

*Анатолій Петрович Волобуєв (канд. техн. наук, с.н.с., докторант)<sup>1</sup>*

*Юрій Борисович Прібілев (канд. техн. наук, доцент, начальник кафедри)<sup>2</sup>*

*Ірина Юрївна Волобуєва (науковий співробітник науково-дослідного відділу)<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ, Україна*

<sup>2</sup>*Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна*

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ДОСТУПНОСТІ ПЕРСПЕКТИВНОЇ РУХОМОЇ СИСТЕМИ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*У статті розглядається актуальна проблема зниження ефективності засобів і систем радіорозвідки за рахунок радіомаскування систем радіозв'язку військового призначення.*

*Запропонована математична модель електромагнітної доступності перспективної рухомої системи радіозв'язку військового призначення, як показника рівня радіомаскування цієї системи. Модель розроблена із застосуванням теорії тензорного числення і може бути застосована системою автоматичного управління рівнем радіомаскування перспективної системи радіозв'язку військового призначення.*

*Отримані залежності для абсолютного диференціалу тензора поля електромагнітної доступності перспективних систем радіозв'язку військового призначення та абсолютних похідних першого та інших порядків тензорного поля електромагнітної доступності перспективних систем радіозв'язку військового призначення. Це дозволило апроксимувати функцію, яка визначає тензорне поле електромагнітної доступності перспективних систем радіозв'язку військового призначення, рядом Тейлора.*

***Ключові слова:** перспективна рухома система радіозв'язку військового призначення, електромагнітна доступність, тензорне поле електромагнітної доступності.*

### Вступ

У зв'язку з тим, що на озброєнні розвинених у воєнному відношенні країн світу стоять сучасні засоби та системи радіорозвідки [1-7], які спроможні з високою ефективністю викривати системи радіозв'язку, що розгортаються в інтересах різних ланок управління Збройних Сил (ЗС) України, то надзвичайно актуальною проблемою є зниження ефективності цих засобів і систем радіорозвідки, що досягається радіомаскуванням систем радіозв'язку військового призначення.

**Постановка проблеми.** Перспективні системи радіозв'язку військового призначення, очевидно, це автоматизовані рухомі системи, які розгортаються на основі сімейства високопродуктивних цифрових багатодіапазонних багаторежимних програмно-керованих військових радіостанцій модульної структури (як щодо програмного забезпечення так і щодо апаратної частини) з відкритою архітектурою, таких що мають бути забезпечені інтегрованою програмно-керованою системою крипто- та інформаційної безпеки [8-10]. Враховуючи вищенаведене, доцільно забезпечити можливість автоматичного управління рівнем радіомаскування перспективних рухомих систем радіозв'язку військового призначення (ПРСР ВП). Для чого необхідно визначити показник рівня радіомаскування ПРСР ВП, отримати аналітичну залежність між цим показником та відповідними параметрами ПРСР ВП, змінюючи які можна забезпечити необхідний рівень радіомаскування ПРСР ВП (необхідний рівень в сенсі ефективної протидії сучасним засобам та системам радіорозвідки).

У цій частині статті у загальному вигляді описується проблема, розгляду якої присвячено дослідження, та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

На жаль літератури на дану тематику надзвичайно мало. До того ж присвячена вона, в основному, питанням радіомаскування окремих радіостанцій, а не систем радіозв'язку військового призначення в цілому. До основних джерел з цього питання слід віднести роботи [11-18].

Як відомо [11-18], зниження ефективності засобів та систем радіорозвідки противника шляхом радіомаскування систем радіозв'язку військового призначення забезпечується, насамперед, за рахунок зниження її розвідувальної доступності. Розвідувальна доступність систем радіозв'язку військового призначення характеризується, в першу чергу, електромагнітною доступністю, і, якщо вона забезпечена, то просторовою доступністю, семантичною (змістовною, мовною) доступністю, ознаковою доступністю, апаратною доступністю, структурною доступністю. Тому у відомій літературі мова йде не про показники якості радіомаскування систем радіозв'язку військового призначення, а більше уваги приділяється показникам електромагнітної доступності [11-18].

