

УДК 551.510.42

О.М. Горбов

Національна академія Національної гвардії України, Харків

ІНТЕГРАЛЬНИЙ МЕТОД ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ РАДІОКАНАЛІВ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Розглядається хвильовий алгоритм визначення межі зони радіопридушення засобів радіорозвідки противника для захисту інформаційного обміну у радіоканалах сил охорони правопорядку. Алгоритм відповідає умовам швидкості, однозначності, не потребує обчислення значень поля в усіх точках оперативної мапи.

Ключові слова: канал радіозв'язку, коефіцієнт придушення, імітаційна модель.

Вступ

Постановка проблеми. Штатні засоби радіозв'язку, які використовуються для забезпечення роботи каналу радіозв'язку (КРЗ) у тактичній ланці управління сил охорони правопорядку (ТЛУ СОПр), з одного боку мають достатньо широкую номенклатуру, необхідні види робіт, дальність зв'язку, зручність застосування та інше. З іншого боку, дані радіозасоби не відповідають вимогам безпеки, а саме – не здатні протистояти засобам радіоелектронної боротьби противника (ЗРЕБп).

Одним із способів підвищення захисту інформаційного обміну у каналах радіозв'язку в умовах радіоелектронної боротьби є використання системи засобів групи інформаційної протидії (ГП), основною задачею якої є організація радіоелектронного придушення (РЕП) ЗРЕБп, не порушуючи при цьому характеристик власних каналів радіозв'язку (КРЗ) ТЛУ СОПр. Ефективність захисту підвищується при застосуванні скритих мобільних направлених антен у радіоелектронних засобах (РЕЗ) СОПр [1].

Для забезпечення злагодженої роботи КРЗ ТЛУ СОПр та системи ГП необхідно мати окреслену на мапі зону розташування ГП, у якій, з одного боку, можливо виконання поставленої задачі по РЕП ЗРЕБп, а з другого боку, не придушуються РЕЗ СОПр, у даному випадку Національної гвардії (ПНГ) та командного пункту (КП). Для обчислення меж такої зони можна використати розроблену імітаційну модель захисту КРЗ ТЛУ СОПр із засобами РЕП (рис. 1).

Програмна реалізація моделі робить можливим побудову зони (9) у ручному режимі, але така операція є неприйнятною з огляду великої трудомісткості. Таким чином постає задача автоматизації обчислення меж зони розміщення засобів ГП на мапі для визначення параметрів об'єктів оперативної обстановки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Використовуючи аналітичний підхід, запропонований у роботі [2, 3], для часткового випадку РЕЗ з ненаправленими антенами для однієї ГП можна визначити зону придушення ЗРЕБп. Недоліком такого підходу є неможливість його застосування за наявності

направлених антен РЕЗ. У даному випадку форма зони (9) перестає бути правильним колом і може бути визначена тільки чисельним методом.

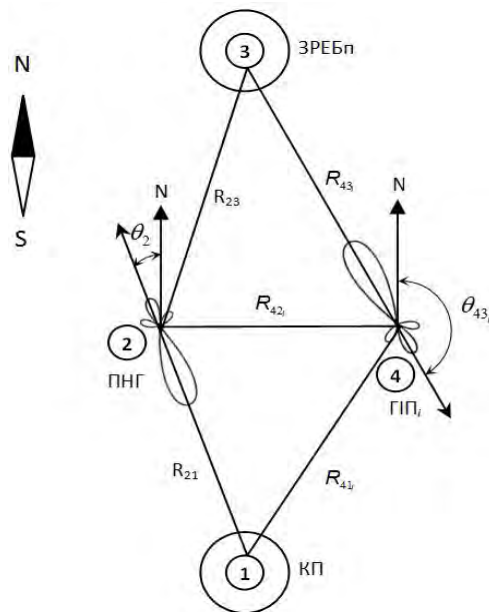


Рис. 1. Схема РЕП для підвищення розвідзахищеності КРЗ ПНГ

Існуючі програмні продукти компанії ATDI для планування системи РЕБ, такі як NTZ WARFARE, дозволяють вирішувати такі завдання [4, 5]:

- розрахунок покриття, розрахунок інтерференцій та планування систем перехоплення радарів;
- планування перехоплення рухомих систем зв'язку;
- оптимізації місця розташування станцій придушення;
- розрахунок мінімальної потужності систем придушення.

