

обертання валу ротора крокового двигуна, тим більше електричної енергії економиться.

### Література

1. Огороднов С. М. Расчет усилителя рулевого управления с шаговым электрическим двигателем для транспортных средств / С. М. Огороднов, С. Г. Синичкин / Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева. – № 4(97), 2012. – С. 182-191.
2. Емельянов А. В. Шаговые двигатели: учеб. пособие / А. В. Емельянов, А. Н. Шилин / ВолгГТУ. – Волгоград, 2005. – 48 с.
3. Синюк О. М., Михайловський Ю. Б. Зменшення витрат електроенергії для частотно-імпульсних приводів / О. М. Синюк, Ю. Б. Михайловський / Зб.наук.праць, Випуск 5. ХНУ, 2011. – С. 172-174.
4. Савельев И. В. Курс общей физики. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика: учеб. пособие т. 2 / И. В. Савельев – М.: Наука. Редакция физико-математической литературы, 1982. – 496 с.

### References

1. Ogorodnov S. M. Raschet usilitelya rulevogo upravleniya s shagovym ehlektricheskim dvigatelem dlya transportnyh sredstv / S. M. Ogorodnov, S. G. Sinichkin / Trudih Nizhegorodskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. R. E. Alekseeva. – № 4(97), 2012. – S. 182-191.
2. Emelyanov A. V. Shagovye dvigateli: ucheb. posobie / A. V. Emeljyanov, A. N. Shilin / VolgGTU. – Volgograd, 2005. – 48 s.
3. Synyuk O. M., Mikhajlovs'kiyj Yu. B. Zmshennyya vitrat elektroenerhii dlya chastotno-impul'snikh privodiv / O. M. Synyuk, Yu. B. Mikhajlovs'kiyj / Zb.nauk.prac, Vipusk 5. KhNU, 2011. – S. 172-174.
4. Saveljev I. V. Kurs obthey fiziki. Ehlektrichstvo i magnetizm. Volnih. Optika: ucheb. posobie t. 2 / I. V. Saveljev – M.: Nauka. Redakciya fiziko-matematicheskoy literaturih, 1982. – 496 s.

Рецензія/Peer review : 19.11.2013 р. Надрукована/Printed :22.12.2013 р.  
Рецензент: Параска Г.Б., д.т.н., проф., проректор з наукової роботи  
Хмельницького національного університету

**УДК 621.396:351.746.1**

**М.М. ШПОРТ**

Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького

## ІМОВІРНІСНИЙ ПОКАЗНИК НАЯВНОСТІ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ПРИ ВИРІШЕННІ ЗАДАЧ ОПЕРАТИВНО-СЛУЖБОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДПСУ

*В даній науковій статті проведено досліджень імовірнісного показника наявності радіозв'язку при вирішенні задач оперативно-службової діяльності (ОСД) Державної прикордонної служби України (ДПСУ), що дозволяє нам розрахувати імовірність наявності радіозв'язку, яка являється одним з важливих показників для визначення раціонального маршруту. Значення імовірності наявності радіозв'язку дасть можливість побудувати остаточну маску місцевості хвильового алгоритму. У подальших дослідженнях буде розроблено алгоритм пошуку раціонального маршруту з використанням імовірнісного показника наявності радіозв'язку та розробити програмну реалізацію даного алгоритму.*

*Ключові слова: радіозв'язок, раціональний маршрут, зони Френеля.*

**М.М. SHPORT**

National Academy of State Border Guard Service of Ukraine, Bohdan Khmelnytsky, Khmelnytsky, Ukraine

## PROBABILISTIC INDICATOR OF THE AVAILABILITY OF THE RADIO IN SOLVING PROBLEMS OF OPERATIONAL PERFORMANCE SBGS

*Abstract – In this article the scientific study has explored probabilistic indicator of the presence of radio communication in solving problems of operational performance of State Border Guard Service of Ukraine*

*This allows us to calculate the probability of the presence of radio communication, which is one of the important parameters for determining the rational route. Value probable radio communication will enable the area to build the final mask wave alhorytmu. U further studies will be developed efficient route search algorithm using probabilistic index stock radio and develop the software implementation of the algorithm.*

*Keywords: radiocommunication, rationalroute, The State Border Service.*

Провівши аналіз факторів які впливають на визначення раціонального маршруту при вирішенні задач оперативної – службової діяльності (ОСД) Державної прикордонної служби України (ДПСУ) було визначено, що одним із основних є показник забезпеченості радіозв'язком.