Якщо розглядати електромагнітну доступність системи радіозв'язку військового призначення як властивість системи перетворювати потужність електромагнітних хвиль з виходів передавачів окремих радіостанцій системи у потужності електромагнітних хвиль на входах приймачів

засобів радіорозвідки противника у певному операційному районі, що в більшій ступені відповідає сутності поняття електромагнітної доступності, то стає зрозумілим, що електромагнітна доступність суттєво залежить від напрямку в просторі операційного району, де розгорнута система радіозв'язку військового призначення. Отже, з позиції такої властивості, як електромагнітна доступність, ми можемо казати що ПРСР ВП є деяким анізотропним простором з випадковою (в загальному випадку) неоднорідною структурою. При цьому електромагнітна доступність окремої радіостанції ПРСР ВП може бути подана як тензор другої валентності [19].

Зрозуміло, що перш ніж отримати математичну модель електромагнітної доступності ПРСР ВП, необхідно отримати математичну модель електромагнітної доступності окремої радіостанції, саме на основі яких і розгортається ПРСР ВП. Отже необхідно висвітлити, яким чином на основі показника рівня радіомаскування окремої радіостанції у вигляді тензору другої валентності отримується показник рівня радіомаскування ПРСР ВП, як множини окремих радіостанцій.

**Мета статті** полягає в розробленні математичної моделі електромагнітної доступності ПРСР ВП на основі загальної математичної моделі електромагнітної доступності окремої радіостанції ПРСР ВП у вигляді тензору другої валентності.

### Виклад основного матеріалу дослідження

#### 1. Електромагнітна доступність ПРСР ВП

Зрозуміло, що ПРСР ВП є множиною окремих радіостанцій, взаємопоеднаних певним чином. Причому їх взаємопоеднання обумовлене вимогою зв'язності ПРСР ВП, під якою зазвичай розуміють наявність у будь-якій момент часу хоча б одного маршруту радіозв'язку між будь-якою парою абонентів ПРСР ВП.

Так як кожна окрема радіостанція в сенсі електромагнітної доступності характеризується тензором електромагнітної доступності, який, взагалі кажучи, змінюється від точки до точки на просторі операційного району, то множини  $n$  взаємно поєднаних радіостанцій, тобто  $n$ -вимірну ПРСР ВП, в сенсі електромагнітної доступності можна характеризувати тензорним полем. І будемо казати, що на ПРСР ВП в просторі операційного району завдане тензорне поле електромагнітної доступності ПРСР ВП, якщо кожній можливій точці  $M$  знаходження кожної  $k$ -ї окремої радіостанції поставлений у відповідність тензор електромагнітної доступності окремої радіостанції ПРСР ВП, так званий тензор поля:

$$d_{ij}^k = d_{ij}^k(M), \quad (1)$$

або

$$d_{ij}^k = d_{ij}^k(x_1, x_2, x_3), \quad (2)$$

де  $x_1, x_2, x_3$  – координати точки  $M$  відносно деякого прямокутного базису  $\{e_1, e_2, e_3\}$  та початком координат  $O$ .

В подальшому будемо вважати, що функція  $d_{ij}^k = d_{ij}^k(x_1, x_2, x_3)$  безперервна, та має

безперервні часткові похідні будь-якого порядку по всім аргументам. Крім того, вважатимемо, що на тензорному полі електромагнітної доступності ПРСР ВП існують алгебраїчні операції над тензором поля в кожній точці  $M$  простору операційного району:

операція складання двох різних тензорних полів в кожній точці операційного району;

операція добутку двох різних тензорних полів в кожній точці операційного району (з утворенням нового тензорного поля);

операція згортання тензорних полів в кожній точці операційного району (з утворенням нового тензорного поля);

операція переставляння індексів в тензорному полі в кожній точці операційного району (з утворенням нового тензорного поля);

операція диференціювання тензорного поля в кожній точці операційного району (з утворенням нового тензорного поля).

Операцію диференціювання тензорного поля електромагнітної доступності ПРСР ВП можна ввести так.

Нехай на ПРСР ВП в просторі операційного району задане тензорне поле електромагнітної доступності ПРСР ВП:

$$d_{ij}^k = d_{ij}^k(M). \quad (3)$$

З'ясуємо, як змінюється цей тензор при переході з точки  $M(x_1, x_2, x_3)$  в нескінченно близьку до  $M$  точку  $M'$ . Положення точки  $M'$  відносно точки  $M$  визначається вектором  $dx = \overline{MM'}$ , розкладання якого за базисними векторами записується у вигляді

$$dx = dx_i e_i. \quad (4)$$

При переході до нового ортонормованого базису  $e_{i'} = \gamma_{i'i} e_i$  координати вектору  $dx$  перетворюються за формулами

$$dx_{i'} = \gamma_{i'i} dx_i, \quad (5)$$

де  $\gamma_{i'i}$  – косинуси кутів між векторами старого та нового базису.

