

Іван Юрійович Свіда (доктор військ. наук, с.н.с.)
Анатолій Олександрович Зварич (канд. військ. наук)
Анатолій Петрович Волобуєв (канд. техн. наук, с.н.с.)

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ, Україна

МЕТОД МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РАДІОМАСКУВАННЯ СИСТЕМИ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ІЗ ЗБЕРЕЖЕННЯМ ЗВ'ЯЗКУ

У статті запропоновано метод математичного моделювання радіомаскування системи радіозв'язку військового призначення від систем радіорозвідки нового покоління із збереженням радіозв'язку в своїй системі. Даний метод використовує в якості вихідних даних результати застосування методу математичного моделювання радіоперехоплення та виявлення місцеположення засобів радіозв'язку військового призначення системами радіорозвідки нового покоління та дозволяє кількісно оцінити значення параметрів засобів радіозв'язку, що дозволяють забезпечити заданий рівень радіозамаскованості системи радіозв'язку та забезпечити зв'язок в ній. У випадках, коли такі значення отримати неможливо, пропонується вирішувати зазначені завдання за рахунок фальшивих засобів радіозв'язку, потрібну кількість яких можна оцінити завдяки даному методу моделювання. Метод розроблено на основі фундаментальних положень теоретичної фізики, зокрема на тому факті, що електромагнітне поле в будь-якій точці простору описується антисиметричним 4-тензором другого рангу.

Ключові слова: *математичне моделювання; радіозв'язок; радіорозвідка; радіомаскування.*

Вступ

Постановка проблеми. Поява у збройних силах провідних країн світу систем радіорозвідки нового покоління [1-2] та відставання України у питаннях створення сучасних розвідуваних систем радіозв'язку військового призначення, викликала невідповідність між наявними спроможностями систем радіозв'язку військового призначення щодо боротьби з системами радіорозвідки та спроможностями, які потрібні для боротьби з системами радіорозвідки нового покоління. Тобто не забезпечується необхідний рівень радіозамаскованості систем радіозв'язку військового призначення.

Для розробки науково обґрунтованих рекомендацій щодо забезпечення необхідного рівня радіозамаскованості потрібно користуватися методами математичного моделювання радіомаскування систем радіозв'язку військового призначення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження, пов'язані з розробкою методів математичного моделювання радіомаскування систем радіозв'язку військового призначення, в різні часи проводилися такими науковцями як Палій А.І., Сіфоров В.І., Ізюмов Н.М., Вартанесян В.А., Цветнов В.В., Дьомін В.П., Купріянов А.І., Макаренко С.І., Каневський З.М., Літвіненко В.П., Макаров Г.В. та іншими [3-11]. Методи моделювання даних авторів переважно побудовані на основі ймовірнісних підходів, через те, що вони користувалися ймовірнісними показниками рівня радіозамаскованості як

окремих засобів радіозв'язку так і систем радіозв'язку в цілому. Зокрема, такими показниками як ймовірність виявлення засобу радіозв'язку за заданий час; математичне очікування часу виявлення засобу радіозв'язку із заданими параметрами; ймовірність пеленгування засобу радіозв'язку із заданими параметрами і т.і.

Але системи радіорозвідки нового покоління зробили ці показники і методи не актуальними, бо набули спроможностей щодо викриття засобів радіозв'язку майже миттєво з ймовірністю близькою до одиниці за умови їх розвідувальної доступності [1-2]. Аналіз відомих методів і моделей показав, що вони не розглядають систему радіорозвідки противника як єдину систему що об'єднує всі види сучасних космічних, стратосферних, повітряних, наземних та морських засобів, завдяки чому забезпечується безпрецедентна розвідувальна доступність систем радіозв'язку військового призначення. Також не враховуються їх спроможності щодо виявлення і перехоплення складних (шумоподібних) радіосигналів, сигналів малої тривалості та сигналів які передаються за протоколами маршрутизації пакетів, факт реалізації методу однопозиційного виявлення місцеположення і т.і. Крім того відомі методи і моделі радіомаскування не розглядають потребу у забезпеченні зв'язку під час радіомаскування.

