

УДК 621.391

**Ю. П. Белокурський, О. М. Горбов, В. В. Лищенко**

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ СИСТЕМИ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ПІДРОЗДІЛІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ**

*Запропоновано метод підвищення завадозахищеності системи радіозв'язку шляхом реалізації радіоукриттів. Наведені результати експериментального дослідження макетів з протиударних щитів.*

*К л ю ч о в і с л о в а: радіоукриття, радіозатінок, канали радіозв'язку, радіоелектронна боротьба.*

**Постановка проблеми.** Проведення АТО на сході нашої країни та світовий досвід локальних військових конфліктів показують зростання значущості радіоелектронної боротьби для успішності службово-бойової діяльності. Навмисний електромагнітний вплив на систему радіозв'язку є новим фактором терористичних та кримінальних загроз інформаційному обміну в каналах радіозв'язку сил охорони правопорядку [1]. Аналіз застосування сучасної системи радіозв'язку свідчить про її вразливість від дії навмисних завад з боку порушника [1, 2]. Існуючі методи завадозахисту не враховують можливостей антенних пристроїв для захисту від електромагнітного впливу [2, 3, 4]. Захист системи радіозв'язку від дії завад потребує вирішення організаційних, технічних та інших завдань з урахуванням обмежень, пов'язаних зі специфікою місцевості, зміною контрольованої зони в часі і просторі, можливостями засобів радіоелектронної боротьби протиборчої сторони, необхідністю забезпечення електромагнітної сумісності із засобами зв'язку взаємодіючих підрозділів та формувань [2]. Інтегральним елементом (елементом, що поєднує) реалізації цих заходів може бути радіоукриття (РУк). За визначенням авторів, РУк – це засіб для забезпечення пасивного радіомаскування каналів радіозв'язку і зменшення можливості їх електромагнітного придушення. У найпростішому випадку це плоский екран, який утворює радіозатінок, або спрямована антена (наприклад, куткова) [2]. РСх послаблює напруженість поля завад у просторі зони радіозатінку і формує діаграму спрямованості антени штатної портативної радіостанції. В області затінку може знаходитись радіостанція (або її антена). Незамкнуті екрани довгий час використовуються для захисту персоналу від впливу радіовипромінювання. Послаблення екранів визначається їх дифракційними властивостями (для спрямованих антен – значенням захисного коефіцієнта).

Приклади застосування РУк наведені у патентах [5, 6] та статтях [3, 4], де також розглянуто метод захисту інформаційного обміну у каналах радіозв'язку в кампусі під час застосування навмисних завад. У локальній системі метод базується на зменшенні відношення сигнал/шум для приймачів радіорозвідки за межами кампуса. Гарантований захист для всіх ситуацій забезпечує співвідношення сигнал/шум менше одиниці за рахунок того, що під час роботи системи радіозв'язку безперервно випромінюють за периметр кампуса (і вгору) сигнали, що мають потужність більшу, ніж потужність робочих сигналів у системі радіозв'язку, і які перекривають всю смугу частот, використовувану в системі, при цьому зберігається якість зв'язку власного каналу радіозв'язку. Передавання інформації повинно відбуватися тільки по маршруту, зворотному до напрямку на приймач радіорозвідки. Особливо суворо цього правила необхідно дотримуватися поблизу периметра кампуса. Радіостанції всередині кампуса повинні мати антени зі спрямованими властивостями, але у штатних портативних радіостанціях антени ненаправлені. У разі переміщення всередині кампуса операторів з радіостанціями зі штирьовими антенами, вони розміщуються у РУк.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дифракційні екрани тривалий час використовуються для захисту персоналу від впливу радіовипромінювання. У працях [7, 8] розглянуто практичні приклади послаблення радіовипромінювання, потужність якого визначається дифракційними властивостями. У публікації [8] наведені захисні можливості екранів від електромагнітного випромінювання. В таблиці 1 показані значення ослаблення електромагнітного поля в зоні радіозатінку.