Так як  $\overline{OM'} = \overline{OM} + \overline{MM'}$ , то компоненти  $x_{i'}$  точки  $M'$  визначаються так

$$x_{i'} = x_i + dx_i. \quad (6)$$

Позначимо через  $\Delta d_{ij}^k$  прирощення, що отримають компоненти тензору  $d_{ij}^k$  при переході з точки  $M$  до точки  $M'$ . Якщо припустити, що ці компоненти є диференційованими функціями від координат точки  $M$ , то головні частини прирощень можуть бути записані так:

$$dd_{ij}^k = \frac{\partial d_{ij}^k}{\partial x_1} dx_1. \quad (7)$$

Доведемо, що сукупність величин  $dd_{ij}^k$  утворює тензор другої валентності. Дійсно, при переході до базису  $\{e_{i'}, e_{j'}, e_{3'}\}$  компоненти тензору  $d_{ij}^k$  перетворюються за формулами

$$d_{i'j'}^k = \gamma_{i'i} \gamma_{j'j} d_{ij}^k. \quad (8)$$

Диференціюючи їх почленно та враховуючи,

що величини  $\gamma_{i\bar{i}}$  постійні (вони не залежать від положення точки  $M$ ), отримаємо

$$dd_{ij}^k = \gamma_{i\bar{i}} \gamma_{j\bar{j}} dd_{ij}^k. \quad (9)$$

Ці рівності показують, що величини  $dd_{ij}^k$  при заміні базису перетворюються за тензорним законом. Тензор з компонентами  $dd_{ij}^k$  назовемо абсолютним диференціалом тензора поля електромагнітної доступності ПРСР ВП.

Тепер формули (7) показують, що при згортанні величин  $\frac{\partial d_{ij}^k}{\partial x_1}$  з координатами довільного вектору  $dx_1$  утворюється новий тензор  $dd_{ij}^k$ . В силу зворотної тензорної ознаки величини  $\frac{\partial d_{ij}^k}{\partial x_1}$  утворюють тензор третьої валентності в точці  $M$ .

Оскільки такі утворення можна здійснити в будь-якій точці  $M$  простору операційного району де розгорнута ПРСР ВП, ми отримуємо нове тензорне поле третьої валентності, яке будемо називати абсолютною похідною тензорного поля електромагнітної доступності ПРСР ВП

$$d_{ij,l}^k = \frac{\partial d_{ij}^k}{\partial x_l}.$$

Перепишемо формули (7) в нових позначеннях

$$dd_{ij}^k = d_{ij,l}^k dx_l. \quad (10)$$

Ці формули показують, що абсолютний диференціал тензора поля електромагнітної доступності ПРСР ВП є результатом згортання тензора  $dx_1$  та абсолютної похідної  $d_{ij,l}^k$  цього тензору.

Зауваження 1.

Оскільки в прямокутній декартовій системі координат координати абсолютного диференціала та абсолютної похідної співпадають із звичайними диференціалами та частковими похідними компонент вихідного поля, правила абсолютного диференціювання будуть тими самими, що й для звичайного диференціювання.

Зауваження 2.

Тим же чином, як були утворені абсолютний диференціал та абсолютна похідна першого порядку для тензорного поля електромагнітної доступності ПРСР ВП, можна утворити абсолютний диференціал та абсолютну похідну другого, а потім і вищого порядків. Наприклад, для тензорного поля  $d_{ij}^k = d_{ij}^k(M)$  часткові похідні

$$\frac{\partial d_{ij}^k}{\partial x_l \partial x_m} = d_{ij,lm}^k \quad (11)$$

утворюють другу абсолютну похідну тензору поля електромагнітної доступності ПРСР ВП, яка вже є тензором четвертої валентності. Результат згортання цього тензору з диференціалами  $dx_1$  та  $dx_m$  приведе до виразу для другого абсолютного диференціалу тензора  $d_{ij}^k$

$$d^2 d_{ij}^k = d_{ij,lm}^k dx_l dx_m. \quad (12)$$

Взагалі кажучи, диференціал порядку  $p$  від тензорного поля електромагнітної доступності ПРСР ВП, не менш ніж  $p$  раз диференційованого, являє собою тензорне поле тієї ж валентності, що і вихідне поле, а його абсолютна похідна порядку  $p$  – тензорне поле, валентність якого на  $p$  одиниць більша за валентність вихідного поля.