Недоліком використання програмних продуктів компанії ATDI є непорівнянна висока вартість їхнього придбання, закритість програмного забезпечення, потужні апаратні вимоги до обчислювальної техніки, надлишковість функцій відносно поставленої тактичної задачі захисту інформаційного обміну КРЗ ТЛУ НГУ із засобами РЕП.

Сучасний принцип інтерактивності, який накладає жорсткі обмеження на час виконання програми, робить для задачі (9) процедуру повного перебору неприйнятною.

Існуючі алгоритми комп'ютерної візуалізації ліній рівня, що застосовуються у різноманітних пакетах прикладних програм (MatLab, MatCAD, Beta-Soft і т.д.), не можуть використовуватися у вітчизняних програмних комплексах, оскільки алгоритми їх реалізації не є доступними, неможливо масштабувати область візуалізації в пропорціях, адекватних реальним [6].

Аналіз існуючих алгоритмів візуалізації скалярних полів в вигляді ліній рівня показав, що найбільш популярним є алгоритм обробки полігональної сітки ізоповірки тривимірних скалярних полів Marching Cubes Його аналогом для двовимірного скалярного поля є алгоритм крокуючих квадратів (Marching Squares) [7 – 9] перевагою якого є його універсальність. До недоліків даного методу слід віднести необхідність обчислення значень поля в усіх вузлах вихідної регулярної сітки, наявність неоднозначних випадків під час класифікації фрагментів ізолінії та забезпечення замкнутості контуру ізолінії.

Таким чином, постає задача розробки алгоритму побудови меж зони (9) розташування радіозасобів РЕП ЗРЕБп з метою захисту КРЗ ТЛУ СОПр.

Мета статті. Розробка алгоритму побудови зони розміщення засобів ГПП з метою захисту інформаційного обміну КРЗ ТЛУ СОПр, точки якої відповідають задачі (9). Алгоритм повинен відповідати умовам швидкості, однозначності, не потребувати обчислення значень поля в усіх точках оперативної мапи.

Основна частина

Для розв'язання поставленої задачі побудови зони розташування засобів ГПП на мапі використовуємо той факт, що точка розташування ЗРЕБп завжди знаходиться в середині зони (9). Вихід з цієї стартової точки на межі зони S_z забезпечимо за допомогою модифікованого хвильового алгоритму [4].

Будемо розглядати піксельну матрицю зображення оперативної мапи у якості дискретного робочого поля (ДРП). Введемо наступні поняття та позначення:

- *мапа* – двовимірний масив

$$\text{Bitmap}_{x,y} (x = 1..N, y = 1..M),$$

яка містить піксельне зображення оперативної мапи;

- *бітова маска* – двовимірний масив

$$B_{x,y} (x = 1..N, y = 1..M),$$

яка у кожній комірці приймає значення 0 або 1;

- $\text{Fold}X_i, \text{Fold}Y_i (i=1..L\text{fold})$ – масиви координат попереднього фронту хвилі;

- $\text{Front}X_i, \text{Front}Y_i (i=1..L\text{f})$ – масиви координат нового фронту хвилі;

- *Stop* – змінна логічного типу, значення $\text{stop}=\text{True}$ є ознакою неможливості подальшого просування хвилі;

- $X0, Y0$ – поточні координати точки ДРП, навколо якої обстежується стан сусідніх точок;

- $\text{DX}_i (i=1..4)$ – масив приращень координати x точки $(X0, Y0)$ у циклі обстеження стану сусідніх точок ДРП. Має фіксовані значення $(0, 1, 0, -1)$;

- $\text{DY}_i (i=1..4)$ – масив приращень координати y точки $(X0, Y0)$ у циклі обстеження стану сусідніх точок ДРП. Має фіксовані значення $(-1, 0, 1, 0)$;

- *OkGrid* – лічильник ненульових точок, що є сусідніми для поточної точки бітової маски.

Робота алгоритму, що пропонується, складається з трьох етапів: ініціалізація, розповсюдження хвилі та прокладання меж зони S_z .

Етап ініціалізації полягає у визначенні властивостей комірок ДРП (усі комірки є вільними), визначається стартова комірка (точка розташування ЗРЕБп), яка завжди знаходиться в середині зони радіопридушення). Усі елементи бітової маски $B_{x,y}$ приймають значення 0.

Етап розповсюдження хвилі. У процесі утворення нового фронту перевіряється виконання умов (6). Якщо точка – кандидат з координатами (x, y) є вільною та в ній виконується дані умови, вона включається до нового фронту. Відповідний елемент бітової маски $B_{x,y}$ приймає значення 1.

