СОТНІКОВ Олександр Михайлович — Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник Наукового центру

СПОРИШЕВ Костянтин Олександрович — Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри математичного та програмного забезпечення АСУ

СТАДНІЧЕНКО В'ячеслав Миколайович — Національний авіаційний університет, Київ, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Аерокосмічного інституту

СТАДНІЧЕНКО Микола Григорович — Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник науково-дослідного відділу

ТИМЧУК Володимир Юрійович — Науковий центр Сухопутних військ, Львів, кандидат технічних наук, начальник науково-дослідної лабораторії

ТИХОНОВ Олександр Олександрович — Академія Сухопутних військ, Львів, викладач кафедри

ТРЕВОГО Ігор Севірович — Науковий центр Сухопутних військ, Львів, доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник

ТРОШИН Олег Миколайович — Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, викладач кафедри авіаційного факультету

ФТЕМОВ Юрій Олександрович — Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-організаційного відділу

ФУРТЕС Олексій Олександрович — Науковий центр Сухопутних військ, Львів, кандидат історичних наук, старший науковий співробітник

ХАХУЛА Василь Володимирович — Академія сухопутних військ, Львів, ад'юнкт

ЧОРНИЙ Микола Васильович — Академія сухопутних військ, Львів, кандидат технічних наук, заступник начальника Академії з наукової роботи

ШАБАН Раду Георгійович — Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України, Феодосія, кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник

ШАРИПОВА Ільнара Вільєвна — Науковий центр Сухопутних військ Академії сухопутних військ, Львів, начальник лабораторії польових випробувань

ШКЛЯРСЬКИЙ Володимир Іванович — Інститут телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки НУ «Львівська політехніка», Львів, кандидат технічних наук ,доцент, старший науковий співробітник, заступник начальника кафедри з наукової роботи

ШОЛОВІЙ Юрій Петрович — Національний університет «Львівська політехніка», Львів, кандидат технічних наук, доцент кафедри

ЯКОВЛЕВ Максим Юрійович — Науковий центр Сухопутних військ, Львів, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідної лабораторії

© Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Алєксєєв В. М.	51	Масесов М. О.	13
Беляев С. Н.	48	Матала І. В.	70
Бердник П. Г.	3	Новгородська Л. О.	86
Боженко В. І.	16	Павленко М. А.	3
Бондаренко М. В.	22	Парахін С. В.	86
Бударецький Ю. І.	7	Прокопенко В. В.	7
Гаврилов А. Б.	64	Прокопенко В. В.	59
Грабчак В. І.	59	Рижов Є. В.	75
Гребенюк Т. М.	41	Руденко В. Н.	3
Гумінський Р. В.	75	Сальник Ю. П.	70
Данюк Ю. В.	3	Сергієнко Р. В.	81
Джус Р. Н.	101	Слюсар В. І.	13, 22
Дідур Г. М.	51	Сотніков О. М.	64
Задерієнко С. І.	96	Спориш ев К. О.	45
Запорожец В. В.	101	Стадниченко Н. Г.	101
Істомин А. Е.	48	Тимчук В. Ю.	33, 113
Ісаков М. А.	107	Тревого І. С.	33
Казмірчук Р. В.	16	Трошин О. Н.	101
Кондратов П. О.	16	Фтемов Ю. О.	107
Корольова О. В.	75	Фуртес О. О.	107
Круковський І. А.	26	Хахула В. В.	93
Кулерявенко І. В.	59	Чорний М. В.	113
Левченко А. О.	89, 93	Шабан Р. Г.	86
Лучук Е. В.	86, 113	Шарипова І. В.	93
Макеєв В. І.	59	Шклярський В. І.	16
Мартиненко С. А.	7	Яковлев М. Ю.	107

© Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

ЗМІСТ

	РОЗРОБЛЕННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ ОВТ	
Павленко М.А, Руденко В.Н., Бердник П.Г., Данюк Ю.В.	Системы поддержки принятия решений и задачи их эргономического проектирования	3
Бударецький Ю.І, Прокопенко В.В., Мартиненко С.А.	Особливості побудови автоматизованого контрольно-випробувального комплексу для досліджень характеристик транспортних засобів артилерійських підрозділів	7
Слюсар В.І., Масесов М.О.	Удосконалений метод тропосферного зв'язку з мульти-мімо системою на базі плоскої цифрової антенної решітки	13
Боженко В.І., Казмірчук Р.В., Шклярський В.І., Кондратов П.О.	Можливі методи формування комплексних тепловізійних зображень	16
Слюсар В.И., Бондаренко М.В.	Потенциальная точность пеленгации в цифровых антенных решетках в условиях джиттера АЦП	22
Круковський І.А.	Удосконалені вимоги до реалізації olap у DSS для часткових проблемних областей інформаційно-аналітичної роботи	26
Тимчук В.Ю., Тревого І.С.	Перспективи розвитку геоінформаційних технологій для військових задач	33
Гребенюк Т.М.	Порівняльна характеристика МЕТОДІВ створення топографічних карт для асу військового призначення	41
Споришев К.О.	Вплив законів формування кроку квантування на перешкодозахищеність системи передачі даних	45
Беляев С.Н., Истомин А.Е.	Методика компенсации дрейфа нуля и моделирование шумов микромеханического гироскопа инерциального измерительного блока	48
Дідур Г.М., Алєксєєв В.М.	Перспективи та основні напрямки розвитку парашутобудування в Україні	51
	БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ ОВТ	
Макеєв В.І., Грабчак В.І., Прокопенко В.В.,. Кучерявенко І.В	Дослідження впливу нутаційних коливань снарядів (мін) на дальність їх польоту	59
Сотніков О. М., Гаврилов А.Б.	Підвищення бойових можливостей та технічних характеристик бронетанкової техніки	64
Сальник Ю.П., Матала І.В.	Аналіз технічних характеристик і можливостей безпілотних авіаційних комплексів оперативно-тактичного та тактичного радіусу дії армій розвинених країн	70
Гумінський Р.В., Рижов Є.В., Корольова О.В.	Автоматизація діяльності командира, штабу при прийнятті рішень на операцію (бойові дії)	75

© Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

Сергієнко Р.В.	Оцінка ефективності координатного методу визначення дирекційних кутів з використанням супутникових радіонавігаційних систем.....	81
	ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ОВТ	
Новгородська Л.О., Парахін С.В., Шабан Р.Г., Лучук Е.В.	Оцінка зміни показників надійності авіаційної техніки за часом експлуатації.....	86
Левченко А.О.	Побудова моделей щільності розподілу ймовірностей шляхом кусково-лінійної апроксимації.....	89
Левченко А.О., Шарипова І.В., Хахула В.В.	Непараметричний метод визначення динаміки узагальненого параметру однотипного озброєння та військової техніки.....	93
Задерієнко С.І.	Математичне моделювання гідродинамічного мащення збірного конічного підшипника з пористим шаром на його робочій поверхні…	96
Запорожец В.В., Стадниченко В.Н., Трошин О.Н., Стадниченко Н.Г., Джус Р.Н.	О механизмах подвижности металлокерамического слоя в технологиях триботехнического восстановления деталей.....	101
	ПІДГОТОВКА ВІЙСЬКОВИХ ФАХІВЦІВ	
Ісаков М.А., Яковлев М.Ю., Фтемов Ю.О., Фуртес О.О.	Система бойової підготовки Сухопутних військ Збройних сил України: сучасний стан, основні напрямки та перспективи розвитку…	106
	ІНФОРМАЦІЙНЕ ПОВІДОМЛЕННЯ	
Лучук Е. В., Тимчук В.Ю., Чорний М.В.	Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ: аналіз поглядів учасників спеціалізованої ВНТК……	112
НАШІ АВТОРИ.....		119
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК.....		121
ДО ВІДОМА АВТОРІВ.....		122

© Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Військово-технічний збірник

Випуск 3

Відповідальний за випуск **В. М. Палюх**
Редактори **Л. В. Актямова, Т. В. Животова**
Коректор **О. М. Мінєєва**
Комп'ютерна верстка **В.І.Боженко, О. М. Совгар**

Підписано до друку 17.05. 2010 р.
Формат паперу $70x100_{1/16}$. Папір офсетний
Ум. друк. арк. 8,32
Обл.-вид. арк. 14,29
Замовлення 37
Наклад 100 прим.
Безкоштовно

Друкарня Академії сухопутних військ
імені гетьмана Петра Сагайдачного
79012, м. Львів, вул. Гвардійська, 32