Зауваження 3.

Припустимо, що функція, яка визначає тензорне поле електромагнітної доступності ПРСР ВП, має безперервні часткові похідні  $(n-1)$  порядку в точці  $M(x_1, x_2, x_3)$  та її околі. Тоді в околі точки  $M$  ця функція може бути розкладена за формулою Тейлора. Отримане розкладання будемо називати розкладанням тензора поля електромагнітної доступності ПРСР ВП по формулі Тейлора:

$$\begin{aligned} d_{ij}^k(x_1 + \Delta x_1, x_2 + \Delta x_2, x_3 + \Delta x_3) &= \\ &= d_{ij}^k(x_1, x_2, x_3) + dd_{ij}^k(x_1, x_2, x_3) + \\ &+ \frac{1}{2!} d^2 d_{ij}^k(x_1, x_2, x_3) + \dots + \frac{1}{n!} d^n d_{ij}^k(x_1, x_2, x_3) \end{aligned} \quad (13)$$

$$+ \frac{1}{(n+1)!} d^{n+1} d_{ij}^k(x_1 + \theta_{ij} \Delta x_1, x_2 + \theta_{ij} \Delta x_2, x_3 + \theta_{ij} \Delta x_3)$$

або, в розгорнутому вигляді

$$\begin{aligned} d_{ij}^k(x_1 + \Delta x_1, x_2 + \Delta x_2, x_3 + \Delta x_3) &= \\ &= d_{ij}^k(x_1, x_2, x_3) + d_{ij,l}^k(x_1, x_2, x_3) \Delta x_l + \\ &+ \frac{1}{2!} d_{ij,l_1 l_2}^k(x_1, x_2, x_3) \Delta x_{l_1} \Delta x_{l_2} + \dots \\ &\dots + \frac{1}{n!} d_{ij,l_1 l_2 \dots l_n}^k(x_1, x_2, x_3) \Delta x_{l_1} \Delta x_{l_2} \dots \Delta x_{l_n} \end{aligned} \quad (14)$$

$$+ \frac{1}{(n+1)!} d_{ij,l_1 l_2 \dots l_n l_{n+1}}^k(x_1 + \theta_{ij} \Delta x_1, x_2 + \theta_{ij} \Delta x_2, x_3 + \theta_{ij} \Delta x_3) \Delta x_{l_1} \Delta x_{l_2} \dots \Delta x_{l_n} \Delta x_{l_{n+1}},$$

де  $\Delta x_i = dx_i$ ;

$$0 < \theta_{ij} < 1.$$

Причому коефіцієнти в кожній групі членів формули (14) є тензорами.

## 2. Нестационарне тензорне поле електромагнітної доступності ПРСР ВП.

В загальному випадку для ПРСР ВП тензорне поле електромагнітної доступності ПРСР ВП є нестационарним, бо пов'язане з рухом окремих радіостанцій, що можна визначити таким співвідношенням

$$d_{ij}^k = d_{ij}^k(x_1, x_2, x_3, t), \quad (15)$$

де  $t$  – час.

Визначимо, як змінюються компоненти тензору  $d_{ij}^k$  при русі окремих радіостанцій. Нехай траєкторія руху окремої радіостанції ПРСР ВП описується рівнянням

$$x_i = x_i(t). \quad (16)$$

Тоді швидкість змін компонент тензора поля електромагнітної доступності ПРСР ВП буде дорівнювати

$$\frac{dd_{ij}^k}{dt} = \frac{\partial d_{ij}^k}{\partial t} + \frac{\partial d_{ij}^k}{\partial x_l} \frac{dx_l}{dt} \quad (17)$$

Але,  $\frac{\partial d_{ij}^k}{\partial x_l} = d_{ij,l}^k$  та  $\frac{dx_l}{dt}$  – компоненти швидкості руху окремої радіостанції, які позначимо  $V_l$ . Тоді (17) запишеться так

$$\frac{dd_{ij}^k}{dt} = \frac{\partial d_{ij}^k}{\partial t} + d_{ij,l}^k V_l \quad (18)$$

Перший член правої частини цього співвідношення описує зміну компонент тензора поля електромагнітної доступності ПРСР ВП в нерухомій точці  $M$ , а другий член пов'язаний з рухом окремих радіостанцій в просторі операційного району (переносний член).