Ефективність прийому радіосигналів будемо описувати забезпеченням в точці прийому необхідного співвідношення сигнал/завада. Будемо вважати, що пряма радіовидимість має місце тоді, коли на радіотрасі немає перешкод, які повністю перекривають першу зону Френеля[1]. При цьому наявність зв'язку є імовірність події [2]

$$P_{зв} = P\{R < R_{гран}\} \cdot P\{\gamma < \varepsilon_1\} \cdot P\{U_{сиг} > U_{зав} \mid \left. \begin{matrix} R < R_{гран} \\ \gamma < \varepsilon_1 \end{matrix} \right\}, \quad (1)$$

де  $U_{сиг}$  – рівень сигналу;  $U_{зав}$  – рівень завади ( $U_{зав} = \Omega U_{вх}$ );

$U_{вх}$  – чутливість приймача;

$\Omega$  - задане перевищення  $U_{сиг}$  над  $U_{вх}$ ;

$P\{R < R_{гран}\}$  – імовірність того, що відстань не перевищує гранично допустимої  $R_{гран}$  (для рівної поверхні), обумовленою кривизною земної кулі;

$P\{\gamma < \varepsilon_1\}$  – імовірність того, що випадковий рельєф між кореспондентами не перекриває першої зони Френеля;

$$P\{U_{сиг} > U_{зав} \mid \left. \begin{matrix} R < R_{гран} \\ \gamma < \varepsilon_1 \end{matrix} \right\} - \text{імовірність перевищення рівнем сигналу в точці прийому рівня } U_3$$

при виконанні попередніх умов.

Перші співмножники були розглянуті у попередніх роботах.

Метою дослідження є знаходження:  $P\{\gamma < \varepsilon_1\}$  – імовірність того, що випадковий рельєф між кореспондентами не перекриває першої зони Френеля, та знаходження  $P\{U_{сиг} > U_{зав} \mid \left. \begin{matrix} R < R_{гран} \\ \gamma < \varepsilon_1 \end{matrix} \right\} -$

імовірність перевищення рівнем сигналу в точці прийому рівня  $U_3$  при виконанні попередніх умов.

Розглянемо другий співмножник у (1), знаходити який ми будемо для всієї місцевості в цілому, оскільки в теорії статистичного радіозв'язку ця імовірність використовується як узагальнений показник для опису великих площ [3].

$$P(\gamma < \varepsilon_1) = \int_{\varepsilon_{1\min}}^{\varepsilon_{1\max}} F_\gamma(\varepsilon_1) W(\varepsilon_1) d\varepsilon_1, \quad (2)$$

де  $F_\gamma(\varepsilon_1)$  – інтегральна функція розподілу висот рельєфу;

$W(\varepsilon_1)$  – густина імовірності радіуса першої зони.

Знаходимо величину першої зони Френеля  $\varepsilon_1$  будемо на середині радіотраси  $R[2]$ :

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\lambda \cdot \frac{R}{3}}, \quad (3)$$

де  $\lambda$  – довжина хвилі.

Таким чином, у випадку рівномірного закону розподілу висот місцевості (наближено може використовуватись для опису більшості прикордонних регіонів):

$$F_\gamma(\varepsilon_1) = \int_0^{\varepsilon_1} W(H) dH = \int_0^{\varepsilon_1} \frac{dH}{H_{\max} - H_{\min}} = \frac{\varepsilon_1}{H_{\max} - H_{\min}}, \quad (4)$$

$$W(\varepsilon_1) = W[R = R(\varepsilon_1)] \cdot \left| \frac{dR}{d\varepsilon_1} \right|, \quad (5)$$

$$W(\varepsilon_1) = \frac{2 \cdot \varepsilon_1}{\varepsilon_{1\max}^2 - \varepsilon_{1\min}^2}, \quad (6)$$

$$P(\gamma < \varepsilon_1) = \frac{2}{(H_{\max} - H_{\min})(\varepsilon_{1\max}^2 - \varepsilon_{1\min}^2)} \int_{\varepsilon_{1\min}}^{\varepsilon_{1\max}} \varepsilon_1^2 d\varepsilon_1, \quad (7)$$

В спрощеному випадку, для  $H_{\min} = 0$ ,  $R_{\min} = 0$  та  $R_{сер} = 0,5R_0$ .

$$P(\gamma < \varepsilon_1) = \frac{1}{2H_{\max}} \sqrt{\frac{2\lambda \cdot R_{сер}}{3}}. \quad (8)$$

На рис.1 наведений графік функції (8) від  $R_{сер}$  при  $H_{\max} = 60$  м.