Отже, у відомих джерелах відсутні методи математичного моделювання радіомаскування систем радіозв'язку військового призначення із збереженням в них зв'язку, які б враховували

спроможності систем радіорозвідки нового покоління.

Мета статті. Полягає в розробленні методу математичного моделювання радіомаскування системи радіозв'язку військового призначення від систем радіорозвідки нового покоління із збереженням радіозв'язку в своїй системі.

Методи дослідження

У ході дослідження використовувалися основні положення теорії електродинаміки та теорії зв'язку.

Виклад основного матеріалу дослідження

Будемо вважати, що система радіорозвідки нового покоління розгорнута на Q засобах радіорозвідки, а загальна кількість засобів радіозв'язку в системі радіозв'язку військового призначення – M^{zag} , з яких:

кількість засобів радіозв'язку, що не застосовують складні (шумоподібні) сигнали – M;

кількість засобів радіозв'язку, що працюють у режимі бінарної фазової модуляції (БФМ) псевдовипадковою послідовністю (ПВП) – $M^{БФМ}$;

кількість засобів радіозв'язку, що працюють у режимі дискретної частотної модуляції (ДЧМ) ПВП – $M^{ДЧМ}$;

кількість засобів радіозв'язку, що працюють у режимі частотно-фазової маніпуляції (ЧФМ) ПВП – $M^{ЧФМ}$;

кількість засобів радіозв'язку, що працюють у режимі псевдовипадкового перестроювання робочої частоти (ППРЧ) – $M^{ППРЧ}$.

Крім того, додатково можуть розгортатися фальшиві радіомережі на $M_{фальш}$ фальшивих засобах радіозв'язку.

Кожному засобу радіозв'язку має бути наданий ідентифікаційний номер.

В [12-14] було показано, що оцінювання рівня радіозамаскованості системи радіозв'язку військового призначення від систем радіорозвідки нового покоління доцільно здійснювати за допомогою такого невипадкового показника:

$$R = \frac{M_{3M}^{zag} + M_{фальш}}{M^{zag}} 100\%, \quad (1)$$

де M_{3M}^{zag} – загальна кількість радіозамаскованих засобів радіозв'язку в системі радіозв'язку.

При чому

$$M_{3M}^{zag} = M_{3M} + M_{3M}^{БФМ} + M_{3M}^{ДЧМ} + M_{3M}^{ЧФМ} + M_{3M}^{ППРЧ} \quad (2)$$

де M_{3M} – кількість радіозамаскованих засобів радіозв'язку, що не застосовують складних (шумоподібних) сигналів;

$M_{3M}^{БФМ}$ – кількість радіозамаскованих засобів радіозв'язку, що застосовують складні (шумоподібні) сигнали з БФМ ПВП;

$M_{3M}^{ДЧМ}$ – кількість радіозамаскованих засобів радіозв'язку, що застосовують складні (шумоподібні) сигнали з ДЧМ ПВП;

$M_{3M}^{ЧФМ}$ – кількість радіозамаскованих засобів радіозв'язку, що застосовують складні (шумоподібні) сигнали з ЧФМ ПВП;

$M_{3M}^{ППРЧ}$ – кількість радіозамаскованих засобів радіозв'язку, що застосовують складні (шумоподібні) сигнали з ППРЧ.

Рівень радіозамаскованості окремих засобів радіозв'язку Γ_m оцінюється за допомогою такого показника, як кількість засобів радіорозвідки противника, для яких засіб радіозв'язку є розвідувальнодоступним за наступним критерієм:

$$\begin{cases} \Delta_{mq} > 1 \\ f_{mq} < 1 \end{cases}, \quad (3)$$

де Δ_{mq} – коефіцієнт електромагнітної доступності m-го засобу радіозв'язку для q-го засобу радіорозвідки (4);

f_{mq} – коефіцієнт частотної доступності m-го засобу радіозв'язку для q-го засобу радіорозвідки (не розраховується для засобів радіозв'язку, які не застосовують складних (шумоподібних) сигналів) (5).