### Література

- 1. Оружие** и технологии России: энциклопедия. XXI век в 13 т. [под ред. зам. Пред. Прав-ва РФ – Министра обороны РФ С. Иванова]. – М. : Изд. дом “Оружие и технологи”, 2006. – Т. XIII: Системы управления, связи и радиоэлектронной борьбы. – 695 с.
- 2. Фиолентов А.** Французский авиационный комплекс радиоэлектронной разведки SARIG-NG / А. Фиолентов // Зарубежное военное обозрение. – 2002. – № 4. – С. 44–46.
- 3. Фароский А.** Средства радиоэлектронной войны ВМС Франции / А. Фароский // Зарубежное военное обозрение. – 2001. – № 5–6. – С. 75–82.
- 4. Стрелецкий А.** Мобильный автоматизированный комплекс радиоразведки сухопутных войск США / А. Стрелецкий // Зарубежное военное обозрение. – 2001. – № 5–6. – С. 40–42.
- 5. Стрелецкий А.** Система радиоэлектронной разведки сухопутных войск США “Гардрейл коммон сенсор” / А. Стрелецкий // Зарубежное военное обозрение. – 2001. – № 9. – С. 23–26.
- 6. Кондратьев А.** Перспективный комплекс РРТР и РЭВ сухопутных войск США “Профет” / А. Кондратьев // Зарубежное военное обозрение. – 2008. – № 7. – С. 37–41.
- 7. Стрелецкий А.** Американский перспективный наземный комплекс ведения радиоэлектронной войны “Вулфпак” / А. Стрелецкий // Зарубежное военное обозрение. – 2002. – № 10. – С. 27–28.
- 8. Joint tactical radio system (JTRS) : Operational requirements document: version 3.2. – USA, JROC, 2003. – 146 p.**
- 9. Міночкін А. І.** Перспективи побудови тактичних мереж зв'язку / А. І. Міночкін, В. А. Романюк // Збірник матеріалів III Науково-практичної конференції ВІТІ

### Висновки й перспективи подальших досліджень

В статті запропоновано математичну модель електромагнітної доступності ПРСР ВП у вигляді нестационарного тензорного поля електромагнітної доступності. На основі введення операції диференціювання тензорного поля електромагнітної доступності ПРСР ВП отримані залежності для абсолютного диференціалу тензора поля електромагнітної доступності ПРСР ВП та абсолютних похідних першого та інших порядків тензорного поля електромагнітної доступності ПРСР ВП. Це дозволило апроксимувати функцію, яка визначає тензорне поле електромагнітної доступності ПРСР ВП, рядом Тейлора.

Напрямом подальших досліджень може бути детальне дослідження можливих траєкторій руху окремих радіостанцій ПРСР ВП та встановлення впливу електромагнітної доступності ПРСР ВП на зв'язність ПРСР ВП.

- “Пріоритетні напрями розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення”. – 2006. – С. 55–65.
- 10. Романюк В. А.** Мобильные радиосети – перспективы беспроводных технологий / В. А. Романюк // Сети и телекоммуникации. – 2003. – № 12. – С. 62–68.
- 11. Палий А. И.** Радиоэлектронная борьба (средства и способы подавления и защиты радиоэлектронных систем) / А. И. Палий. – М. : Воениздат, 1981. – 320 с.
- 12. Цветнов В. В.** Радиоэлектронная борьба: радиомаскировка и помехозащита / Цветнов В. В., Демин В. П., Куприянов А. И. – М. : Изд-во МАИ, 1999. – 240 с.
- 13. Цветнов В. В.** Радиоэлектронная борьба: радиоразведка и радиопротиводействие / Цветнов В. В., Демин В. П., Куприянов А. И. – М. : Изд-во МАИ, 1998. – 248 с.
- 14. Куприянов А. И.** Теоретические основы радиоэлектронной борьбы / А. И. Куприянов, А. В. Сахаров. – М. : Вузовская книга, 2007. – 356 с.
- 15. Макаренко С. И.** Помехозащищенность систем связи с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты монография / С. И. Макаренко, М. С. Иванов, С. А. Попов. – СПб. : Свое изд-во, 2013. – 166 с.
- 16. Вартанесян В. А.** Радиоэлектронная разведка / Вартанесян В. А. – М. : Воениздат, 1975. – 255 с.
- 17. Вартанесян В. А.** Радиопеленгация / Вартанесян В. А., Гойхман Э. Ш., Рогаткин М. И. – М. : Воениздат, 1966. – 248 с.
- 18. Основы радиопротиводействия :** учебник для слушателей ВВНЗ СВ. – М. : Воен. акад. им. М. В. Фрунзе, 1962. – 268 с.
- 19. Акивис М. А.** Тензорное исчисление / Акивис М. А., Гольдберг В. В. – М. : Изд-во “Наука”, Глав. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1972. – 351 с.