Т а б л и ц я 1

*Захисні можливості екранів від впливу навмисних завад*

Елементи захисту	Послаблення електромагнітного поля в діапазонах хвиль, дБ		
	см	дм	м
Стіна із шлакоблоків, обкладених цеглою.	10,0	9,0	7,0
Автомобіль з металевим кузовом, (КУНГ), БТР та інша військова техніка:			
– безпосередньо за машиною	30,0	19,7	13,0
– на віддаленні 3 м за машиною	19,5	13	7,5
– на віддаленні 10 м за машиною	9,0	7,2	0,8

Захисні властивості дифракційних екранів в основному визначають такі чинники: рівень відбиття; наскрізне загасання, обумовлене проникненням енергії крізь матеріал екрана; наявність бічних дифракційних зв'язків (при обмеженій довжині екрана). Збільшують рівень поля в глибокій тіні екрана окремо розташовані відбиваючі поверхні і поодинокі відбивачі. Дифракційні задачі можуть бути вирішені з використанням як теоретичних, так і експериментальних досліджень. Застосування розроблених математичних моделей [8] дозволяє істотно скоротити час і кошти, що витрачаються для забезпечення необхідного рівня захисту.

Можливості формування моно- і мультидіаграм спрямованості для плоского екрана викладені у праці [7]. Вид і ширина діаграм залежать від відстані  $S$  від випромінювача до екрана і розмірів екрана.

З таблиці 2 видно, що установка антени портативної радіостанції на відстані  $S$  дає можливість формувати діаграми спрямованості, необхідні для зв'язку в конкретних умовах виконання службово-бойових завдань (СБЗ).

Т а б л и ц я 2  
Формування діаграм для системи "випромінювач над плоским екраном"

Відстань до екрана $S$ , ( $\lambda$ )	Довжина вібратора, ( $\lambda$ )	Ширина головної пелюстки, ( $^\circ$ )	Вид діаграми спрямованості
0,2	0,46	77	1 пелюстка
0,25	так само	82	так само
0,3	-//-	90	-//-
0,4	0,48	105	-//-
0,5	так само	немає сенсу для вимірювання	2 пелюстки
0,6	-//-	так само	головна+2 бокові
0,7	0,47	-//-	так само

У науковій літературі розглянуто можливості використання куткових антен як радіоукриттів [9]. Ширина діаграми спрямованості даних антен у цій площині за незмінного випромінювача (найчастіше це напівхвильовий симетричний вібратор) залежить від співвідношення  $S/\lambda$ . Зокрема, якщо  $S/\lambda = 0,25$ , то ширина діаграми при  $\psi = 90^\circ$  (кут розкриття) становить близько  $60^\circ$ . Це на  $20^\circ$  менше ширини діаграми спрямованості симетричного напівхвильового вібратора у вільному просторі. Зі збільшенням відстані від ребра пластин до випромінювача ширина діаграми зменшується:  $40^\circ$  при  $S/\lambda = 0,5$  м та  $26^\circ$  при  $S/\lambda = 0,75$  м. В останньому випадку форма діаграми змінюється не тільки внаслідок її звуження, а й через появу бічних пелюсток. Рівень цих бокових пелюсток підвищується при подальшому збільшенні  $S/\lambda$  до значення 0,9 [9, 10].

**Мета статті** – удосконалення методу завадозахисту з використанням імпровізованих радіоукриттів і розроблення рекомендацій офіцерам штабів Національної гвардії України щодо протидії засобам радіопридушення.

**Виклад основного матеріалу.** Авторами статті проведено експериментальне визначення параметрів імпровізованого радіоукриття. Методичні рекомендації з проведення вимірів розроблені згідно з міжнародним стандартом [11], де передбачено, що рівень зовнішніх випромінювань повинен бути на 20 дБ нижче рівня сигналів, що вимірюються.