Процес розповсюдження хвилі закінчується на межі зони S_z , коли для будь-яких точок – кандидатів перестав виконуватися умова (6).

Етап прокладання меж зони. Виконується сканування бітової маски $B_{x,y}$. Формується масив координат точок межі зони S_z за наступним правилом: точка з координатами (x, y) належить межі зони, якщо $B_{x,y} = 1$ та хоча б одна з оточуючих сусідніх точок має нульовий стан.

Удосконалений алгоритм ініціалізації та розповсюдження хвилі.

Крок 1. Покласти $L\text{f}=0; \text{stop}=\text{True}; i=1; \text{Fold}X[i]=X_3; \text{Fold}Y[i]=Y_3;$

Крок 2. Покласти $X0:=\text{Fold}X[i]; Y0:=\text{Fold}Y[i]; j=1.$

Крок 3. Покласти $x:=X0+\text{DX}[j]; y:=Y0+\text{DY}[j].$ Якщо $B[x,y]=1$, перейти до кроку 7, інакше перейти до кроку 4.

Крок 4. Обчислити K_1, K_2, K_3, K_4 за формулами (2) – (5)

Крок 5. Якщо умови (6) виконуються, перейти до кроку 6, інакше перейти до кроку 7.

Крок 6. Покласти $L\text{f}=L\text{f}+1; \text{Front}X[L\text{f}]=x; \text{Front}Y[L\text{f}]=y; B[x,y]=1; \text{stop}=\text{False}.$

Змінити колір Bitmap[x,y]

Крок 7. Якщо $j < 4$, покласти $j = j + 1$ та перейти до кроку 3, інакше перейти до кроку 8.

Крок 8. Якщо $i < L_{fold}$, покласти $i = i + 1$ та перейти до кроку 1, інакше перейти до кроку 9.

Крок 9. Покласти $i = 1$.

Крок 10. Покласти $FoldX[i] := FrontX[i]$; $FoldY[i] := FrontY[i]$.

Крок 11. Якщо $i < L_f$, покласти $i = i + 1$ та перейти до кроку 9, інакше перейти до кроку 12.

Крок 12. Покласти $L_{fold} := L_f$.

Крок 13. Якщо $Stop = True$, перейти до кроку 14, інакше перейти до кроку 2.

Крок 14. Кінець.

Удосконалений алгоритм прокладання межі зони розташування засобів ГПП.

Крок 1. Покласти $X_0 := 2$;

Крок 2. Покласти $Y_0 := 2$;

Крок 3. Покласти $OkrPix := 0$.

Крок 4. Покласти $j := 1$.

Крок 5. Покласти $x := X_0 + DX[j]$; $y := Y_0 + DY[j]$. Якщо $V[x,y] = 1$, перейти до кроку 7, інакше перейти до кроку 6.

Крок 6. Покласти $OkrPix := OkrPix + 1$.

Крок 7. Якщо $j < 4$, покласти $j = j + 1$ та перейти до кроку 5, інакше перейти до кроку 8.

Крок 8. Якщо $0 < OkrPix < 4$, перейти до кроку 9, інакше перейти до кроку 10.

Крок 9. Змінити колір точки Bitmap[x,y].

Крок 10. Якщо $Y_0 < M - 1$, покласти $Y_0 = Y_0 + 1$ та перейти до кроку 3, інакше перейти до кроку 11.

Крок 11. Якщо $X_0 < N - 1$, покласти $X_0 = X_0 + 1$ та перейти до кроку 2, інакше перейти до кроку 12.

Крок 12. Кінець.

Підрахувавши кількість комірок бітової маски $V_{x,y}$ з одиничним станом та прив'язуючись до масштабу мапи, додатково можна оцінити площу отриманої зони S_z . Трудомісткість запропонованого методу зменшується порівняно з алгоритмом Marching Squares за рахунок того, що обчислення коефіцієнтів придушення за формулами (2) – (5) в ньому виконується не в усіх точках мапи, а тільки у точках розповсюдження хвилі. Етап прокладання межі зони, на якому виконується сканування бітової маски мапи, не потребує складних обчислень, тому виконується швидко.

Для обчислення оптимальної зони РЕП радіозасобів противника з метою захисту інформаційного обміну КРЗ ТЛУ СОПр у середовищі програмування Delphi розроблена програма комп'ютерного моделювання роботи груп інформаційної протидії «ІМІР».