Дані коефіцієнти, спираючись на [15-18], можна розрахувати таким чином:

$$\begin{aligned} \Delta_{mq} = \frac{1}{4\pi R_{порq} \tau_{зрq}} \int_0^{\tau_{зрq}} & \left[\left(\frac{\partial(A_1)_{mq}}{\partial t} - \frac{\partial(A_0)_{mq}}{\partial x_{зрq}} \right)^2 + \right. \\ & + \left(\frac{\partial(A_2)_{mq}}{\partial t} - \frac{\partial(A_0)_{mq}}{\partial y_{зрq}} \right)^2 + \\ & + \left(\frac{\partial(A_3)_{mq}}{\partial t} - \frac{\partial(A_0)_{mq}}{\partial z_{зрq}} \right)^2 + \\ & + \left(\frac{\partial(A_2)_{mq}}{\partial z_{зрq}} - \frac{\partial(A_3)_{mq}}{\partial y_{зрq}} \right)^2 + \\ & + \left(\frac{\partial(A_3)_{mq}}{\partial x_{зрq}} - \frac{\partial(A_1)_{mq}}{\partial z_{зрq}} \right)^2 + \\ & \left. + \left(\frac{\partial(A_1)_{mq}}{\partial y_{зрq}} - \frac{\partial(A_2)_{mq}}{\partial x_{зрq}} \right)^2 \right] dt, \end{aligned} \quad (4)$$

де $R_{порq}$ – поріг реагування по потужності для q-го засобу радіорозвідки;

$\tau_{зрq}$ – час реагування (спостереження) q-го засобу радіорозвідки;

$(A_0)_{mq}, (A_1)_{mq}, (A_2)_{mq}, (A_3)_{mq}$ – компоненти векторного потенціалу

електромагнітного поля A_{mq} , створеного m -им засобом радіозв'язку в реальному (або передбачуваному) місті перебування q -го засобу радіорозвідки противника;

$$\left(\frac{\partial(A_1)_{mq}}{\partial t} - \frac{\partial(A_0)_{mq}}{\partial x_{zpq}} \right), \left(\frac{\partial(A_2)_{mq}}{\partial t} - \frac{\partial(A_0)_{mq}}{\partial y_{zpq}} \right),$$

$$\left(\frac{\partial(A_3)_{mq}}{\partial t} - \frac{\partial(A_0)_{mq}}{\partial z_{zpq}} \right), \left(\frac{\partial(A_2)_{mq}}{\partial z_{zpq}} - \frac{\partial(A_3)_{mq}}{\partial y_{zpq}} \right),$$

$$\left(\frac{\partial(A_3)_{mq}}{\partial x_{zpq}} - \frac{\partial(A_1)_{mq}}{\partial z_{zpq}} \right), \left(\frac{\partial(A_1)_{mq}}{\partial y_{zpq}} - \frac{\partial(A_2)_{mq}}{\partial x_{zpq}} \right)$$

– компоненти тензору електромагнітного поля;

$(x_{zpq}, y_{zpq}, z_{zpq})$ – реальні (або передбачувані) координати q -го засобу радіорозвідки противника;

τ_{ii} – тривалість елемента ПВП.

Та

$$f_{mq} = \frac{2\pi}{\tau_{ii} f_{порq}}, \quad (5)$$

де $f_{порq} = f_{порqбфм}$ – порогове значення тактової частоти ПВП, яка модулює фазу сигналу засобу радіозв'язку, вище якого q -й засіб радіорозвідки не спроможний виявляти роботу засобів радіозв'язку, які працюють в режимі БФМ ПВП;

$f_{порq} = f_{порqдчм}$ – порогове значення тактової частоти ПВП, яка модулює частоту сигналу засобу радіозв'язку, вище якого q -й засіб радіорозвідки не спроможний виявляти роботу засобів радіозв'язку, що працюють в режимі ДЧМ ПВП;

$f_{порq} = f_{порqппрч}$ – порогове значення тактової частоти, з якою змінюється несуча сигналу засобу радіозв'язку, вище якого q -й засіб радіорозвідки не спроможний виявляти роботу засобів радіозв'язку, що працюють в режимі ППРЧ.

Нехай в результаті оцінювання поточного рівня радіозамаскованості системи радіозв'язку військового призначення, встановлено, що цей рівень дорівнює $R_{пот}$, який є нижчим ніж необхідний $R_{необх}$, тобто виникає завдання підвищення поточного рівня радіозамаскованості до необхідного, але зберігаючи зв'язок в системі радіозв'язку.