Майданчик для вимірювань повинен мати розміри, більші максимальних розмірів стандартних вимірювальних відстаней – відповідно 10 і 30 м [7]. Критерій шорсткості (за Релеєм) забезпечує корисну оцінку максимально допустимої нерівності в середньоквадратичних значеннях. Для більшості використовуваних на практиці вимірювальних майданчиків, особливо якщо вимірювальна відстань 3 м (частота до 1 ГГц), допустимою вважається нерівність майданчика  $b < 4,5$  см [7]. Для майданчиків з вимірювальними відстанями 10 і 30 м допускається більша нерівність поверхні. Значення  $b$  обчислюють за формулою

$$b = \frac{\lambda}{8 \sin \beta}, \quad (1)$$

де  $\lambda$  – довжина хвилі,  $\beta$  – кут падіння.

Для визначення, чи є значення нерівності допустимим, здійснювалась процедура валідації.

Як приймальну антену використано резонансний диполь вільного простору (налаштований симетричний вібратор). Засобами вимірювання були: генератор Г4-76А, комп'ютеризований приймальний комплекс на базі скануючого приймача AR 5000А, генератор завад.

Вимірювання проводились у два етапи, залежно від місця вимірювання. Це пов'язане із несхожістю поверхні та щільністю забудови, що відповідає умовам виконання СБЗ. Перший етап виконано у Національній академії Національної гвардії України на твердому (асфальтовому) покритті, другий етап – у Харківському національному університеті радіоелектроніки на ґрунтовому покритті в умовах сухої погоди.

Під час проведення першого етапу макет радіоукриття було склалено з трьох протиударних алюмінієвих щитів в двох варіантах: 1) з щілинами між щитами; 2) з гальванічним контактом між щитами, забезпеченим скотч-фольгою. Фото макета подане на рисунку.

Під час проведення другого етапу дослідження вимірювання проводились на макетах щитів з фольгованого склотекстоліту і фольгованого спіненого поліетилену. Результати відрізняються від результатів, поданих у табл. 3, в межах помилки вимірювання  $\pm 4$  дБ.



Рис. Приклад радіоукриття

Т а б л и ц я 3

*Результати вимірювань параметрів радіоукриття в кампусі НА НГУ*

Параметр	Три щити з щілинами		Три щити без щілин	
	антена Motorola	вібратор Пістолькорса	антена Motorola	вібратор Пістолькорса
F/B	10,5	22	16	23,5
Діаграма спрямованості, °	95	95	80	80
Відстань $S$ , $\lambda$	0,25–0,3			
Об'єм розкриття, $m^3$	0,45			

*Примітка.* Найкращі результати отримані при використанні виносної антени – вібратора Пістолькорса

### Висновки

Для побудови радіоукриттів, призначених для підвищення завадозахищеності каналів радіозв'язку НГУ та інших військових формувань під час виконання СБЗ як базовий елемент конструкції доцільно використовувати такі пристрої, як куткова антена та плоский екран. Можливе використання металевих сіток, фольгованих склопластиків, металізованих тканин Aronia і Метакрон, фольгованих матеріалів на спіненому поліетилені і пінополістиролі. Такі системи можуть бути виготовлені в майстернях військових частин, вбудовані в техніку та обладнання з метою усунення оптичних демаскуючих ознак. Використання протиударних алюмінієвих щитів є оптимальним кутом розкриття за оптимальної фокусної відстані дозволяє зменшити вплив завад задньої пелюстки до 25 дБ. Для робочих частот визначені оптимальні фокусні відстані випромінювача.

### Список використаних джерел

1. Основні аспекти радіоелектронного захисту системи радіозв'язку тактичної ланки управління внутрішніх військ МВС України під час виконання завдань за призначенням в умовах міста [Текст] / О. Ю. Іохов, В. В. Антоненко, О. М. Горбов та ін. // Честь і закон. – 2012. – № 4. – С. 40–47.
2. Розроблення рекомендацій щодо підвищення безпеки радіомереж тактичної ланки управління Національної гвардії України [Текст] : звіт про НДР (заклуч.) / НА НГУ ; кер. О. Ю. Іохов ; викон. І. В. Кузьминич, О. М. Горбов, І. М. Майборода та ін. – № держреєстрації 0115U002860. – Х., 2015. – С. 11–45.