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ДОСТУПНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПОДВИЖНОЙ СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*Анатолий Петрович Волобуев (канд. техн. наук, с.н.с., докторант)<sup>1</sup>  
Юрий Борисович Прибылев (канд. техн. наук, доцент, начальник кафедры)<sup>2</sup>  
Ирина Юрьевна Волобуева (научный сотрудник)<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Центральный научно-исследовательский институт Вооруженных Сил Украины, Киев, Украина  
<sup>2</sup>Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

В статье рассматривается актуальная проблема снижения эффективности средств и систем радиоразведки за счет радиомаскирования систем радиосвязи военного назначения.

Предложена математическая модель электромагнитной доступности перспективной подвижной системы радиосвязи военного назначения, как показатель уровня радиомаскирования этой системы. Модель разработана с применением теории тензорного исчисления и может быть применима системой автоматического управления уровнем радиомаскирования перспективной системы радиосвязи военного назначения.

Получены зависимости для абсолютного дифференциала тензора поля электромагнитной доступности перспективных систем радиосвязи военного назначения и абсолютных производных первого и других порядков тензорного поля электромагнитной доступности перспективных систем радиосвязи военного назначения. Это позволило аппроксимировать функцию, которая определяет тензорное поле электромагнитной доступности перспективных систем радиосвязи военного назначения, рядом Тейлора.

**Ключевые слова:** перспективная подвижная система радиосвязи военного назначения, электромагнитная доступность, тензорное поле электромагнитной доступности.

## MATHEMATICAL MODEL OF ELECTROMAGNETIC AVAILABILITY OF PERSPECTIVE MOBILE MILITARY RADIO SYSTEM

Anatolii P. Volobuiev (Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow, Doctoral Candidate)<sup>1</sup>

Yurii B. Pribyliev (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Chief of a Department)<sup>2</sup>

Iryna Y. Volobuieva (Research Fellow)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Central Research Institute of Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

The article deals with the problem of reducing the actual effectiveness of the systems and signal monitoring by radio camouflage communication systems for military use.

The mathematical model of electromagnetic perspective availability of perspective mobile military radio system was offered, as an index of radio camouflage level of this system. The model was developed using the theory of tensor calculus and can be used with an automatic radio camouflage level promising radio systems for military use.

The dependences for the absolute differential electromagnetic field tensor availability of promising radio communication systems for military use, and absolute derivatives first-order and other tensor field electromagnetic availability of advanced radio communication systems for military use. It is possible to approximate the function that determines the electromagnetic field tensor availability of advanced radio communication systems for military use, as Taylor series.

**Keywords:** future mobile tactical radio system, electromagnetic availability, tensor field of electromagnetic availability.