Це завдання пропонується розв'язувати шляхом математичного моделювання в два етапи таким методом:

на першому етапі на основі моделі радіоперехоплення та визначення місцеположення засобів радіозв'язку системою радіорозвідки противника [12-14] визначається перелік засобів радіозв'язку, які потрібно маскувати;

на другому етапі моделюється безпосередньо

радіомаскування шляхом визначення параметрів обраних засобів радіозв'язку, що спроможні забезпечити їх недоступність для системи радіорозвідки противника і радіозв'язок у своїй системі одночасно, або, у разі неможливості цього, визначається потрібна кількість фальшивих засобів радіозв'язку.

Етап 1 «Визначення засобів радіозв'язку, що підлягають радіомаскуванню».

1.1. Визначення різниці між поточним та необхідним рівнями радіозамаскованості системи радіозв'язку

$$\Delta R = R_{необх} - R_{пот}, \quad (6)$$

1.2. Визначення кількості засобів радіозв'язку, які підлягають маскуванню

$$M^{заг} \Delta R, \quad (7)$$

1.3. Визначення множини незамаскованих засобів радіозв'язку \bar{D} :

кількість засобів радіозв'язку:

$$(M^{заг} - M^{заг} R_{пот}), \quad (8)$$

множина номерів засобів радіозв'язку: \bar{N} ;

1.4. Із множини \bar{D} визначити $M\Delta R$ засобів радіозв'язку, які підлягають радіомаскуванню:

1.4.1. Ранжирування рівнів радіозамаскованостей Γ_m усіх засобів радіозв'язку з множини \bar{D}

$$\Gamma_{m_1} < \Gamma_{m_2} < \Gamma_{m_3} \dots, \quad (9)$$

1.4.2. Вибір засобів радіозв'язку з номерами m_i , які відповідають першим $M^{заг} \Delta R$ рівням радіозамаскованостей ранжируваного ряду.

Етап 2 «Визначення необхідних параметрів засобів радіозв'язку, що підлягають радіомаскуванню».

Цільова функція забезпечення недоступності засобів радіозв'язку для системи радіорозвідки противника та забезпечення радіодоступності для засобів радіозв'язку своєї системи виглядає так:

$$\begin{cases} \mathcal{E}_{m_i q} < 1 \\ f_{m_i q} > 1, \forall (m_i, q, l), \\ \mathcal{E}_{m_i l} > 1 \end{cases} \quad (10)$$

де $\mathcal{E}_{m_i l}$ – коефіцієнт електромагнітної доступності m_i -х засобів радіозв'язку для l -го засобу радіозв'язку своєї системи.

А обмеження на параметри засобів радіозв'язку, спираючись на [15-18], можна подати таким чином:

для засобів радіозв'язку, що не застосовують складні (шумоподібні) сигнали

кількість випромінювачів у антенній ґратці засобу радіозв'язку:

$$N_{min} \leq N \leq N_{max}, \quad (11)$$

координати n -го випромінювача антенної ґратки m_i -го засобу радіозв'язку:

$$\begin{cases} x_{m_n \min} \leq x_{m_n} \leq x_{m_n \max} \\ y_{m_n \min} \leq y_{m_n} \leq y_{m_n \max} \\ z_{m_n \min} \leq z_{m_n} \leq z_{m_n \max} \end{cases}, \quad (12)$$

несвіна частота випромінювання m_i -го засобу радіозв'язку:

$$f_{0_{m_i \min}} \leq f_{0_{m_i}} \leq f_{0_{m_i \max}}, \quad (13)$$

проекції вектора амплітуди густини електричного струму в n -му випромінювачі антенної ґратки m_i -го засобу радіозв'язку:

$$\begin{cases} j_{m_{n_x \min}} \leq j_{m_{n_x}} \leq j_{m_{n_x \max}} \\ j_{m_{n_y \min}} \leq j_{m_{n_y}} \leq j_{m_{n_y \max}} \\ j_{m_{n_z \min}} \leq j_{m_{n_z}} \leq j_{m_{n_z \max}} \end{cases}, \quad (14)$$