3. Іохов, О. Ю. Комплексний метод підвищення завадостійкості радіоканалів мобільних об'єктів підрозділів Національної гвардії України [Текст] / О. Ю. Іохов, С. А. Горелишев, І. В. Кузьминич // Системи озброєння і військова техніка. – 2015. – № 2 (42). – С. 92 – 94.

4. Горбов, О. М. Інтегральний метод побудови системи захисту радіоканалів військового призначення [Текст] / О. М. Горбов // Системи озброєння і військова техніка. – 2015. – № 1 (41). – С. 92–96.

5. Антенний пристрій [Текст] : пат. 96899 Україна / Белокурський Ю. П., Горбов О. М., Іохов О. Ю., Козлов В. Є., Морозов О. О., Щербина О. О. ; НА НГУ. – Опубл. 25.02.15, Бюл. № 4.

6. Спосіб захисту інформаційного обміну в локальній системі радіозв'язку [Текст] : пат. 104505 Україна / Белокурський Ю. П., Горбов О. М., Козлов В. Є., Морозов О. О., Іохов О. Ю., Щербина О. О. ; НА НГУ. – № 201505748; заявл. 11.06.15; опубл. 10.02.2016, Бюл. № 3.

7. Электромагнитные излучения. Методы и средства защиты [Текст] / В. Л. Богуш, Т. В. Борботько, А. В. Гусинский ; под. ред. Л. М. Лынькова. – Минск : Бестпринт, 2003. – 406 с

8. Островский, О. С. Защитные экраны и поглотители электромагнитных волн [Текст] / О. С. Островский, Е. Н. Одаренко, А. А. Шматько // Физическая инженерия поверхности. – 2003. – Т. 1, № 2. – С. 161–173.

9. Антени для захисту каналів радіозв'язку підрозділів Національної гвардії України [Текст] / Ю. П. Белокурський, О. Ю. Іохов, В. Є. Козлов, О. О. Щербина // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – Х. : НА НГУ, 2015. – Вип. 2 (26). – С. 65–69.

10. Айзенберг, Г. З. Антенны УКВ [Текст] Ч. 2 / Г. З. Айзенберг, В. Г. Ямпольский, О. Н. Терезин ; под. ред. Г. З. Айзенберга. – М. : Связь, 1977. – 381 с.

11. CISPR 16-1-4:2007. Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods. – Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus. – Ancillary equipment. – Radiated disturbances.

*Стаття надійшла до редакції 22.11.2016 р.*

**УДК 621.391**

**Ю. П. Белокурский, А. М. Горбов, В. В. Лищенко**

### **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ УКРАИНЫ**

*Предложен метод повышения помехозащищенности системы радиосвязи путем реализации радиоукрытий. Приведены результаты экспериментального исследования макетов из противоударных щитов.*

*К л ю ч е в ы е с л о в а: радиоукрытие, радиотень, каналы радиосвязи, радиоэлектронная борьба.*

**UDC 621.391**

**Yu. P. Belokurskyi, O. M. Horbov, V. V. Lishenko**

### **IMPROVEMENT OF METHODS TO ENHANCE THE INTERFERENCE IMMUNITY OF RADIO COMMUNICATION SYSTEMS IN UNITS OF NATIONAL GUARD OF UKRAINE**

*The method to enhance the interference immunity of radio communication systems is introduced by means of realization of radio coverings. The results of experimental research of decoys from anti-shock shields are presented.*

*K e y w o r d s: radio covering, radio shadow, radio communication channel, radio-electronic struggle.*

**Белокурський Юрій Павлович** – асистент кафедри метрології та вимірювальної техніки Харківського національного університету радіоелектроніки.

**Горбов Олексій Михайлович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри управління діями підрозділів із засобами військового зв'язку Національної академії Національної гвардії України.

**Лищенко Владислав Вікторович** – провідний інженер відділу метрології і стандартизації Харківського національного університету радіоелектроніки.