Програма комп'ютерного моделювання «ІМІР» призначена для імітаційного моделювання захисту інформаційного обміну КРЗ ТЛУ СОПр засобами радіоелектронного придушення, що входять у склад груп інформаційної протидії. Моделювання виконується з урахуванням залежності коефіцієнтів при-

душення від технічних характеристик а також від просторового взаємного розташування РЕЗ та постановників завад. Програма дозволяє обчислити оптимальну орієнтацію засобів мобільного захисту підрозділу СОПр та засобів РЕП ЗРЕБп груп інформаційної протидії, а також для визначити на оперативній мапі межі максимальної за розмірами зони розміщення засобів радіопридушення, у межах якої забезпечується виконання бойового завдання щодо захисту інформаційного обміну КРЗ ТЛУ СОПр.

Режим побудови зони розташування засобів ГПП вмикається кнопкою ЗОНА на панелі інструментів. Маніпулюючи такими параметрами ПНГ та ГПП, як потужність, орієнтація та тип антени, можна одержувати різні форми зони розташування засобів РЕП. Так, форма зони S_z для оперативної обстановки, яка дозволяє виконати умови (6) за рахунок оптимальної орієнтації (7) антени РЕЗ ПНГ та оптимальної орієнтації (8) антени РЕЗ ГПП з потужністю передавача 5 Вт. Площа зони S_z становить 84% від загальної площі оперативної мапи. Спроба підвищити потужність передавача ГПП до 30 Вт призводить до суттєвої зміни форми зони (9) та зменшення її площі на 32% (рис. 2). Засоби РЕП у цій ситуації повинні розташовуватися на збільшеному віддаленні від КП та ПНГ для запобігання їх придушення.

Ситуація, наведена на рис. 3, характеризується відсутністю захисту РЕЗ ПНГ (вибраний тип антени 0). Це також призводить до суттєвої зміни форми зони (9) та зменшення її площі на 38% відносно варіанта комплексного захисту. Засоби РЕП у цій ситуації повинні розташовуватися ближче до ЗРЕБп для запобігання придушення РЕЗ ПНГ.

Ситуація, наведена на рис. 4, характеризується суттєвим зменшенням потужності РЕЗ ГПП (вказана потужність передавача ГПП 0,1 Вт). Незважаючи на оптимальну орієнтацію (7) антени РЕЗ ПНГ, це також призводить до суттєвої зміни форми зони (9) та зменшення її площі на 75% відносно варіанта комплексного захисту. Засоби РЕП у цій ситуації для виконання бойової задачі (2) – (6) повинні розташовуватися у безпосередній близькості до ЗРЕБп.

Результати моделювання показують, що форма і розміри зони S_z суттєво залежать від розташування КП, ПНГ та ЗРЕБп, параметрів засобів радіоелектронного впливу, обраного режиму роботи РЕЗ ПНГ та ГПП.

Трудомісткість запропонованого хвильового алгоритму прямо пропорційно залежить від площі одержуваної зони розташування ГПП. Розміри зони S_z суттєво збільшуються у режимі комплексного оптимального захисту порівняно з іншими варіантами захисту. Тим не менш площа одержуваної зони (9) ніколи не перебільшує загальну площу мапи. Таким чином, можна казати про загальний вигравш у

трудомісткості запропонованого алгоритму порівняно з алгоритмом крокуючих квадратів (Marching Squares), який потребує обчислень для перевірки

умов (6) у всіх точках мапи. Крім того, у запропонованому алгоритмі відсутні неоднозначні ситуації, які можуть мати місце у Marching Squares.