проекції вектора початкових фаз щільності електричного струму в n -му випромінювачі антенної ґратки m_i -го засобу радіозв'язку:

$$\begin{cases} \psi_{0_{m_{n_x \min}}} \leq \psi_{0_{m_{n_x}}} \leq \psi_{0_{m_{n_x \max}}} \\ \psi_{0_{m_{n_y \min}}} \leq \psi_{0_{m_{n_y}}} \leq \psi_{0_{m_{n_y \max}}} \\ \psi_{0_{m_{n_z \min}}} \leq \psi_{0_{m_{n_z}}} \leq \psi_{0_{m_{n_z \max}}} \end{cases}, \quad (15)$$

для засобів радіозв'язку, що працюють у режимі БФМ ПВП

до таких же параметрів, що розглядаються для засобів радіозв'язку, що не застосовують складних (шумоподібних) сигналів додаються ще

псевдовипадкова послідовність, яка модулює фазу сигналу:

$$\begin{cases} \alpha_{1 \min} \leq \alpha_1 \leq \alpha_{1 \max} \\ \alpha_{2 \min} \leq \alpha_2 \leq \alpha_{2 \max} \\ \dots \\ \alpha_{k \min} \leq \alpha_k \leq \alpha_{k \max} \\ \dots \\ \alpha_{K \min} \leq \alpha_K \leq \alpha_{K \max} \end{cases}, \quad (16)$$

тривалість елементу псевдовипадкової послідовності

$$\tau_{i \min} \leq \tau_i \leq \tau_{i \max}, \quad (17)$$

кількість елементів псевдовипадкової послідовності на тривалість біта інформації:

$$K_{\min} \leq K \leq K_{\max}, \quad (18)$$

для засобів радіозв'язку, що працюють у режимі ДЧМ ПВП

до таких же параметрів, що розглядаються для засобів радіозв'язку, які не застосовують складних (шумоподібних) сигналів та засобів радіозв'язку, що працюють у режимі БФМ ПВП (крім ПВП, що модулює фазу) додаються ще

дискрет частоти:

$$\Delta f_{m_{\min}} \leq \Delta f_m \leq \Delta f_{m_{\max}}, \quad (19)$$

псевдовипадкова послідовність, яка модулює частоту сигналу:

$$\begin{cases} N_{1 \min} \leq N_1 \leq N_{1 \max} \\ N_{2 \min} \leq N_2 \leq N_{2 \max} \\ \dots \\ N_{k \min} \leq N_k \leq N_{k \max} \\ \dots \\ N_{K \min} \leq N_K \leq N_{K \max} \end{cases}, \quad (20)$$

для засобів радіозв'язку, що працюють у режимі ЧФМ ПВП

до таких же параметрів, що розглядаються для засобів радіозв'язку, які не застосовують складних (шумоподібних) сигналів та засобів радіозв'язку, що працюють у режимі БФМ ПВП та ДЧМ ПВП додаються ще

кількість радіоімпульсів за період комплексної огибаючої сигналу:

$$I_{\min} \leq I \leq I_{\max}, \quad (21)$$

тривалість радіоімпульсу:

$$T_{0 \min} \leq T_0 \leq T_{0 \max}, \quad (22)$$

для засобів радіозв'язку, що працюють у режимі ППРЧ

до таких же параметрів, що розглядаються для засобів радіозв'язку, які не застосовують складних (шумоподібних) сигналів та засобів радіозв'язку, що працюють у режимі ДЧМ ПВП додається ще

ψ_k – випадкова величина, рівномірно розподілена в діапазоні $[0, 2\pi]$.

Розв'язання даного завдання дозволить отримати необхідні значення параметрів засобів радіозв'язку. У випадку коли це не є можливим для якихось засобів радіозв'язку, то рівень радіозамаскованості необхідно буде збільшувати за рахунок фальшивих засобів радіозв'язку, потрібну кількість яких можна отримати за допомогою (1).

Висновки й перспективи подальших досліджень

Запропонований метод математичного моделювання дозволяє кількісно оцінити значення параметрів засобів радіозв'язку, необхідних для одночасного забезпечення як недоступності визначених засобів радіозв'язку для системи радіорозвідки противника так і радіодоступності для засобів радіозв'язку своєї системи, або, у разі неможливості їх отримання, дозволяє оцінити кількість фальшивих засобів радіозв'язку, потрібних для забезпечення заданого рівня радіозамаскованості системи радіозв'язку від систем радіорозвідки нового покоління.