Розглянемо третій співмножник у (1):

$$P\{U_c > U_3 \mid \left. \begin{matrix} R < R_{гран} \\ \gamma < \varepsilon_1 \end{matrix} \right\} = \int_{U_3}^{U_c \max} W(U_c) dU_c, \quad (9)$$

де

$$W(U_c) = W[R = R(U_c)] \cdot \left| \frac{dR}{dU_c} \right|. \quad (10)$$

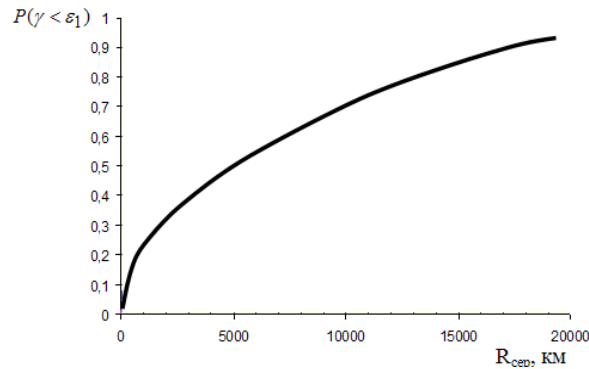


Рис. 1. Залежність імовірності неперекриття релєфом 1-ї зони Френеля від середньої відстані між абонентами

Слід відмітити, що область визначення функції розподілу (10)  $\left( U_{\text{сmin}} = \frac{k}{R_{\text{max}}^2}, U_{\text{сmax}} = \frac{k}{R_{\text{min}}^2} \right)$ ,

поза якою вона дорівнює 0.

Враховуючи [3]  $U_{\text{вх}} = kR^{-2}$ , де  $k = \sqrt{P_1 G_1 G_2 \eta_1 \eta_2 W_{\text{вх}} (h_1^2 + h_0^2)(h_2^2 + h_0^2)}$ ;  $P_1$  – потужність передавача;  $G_1 G_2 \eta_1 \eta_2$  – коефіцієнти підсилення і коефіцієнти корисної дії антенно-фідерних трактів передавальної і приймальної систем;  $W_{\text{вх}}$  – вхідний опір приймача;  $h_0$  – мінімальна ефективна висота антени.

Після підстановки (9) у (10) та інтегрування з урахуванням обмеження на область визначення функції розподілу отримуємо [2, 3]:

$$P\{U_c > U_3 \mid R < R_{\text{гран}} \mid \gamma < \varepsilon_1\} = \begin{cases} \left( \frac{1}{\sqrt{U_3}} - \frac{R_{\text{min}}}{\sqrt{k}} \right) \sqrt{k} \\ (R_{\text{max}} - R_{\text{min}}) \end{cases}, U_3 > U_{\text{сmin}} \quad (11)$$

$$P\{U_c > U_3 \mid R < R_{\text{гран}} \mid \gamma < \varepsilon_1\} = \begin{cases} 1, U_3 \leq U_{\text{сmin}} \\ 0, U_3 > U_{\text{сmax}} \end{cases}$$

Вигляд залежності (1) для сукупності параметрів ( $G_1 = G_2 = 1$ ;  $\eta_1 = \eta_2 = 0.9$ ;  $W_{\text{вх}} = 75 \text{ Ом}$ ;  $h_0 = 1 \text{ м}$ ;  $U_3 = \alpha U_{\text{вх}} = 3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} = 4,5 \cdot 10^{-6} \text{ В}$ ) представлений на рис.2.