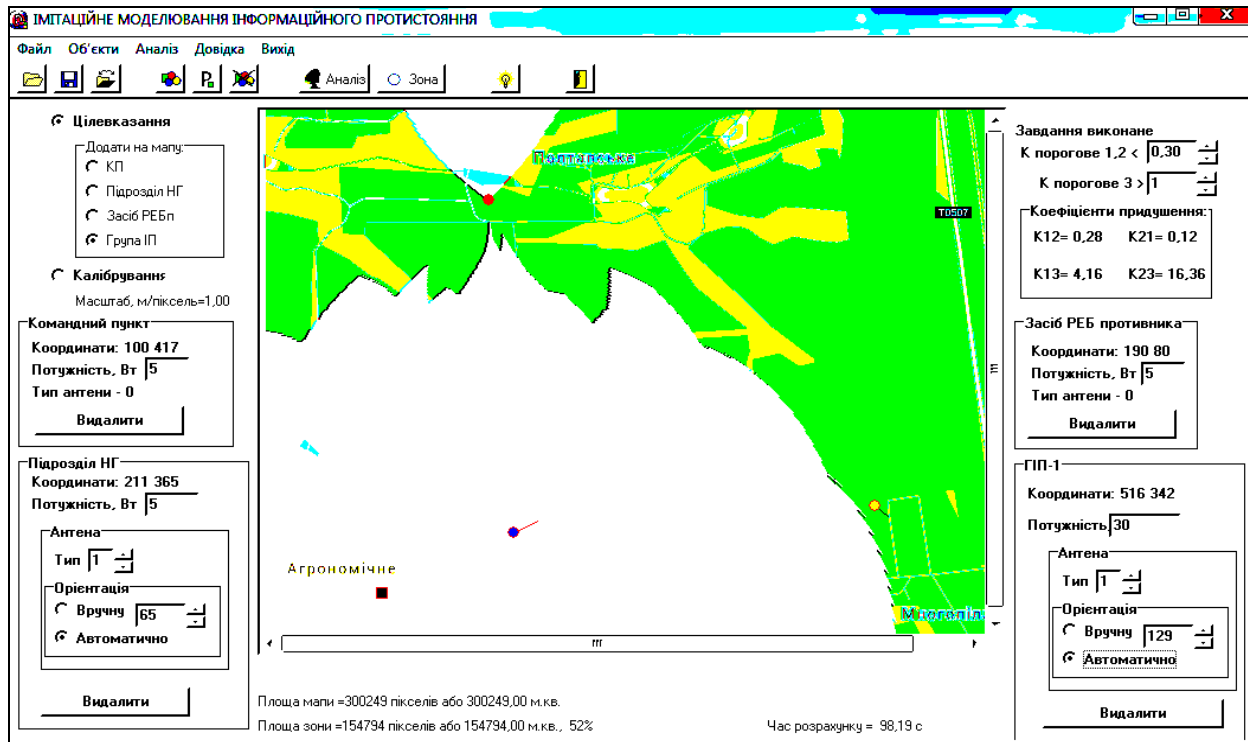


Рис. 2. Зона захисту для потужності РЕЗ ГПП 30 Вт



Рис. 3. Зона захисту ПНГ, який має ненаправлену антену РЕЗ

Висновки

Одним із способів захисту інформаційного обміну у КРЗ ТЛУ СОПр в умовах радіоелектронної боротьби є використання скритих мобільних направлених антен підрозділами СОПр та ГПП.

Задачею ГПП є організація РЕП ЗРЕБп, у той же час засоби ГПП не повинні впливати на технічні характеристики КРЗ ТЛУ СОПр. Для забезпечення злагодженої роботи КРЗ ТЛУ СОПр та ГПП розроблена імітаційна модель захисту КРЗ ТЛУ СОПр із засобами РЕП.