Література

- 1. Меньшаков Ю. К.** Виды и средства иностранных технических разведок: учебное пособие / под ред. М. П. Сычева. – М.:Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2009. – 656 с. **2. Оружие** и технологии России: энциклопедия XXI века 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. **3. Цветнов В. В.** Радиоэлектронная борьба: радиомаскировка и помехозащита / В. В. Цветнов, В. П. Демин, А. И. Куприянов. – М.: Изд-во МАИ, 1999. – 240 с. **4. 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. **5. Палий А. И.** Радиоэлектронная борьба (средства и способы подавления и защиты радиоэлектронных систем) / А. И. Палий. – М.: Воениздат, 1981. – 320 с. **6. Цветнов В. В.** Радиоэлектронная борьба: радиоразведка и радиопротиводействие / В. В. Цветнов, В. П. Демин, А. И. Куприянов. – М.: Изд-во МАИ, 1998. – 248 с. **7. Варганесян В. А.** Радиоэлектронная разведка / В. А. Варганесян. – М.: Воениздат, 1975. – 255 с. **8. Варганесян В. А.** Радиопеленгация / В. А. Варганесян, Э. Ш. Гойхман, М. И. Рогаткин. – М.: Воениздат, 1966. – 248 с. **9. Куприянов А. И.** Теоретические основы радиоэлектронной борьбы / А. И. Куприянов, А. В. Сахаров. – М.: Вузовская книга, 2007. – 356 с. **10. Основы** радиопротиводействия : учебник для слушателей ВВНЗ СВ. – М.: Воен. акад. им. М. В. Фрунзе, 1962. – 268 с. **11. Каневский З. М.** Теория скрытности. Часть 1. Основы теории скрытности: Учеб. пособие / З. М. Каневский, В.П.Литвиненко, Г.В. Макаров – Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2003. – 92 с. **12. Волобуев А.П.** Математичне моделювання виявлення системою радіорозвідки противника системи радіозв'язку військового призначення з шумоподібними сигналами на основі фазової модуляції псевдовипадковою послідовністю / А.П.Волобуев, Д.А.Бухал, А.В.Сергієнко // Збірник наукових праць ВІПІ. – Київ: Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації. – 2017. – № 3. – С.32-40. **13. Волобуев А.П.** Математичне моделювання виявлення системою радіорозвідки противника системи радіозв'язку військового призначення, яка застосовує шумоподібні сигнали з дискретною частотною модуляцією псевдовипадковою послідовністю / А.П.Волобуев, Д.А.Бухал // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2017. – №2 (29). – С.9-15. **14. Волобуев А.П.** Математичне моделювання виявлення системою радіорозвідки противника системи радіозв'язку військового призначення, яка застосовує шумоподібні сигнали з частотно-фазовою модуляцією псевдовипадковою послідовністю / А.П.Волобуев, Д.А.Бухал, О.А.Усачова // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України – Харків: Харківський національний університет імені Івана Кожедуба. – 2017. №3 (28). – С.76-85. **15. Ландау Л.Д.** Краткий курс теоретической физики в 3 кн. Кн.1: Механика. Электродинамика / Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. – М.: Наука: Глав. ред. физ.-мат. лит., 1969. – 271 с. **16. Тузов Г. И.** Помехозащищенность радиосистем со сложными сигналами / Г.И. Тузов, В.А. Сивов, В.И. Прытков и др. под ред. Г.И.Тузова – М.: Радио и связь, 1985. – 264 с. **17. Борисов В. И.** Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов модуляцией несущей псевдослучайной последовательностью / В.И. Борисов, В.М. Зинчук, А.Е.Лимарев, Н.П.Мухин, Г.С.Нахмансон под ред. В.И.Борисова – М.: Радио и связь, 2003. – 640 с. **18. Варакин Л.Е.** Системы связи с шумоподобными сигналами / Л.Е.Варакин. – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с.