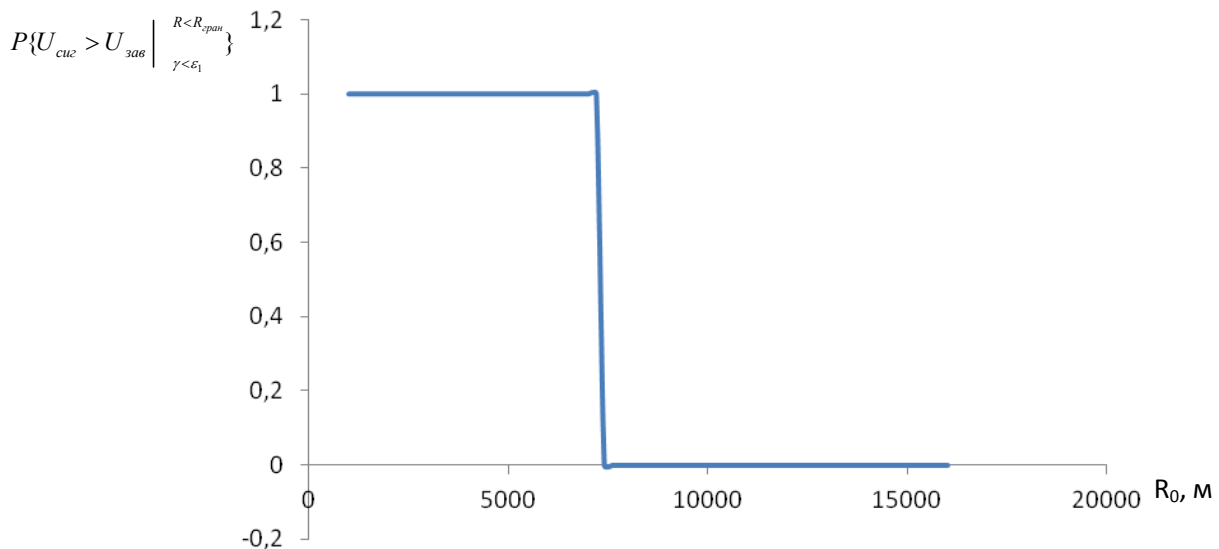


Рис. 2. Імовірність досягнення необхідного рівня сигналу в точці прийому

Слід відмітити, що оскільки при визначенні першого і останнього співмножника у (1) області визначення у функціях розподілу брались в межах ділянки дискретизації з урахуванням того що крок дискретизації значно менший за відстані до базової станції, границі переходу імовірності від 1 до 0 є чіткими.

У імовірності не перетинання рельєфом місцевості першої зони Френеля статистичний аналіз проводиться вздовж радіотраси і охоплює значну частину місцевості. У зв'язку з цим залежність цієї імовірності від відстані між базовою станцією і ділянкою дискретизації (елементом маски місцевості) є більш плавною. На перший погляд парадоксальне зростання цієї імовірності при збільшенні відстані пояснюється тим, що при зростанні відстані збільшується і розмір першої зони Френеля, що робить більш імовірним зв'язок з абонентом за рахунок огинання радіохвилями перепон.

Використання

$$P(R < R_{гран}) = \begin{cases} 0, R_{гран} < R_0 \\ 1, R_{гран} > R_0 \end{cases} \quad (12)$$

(8), (11) дозволяє для кожної ділянки дискретизації місцевості (елементу маски місцевості) на основі (1) обчислити імовірність наявності радіозв'язку.

### Висновки

Ми розглянули другий і третій співмножник у формулі (1), що дозволяє нам розрахувати імовірність наявності радіозв'язку, яка являється одним з важливих показників, що буде використаний для побудови остаточної маски місцевості хвильового алгоритму.

### Література

1. Рачок Р.В. Окремі питання побудови систем стільникового радіозв'язку ПВ України. // Збірник наукових праць №22.-Хмельницький: Видавництво Національної академії ПВУ, 2003. –204 с.
2. Рачок Р.В. Оцінка завадостійкості системи зв'язку при урахуванні різних законів розподілу висот місцевості і відстані між абонентами // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.- 2002. -№1. -с.186-188.
3. Катеринчук І. С., Рачок Р. В. Алгоритм для визначення раціонального маршруту руху в геоінформаційних системах // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка №28 / головний редактор Ленков С. В. – Київ: Видавництво ВІКНУ, 2010. – С. 320-322.

### References

1. Rachok R.V. Okremi pytannja pobudovy system stil'nykovogo radiozv'jazku PV Ukrainy. // Zbirnyk naukovykh prac' №22.-Hmel'nyckyj: Vydavnyctvo Nacional'noi' akademii' PVU, 2003. –204 s.
2. Rachok R.V. Ocinka zavadostijkosti systemy zv'jazku pry urahuvanni riznykh zakoniv rozpodilu vysot miscevoosti i vidstani mizh abonentamy // Vymirjuval'na ta obchysljuval'na tehnika v tehnologichnykh procesah.- 2002. -№1. -s.186-188.
3. Katerynchuk I. S., Rachok R. V. Algorytm dlja vyznachennja racional'nogo marshrutu ruhu v geoinformacijnykh systemah // Zbirnyk naukovykh prac' Vijs'kovogo instytutu Kyi'vs'kogo nacional'nogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka №28 / golovnyj redaktor Ljenkov S. V. – Kyi'v: Vydavnyctvo VIKNU, 2010. – S. 320-322.

Рецензія/Peer review : 15.7.2013 р.

Надрукована/Printed :22.12.2013 р.