### References

1. Arms and Technologies of Russia: encyclopedia. XXI Century in 13 t. (2006). [Oruzhie i tehnologii Rossii: entsiklopediya], pod red. zam. Pred. Prav-va RF – Ministra obrony RF S. Ivanova, Moskva, Izd. dom “Oruzhie i tehnologii”, T. XIII: Sistemy upravleniya, svyazi i radioelektronnoy borbyi, 695 p.
2. Fiolentov A. (2002), French aviation complex electronic intelligence SARIG-NG. [Frantsuzskiy aviatsionnyiy kompleks radioelektronnoy razvedki SARIG-NG], Zarubezhnoe voennoe obozrenie, № 4, pp. 44–46.
3. Faroskiy A. (2001), Means electronic warfare French Navy. [Sredstva radioelektronnoy voynyi VMS Frantsii], Zarubezhnoe voennoe obozrenie, № 5–6, pp. 75–82.
4. Streletskiy A. (2001), Mobile automated complex of signals intelligence United States Army. [Mobilnyiy avtomatizirovannyiy kompleks radiatorazvedki suhoputnykh voysk SShA], Zarubezhnoe voennoe obozrenie, № 5–6, pp. 40–42.
5. Streletskiy A. (2001), System of electronic intelligence United States Army “Gardreyl Common Sensor”. [Sistema radioelektronnoy razvedki suhoputnykh voysk SShA “Gardreyl kommon sensor”], Zarubezhnoe voennoe obozrenie, № 9, pp. 23–26.
6. Kondratev A. (2008), Promising complex electronic intelligence United States Army “Prophet”. [Perspektivnyiy kompleks radioelektronnoy razvedki suhoputnykh voysk SShA “Profet”], Zarubezhnoe voennoe obozrenie, № 7, pp. 37–41.
7. Streletskiy A. (2002), American perspective land complex conducting electronic warfare “Wolfpack” [Amerikanskiy perspektivnyiy nazemnyiy kompleks vedeniya radioelektronnoy voynyi “Vulfpak”], Zarubezhnoe voennoe obozrenie, № 10, pp. 27–28.
8. Joint tactical radio system (JTRS): Operational requirements document: version 3.2. – USA, JROC, 2003. – 146 p.
9. Minochkin A. I., Romanyuk V. A. (2006), Prospects of building tactical networks. [Perspektivi pobudovi taktichnih merezh zv'yazku], Zbirknik materialiv III Naukovo-praktichnoyi konferentsiyi VITI “Prioritetni napryami rozvitku telekomunikatsiy i sistem ta merezh spetsialnogo pryznachennya”. – Kyiv, VITI NTUU “KPI”, pp. 55–65.
10. Romanyuk V. A. (2003), Mobile radio network – prospects of wireless technologies. [Mobilnyie radioseti – perspektivy besprovodnykh tehnologiy], Seti i telekommunikatsii, № 12, pp. 62–68.
11. Paliy A. I. (1981), Electronic warfare (the means and methods of suppression and protection of electronic systems), [Radioelektronnaya borba (sredstva i sposobyi podavleniya i zaschityi radioelektronnykh sistem)], Moskva, Voenizdat, 320 p.
12. Tsvetnov V. V., Demin V. P., Kupriyanov. A. I. (1999), Electronic warfare: radio camouflage and immunity. [Radioelektronnaya borba: radiomaskirovka i pomohozaschita], Moskva, Izd-vo MAI, – 240 p.
13. Tsvetnov V. V., Demin V. P., Kupriyanov. A. I. (1998), Electronic warfare: radio reconnaissance and jamming. [Radioelektronnaya borba: radiatorazvedka i radioprotivodeystvie], Moskva, Izd-vo MAI, 248 p.
14. Kupriyanov A. I., Saharov A. V. (2007), Theoretical foundations of electronic warfare. [Teoreticheskie osnovy radioelektronnoy borby], Moskva, Vuzovskaya kniga, 356 p.
15. Makarenko S. I., Ivanov M. S., Popov S. A. (2013), Noise immunity of the system due to the operating frequency Hopping. [Pomohozaschischnost sistem svyazi s psevdosluchaynoy perestroykoy rabochey chastoty], monografiya, SPb., Svoe izd-vo, 166 p.
16. Vartanesyan V. A. (1975), Radio-electronic intelligence. [Radioelektronnaya razvedka], Moskva, Voenizdat, 255 p.
17. Vartanesyan V. A., Goyhman E. Sh., M. I. Rogatkin. (1966), Radio direction finding. [Radiopelengatsiya], Moskva, Voenizdat, 248 p.
18. Basics of radio counter. (1962), [Osnovy radioprotivodeystviya], Uchebnik dlya slushateley VVNZ SV. Moskva, Voen. akad. im. M. V. Frunze, 268 p.
19. Akivis M. A., Goldberg V. V. (1972), Tensor calculus. [Tenzornoe ischislenie], Moskva, Izd-vo “Nauka”, Glav. red. fiz.-mat. lit-ryi, 351 p.

A.P. Volobuiev: volobuyev-anatoliy@yandex.ru Y.B. Pribyliev: pribilev@meta.ua

I.Y. Volobuieva: volobuyeva-irinay@yandex.ru

Отримано: 21.07.2014 p.