МЕТОД МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАДИОМАСКИРОВКИ СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ С СОХРАНЕНИЕМ СВЯЗИ

*Иван Юрийович Свида (д-р. воен. наук, с.н.с.)
Анатолий Александрович Зварич (канд. воен. наук)
Анатолий Петрович Волобуев (канд. техн. наук, с.н.с.)*

Центральный научно-исследовательский институт Вооруженных Сил Украины, Киев, Украина

В статье предложен метод математического моделирования радиомаскировки системы радиосвязи военного назначения от систем радиоразведки нового поколения с сохранением радиосвязи в соевой системе. Данный метод использует в качестве исходных данных результаты применения метода математического моделирования радиоперехвата и определения местоположения средств радиосвязи военного назначения системами радиоразведки нового поколения и позволяет количественно оценить значения параметров средств радиосвязи, которые позволяют обеспечить заданный уровень радиозамаскированности системы радиосвязи та обеспечить связь в ней. Для случаев, когда такие значения получить невозможно, предлагается решать указанные задачи за счет ложных средств радиосвязи, необходимое количество которых можно оценить благодаря данному методу моделирования. Метод разработан на основе фундаментальных положений теоретической физики, в частности на том факте, что электромагнитное поле в любой точке пространства представляется антисимметричным 4-тензором второго ранга.

Ключевые слова: математическое моделирование, радиосвязь, радиоразведка, радиомаскировка.

THE MATHEMATICAL MODELING METHOD OF TACTICAL RADIOSYSTEM RADIOMASKING WITH KEEPING RADIOCOMMUNICATION IN SAME TIME

*Ivan Y. Svida (Doctor of Military Sciences, Senior Research Fellow)
Anatolii O. Zvarich (Candidate of Military Sciences)
Anatolii P. Volobuiev (Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow)*

The article proposes the mathematical modeling method of tactical radiosystem radiomasking against new generation signal intelligence facilities with keeping radio communication inside the radiosystem. The method uses results of applying a mathematical modeling method of radio interception and location tactical radios by new generation signal intelligence systems and allows quantitatively evaluating of tactical radios parameters for providing a needed radiomasking level of tactical radiosystem and in a same time keeping radio communication. In cases when it's impossible the tasks can be solved by false tactical radios. Needed quantity of this one can be calculating by this mathematical modeling method. The method have created on fundamental knowledge base of theoretical physics like that an electromagnetic field anywhere can be described by antisymmetric 4-tensor of second rank.

Keywords: mathematical modeling, tactical radio communication, signal intelligence, radiomasking.