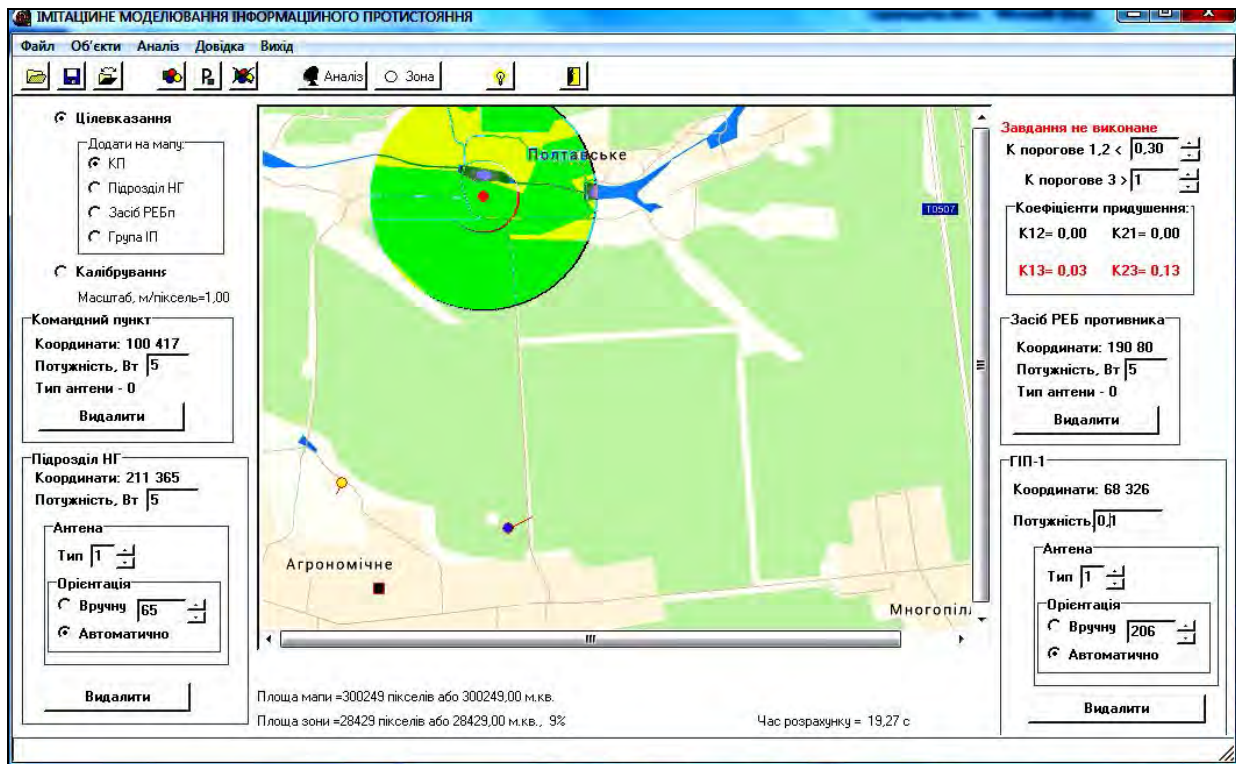


Рис. 4. Захист ГПП дуже малою потужністю

Список літератури

1. Оцінювання завадостійкості каналу радіозв'язку тактичної ланки управління підрозділами внутрішніх військ методом імітаційного моделювання. [Текст] / О.Ю. Іохов, І.В. Кузьминич, В.Г. Малюк, О.В. Северінов // Системи управління, навігації та зв'язку: зб. наук. пр. Полтавського НТУ ім. Ю. Кондратюка. – 2013. – Вип. 3 (27). – С. 153-158.
2. Куприянов А.И. Теоретические основы радиоэлектронной борьбы [Текст]: учеб. пособ. / А.И. Куприянов, А.В. Сахаров. – М.: Вузовская книга, 2007. – 356 с.
3. Осипов А.С. Военно-техническая подготовка. Военно-технические основы построения средств и комплексов РЭП: учебн. / А.С. Осипов; под науч. ред. Е.Н. Гарина. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. – 344 с.
4. Малюк В.Г. Метод визначення меж зони стійкого радіообміну підрозділів внутрішніх військ в умовах радіопридушення. [Текст] / В.Г. Малюк, О.Ю. Іохов, І.В. Кузьминич // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС ім. І. Кожедуба, 2014. – № 1 (37). – С. 56-62.

5. Програмный продукт HTZ WARFARE [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.atdi-eurasia.com/htz-warfare>.

6. Кандалов П.И. Алгоритм визуализации линий уровня двумерных скалярных полей на регулярной сетке / П.И. Кандалов // Программные продукты и системы. – 2011. – № 4. – С. 49-51.

7. Lorensen, W.E. Marching Cubes: A high resolution 3D surface construction algorithm. [text] / W.E. Lorensen, H.E. Cline // Computer Graphics. – Vol. 21. – №. 4. July 1987.

8. Marchingsquares. [Электрон. ресурс. – Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Marching_squares.

9. Алгоритм Лу. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Алгоритм_Лу.

Надійшла до редколегії 5.02.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.О. Морозов, Національна академія Національної гвардії України, Харків.

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ РАДИОКАНАЛОВ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.М. Горбов

Рассматривается волновой алгоритм определение границы зоны радиоподавления средств радиоэлектронной борьбы противника для защиты информационного обмена в радиоканалах сил охраны правопорядка. Алгоритм соответствует условиям скорости, однозначности, не требует вычисления значений поля во всех точках оперативной карты.

Ключевые слова: канал радиосвязи, коэффициент подавления, имитационная модель.

THE INTEGRAL METHOD OF CONSTRUCTING A SYSTEM OF RADIO CHANNELS MILITARY PROTECTION

A.M. Gorbov

We consider the wave algorithm delimitation of the area of electronic warfare jamming enemy to protect the information exchange radio security forces. The algorithm meets the conditions of speed, uniqueness, does not require calculation of the values of the field at all points of the operational map.

Keywords: channel of radio contact, coefficient of suppression, simulation model.