References

1. **Menshakov Yu. K.** (2009), Types and means of foreign technical intelligence: textbook / ed. M.P. Sychev [*Vidy i sredstva inostrannykh tekhnicheskikh razvedok*], MSTU them. N.E. Bauman, Moscow, 656 p.
2. **Weapons** and technologies of Russia: encyclopedia XXI century in 13 toms (2006) T. XIII: Control systems, communications and electronic warfare / Ed. Minister of Defense of the Russian Federation S. Ivanov [*Oruzhiye i tekhnologii Rossii*], Arms and Technologies, Moscow, 695 p.
3. **Tsvetnov V. V.**, Demin V.P., Kupriyanov A.I. (1999) Radio-electronic warfare: radiomasking and noise protection [*Radioelektronnaya bor'ba: radiomaskirovka i pomekhozashchita*], MAI, Moscow, 240 p.
4. **Makarenko S. I.**, Ivanov M.S., Popov S.A. (2013) Interference immunity of communication systems with pseudo-random working frequency tuning: monograph [*Pomekhozashchishchennosti sistem svyazi s psevdosluchaynoy perestroykoy rabochey chastoty*], The Own Publishing, S.Pb., 166 p.
5. **Paliy A. I.** (1981), Radio-electronic warfare (means and methods of suppression and protection of radio electronic systems) [*Radioelektronnaya bor'ba (sredstva i sposoby podavleniya i zashchity radioelektronnykh sistem)*], Military Publishing, Moscow, 320 p.
6. **Tsvetnov V. V.**, Demin V.P., Kupriyanov A.I. (1998), Radio-electronic warfare: radio reconnaissance and radio counteraction [*Radioelektronnaya bor'ba: radiorazvedka i radioprotivodeystviye*], MAI, Moscow, 248 p.
7. **Vartanesyan V. A.** (1975), Radio-electronic reconnaissance [*Radioelektronnaya razvedka*], Military Publishing, Moscow, 255 p.
8. **Vartanesyan V. A.**, G oichmann E.Sh., Rogatkin M.I. (1966), Radio direction-finding [*Radiopelengatsiya*], Military Publishing, Moscow, 248 p.
9. **Kupriyanov A. I.**, Sakharov A.V. (2007), Theoretical foundations of electronic warfare [*Teoreticheskiye osnovy radioelektronnay bor'by*] The University Book, Moscow, 356 p.
10. **Fundamentals** of radiocountermeasures: textbook for students military academies (1962), [*Osnovy radioprotivodeystviya*], Mil.Acad. them. M.V. Frunze, Moscow, 268 p.
11. **Kanevsky Z. M.**, Litvinenko V.P., Makarov G.V. (2003), The theory of security. Part 1. Fundamentals of the theory of security: tutorial [*Teoriya skrytnosti*], Voronezh. State. Tech. Univ., Voronezh, 92 p.
12. **Volobuyev A.**, Buhal D. and Sergienko A. (2017) Mathematical modeling of detection by a radio-intelligence system of an enemy of a military radiocommunication system with noise-like signals based on phase modulation by a pseudo-random sequence [*Matematychnye modelyuvannya vyyavlennya systemoyu radiorozvidky protyvnyka systemy radiozv yazku viys kovoho pryznachennya z shumopodibnyymi syhnalami na osnovi fazovoyi modulyatsiyi psevdovypadkovoyu poslidovnistyu*], Zbirnyk naukovykh prats VITI , No 3, pp. 32-40.
13. **Volobuiev A.P.** and Bukhal D.A. (2017) Mathematical modeling of the detection by the radio reconnaissance system of enemy of military radio communication system that uses noise-type signals with discrete frequency modulation by a pseudo-random sequence [*Matematychnye modelyuvannya vyyavlennya systemoyu radiorozvidky protyvnyka systemy radiozv yazku viys kovoho pryznachennya, yaka zastosovuye shumopodibni syhnaly z dyskretnoyu chastotnoy modulyatsiyeyu psevdovypadkovoyu poslidovnistyu*], Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence , no. 2 (29), pp. 9-15.
14. **Volobuiev A.**, Usahova O. and Bukhal D. (2017) Mathematical modelling of tactical radio system (with frequency-phase-coded by pseudorandom sequence noise-like signals) detection by adversary signal intelligence [*Matematychnye modelyuvannya vyyavlennya systemoyu radiorozvidky protyvnyka systemy radiozv yazku viys kovoho pryznachennya, yaka zastosovuye shumopodibni syhnaly z chastotno-fazovoyu modulyatsiyeyu psevdovypadkovoyu poslidovnistyu*], Science and Technology of the Air Force of Ukraine , Iss. 3(28), pp. 76-85.
15. **Landau L. D.**, Lifshits E.M. (1969), A short course of theoretical physics in 3 books. Book 1: Mechanics. Electrodynamics [*Kratkiy kurs teoreticheskoy fiziki*], Head. Ed. fiz.-mat. lit., Moscow, 1969, 271 p.
16. **Tuzov G. I.**, Sivov V.A., Prytkov V.I. etc (1985), Noise immunity of radio systems with complex signals [*Pomekhozashchishchennosti radiosistem so slozhnyimi signalami*], Radio and Communication, Moscow, 264 p.
17. **Borisov V. I.**, Zinchuk V.M., Limarev A.E., Mukhin N.P., Nakhmanson G.S. (2003), Interference immunity of radio communication systems with spreading of the signal spectrum by modulation of a pseudo-random carrier by sequence [*Pomekhozashchishchennosti sistem radiosvyazi s rasshireniyem spektra signalov modulyatsiyey nesushchey psevdosluchaynoy posledovatel'nost'yu*], Radio and Communication, Moscow, 640 p.
18. **Varakin L.E.** (1985) Communication systems with noise-type signals [*Sistemy svyazi s shumopodobnyimi signalami*], Radio and Communication, Moscow, 384 p.