

С.В. Озеров, А.В. Литвин, С.В. Жежеря, В.Ю. Зимогляд, В.І. Ляховський

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ СКРИТНОСТІ СИГНАЛЬНО-КODOVIХ КОНСТРУКЦІЙ В СИСТЕМАХ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ПСЕВДОВИПАДКОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЛЕМЕРА

У роботі проведено аналіз статистичних і динамічних властивостей базової псевдовипадкової послідовності чисел сформованої за допомогою мультиплікативного конгруентного методу Лемера. Доведено, що застосування даної послідовності в якості модулюючої функції гармонійної несучої дозволяє отримати інформаційний гармонійний сигнал, що має підвищену скритність за рахунок схожості статистичних та динамічних характеристик інформаційного сигналу з аналогічними характеристиками шуму спостереження. Показано, що такий підхід формування скритного сигналу розвиває можливості скритих систем передачі даних та може бути реалізований в комплексах широкосмугового радіозв'язку військового призначення.

**Ключові слова:** радіозв'язок, скритність, трафік, мультиплікативний конгруентний метод Лемера, шум спостереження.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Накопичений Збройними Силами України досвід проведення Операції об'єднаних сил (ООС), свідчить про те, що радіозв'язок є ключовою складовою системи управління військами [1], особливо коли оперативна обстановка не дає змоги організувати проводову систему обміну інформацією, – з його допомогою здійснюється управління підрозділами на тактичному, оперативному та стратегічному рівнях.

Сьогодні ЗС України, особливо ті підрозділи що приймають безпосередню участь в бойових діях оснащуються новітніми цифровими засобами радіозв'язку такими як радіостанції HARRIS (рис. 1–2), Motorola; радіорелейними станціями P-402, Ubiquiti AirGrid M5 HP 27; терміналами супутникового зв'язку такими як TOOWAY.



Рис. 1. Радіостанція HARRIS RF-7850



Рис. 2. Радіостанція HARRIS RF-7800H-MP

Наведені зразки техніки відповідають сучасним вимогам та мають можливість працювати в захищених режимах – скремблювання, криптографічних перетвореннях, інших методах закриття інформації тощо. Але, незважаючи на вищезазначене, відповідні радіозасоби мають на нашу думку одну специфічну вразливість, що пов'язана із способами формування та обробки несучих сигналів в станціях, – застосування гармонійних сигналів.

В якості несучих сигналів, як правило, застосовуються складні гармонічні сигнали з різними видами цифрової модуляції [2–4]: квадратурна фазова модуляція, частотна модуляція з мінімальним зсувом, двійкова фазова модуляція, квадратурна амплітудно-фазова модуляція та ін. Дані типи сигналів не відповідають вимогам скритності в повній мірі, тому що вони відрізняються від шуму спостереження при кореляційному, спектральному та нелінійному аналізі. Саме тому існує суттєва небезпека, що противник розкриє факт функціонування радіомережі, і як наслідок зможе суттєво впливати на якість функціонування радіолінії, застосовуючи при цьому засоби радіоелектронного подавлення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** З аналізу літератури [5] витікає, що до актуальних підходів підвищення скритності систем радіозв'язку (в тому числі і радіорелейного і супутникового) можна віднести стеганографічні методи приховування інформації: застосування широкосмугових (із застосуванням псевдовипадкових послідовностей) сигналів, тобто робота під “шум”, коли розвідувальний приймач не може виявити (накопичити) сигнал що передається, за рахунок схожості сигналу з випадковим процесом при візуальному, кореляційному і спектральному аналізі. Однак псевдовипадкові послідовності, (М-послідовності, лінійні рекурентні послідовності та ін.) що застосовуються для розширення спектра гармонійного сигналу не відповідають вимогам скритності в повній мірі, тому що мають порівняно коротку довжину послідовності що генерується, мають яскраво виражену залежність між послідовними сусідніми значеннями і нерівномірністю розподілу значень (амплітуд).

**Мета статті** – аналіз можливості застосування базової псевдовипадкової послідовності чисел сформованої з допомогою мультиплікативного конгруентного методу Лемера для підвищення скритності сигнально-кодових конструкцій, що застосовуються в системах радіозв'язку військового призначення.

## Виклад основного матеріалу

Нижче в роботі мається на увазі, що цифрова інформація може надаватися у вигляді рядів Лемера [6] і далі цією інформаційною послідовністю модулюється гармонійна несуча по частоті. Основна формула мультиплікативного конгруентного методу Лемера має вигляд [6]:

$$R_{n+1} = aR_n \pmod{m}, \quad (1)$$

де  $a$  та  $m$  – невід'ємні цілі числа.

Згідно з цим виразом, необхідно взяти випадкове число  $R_n$ , помножити його на постійний коефіцієнт  $a$  і взяти модуль отриманого числа по  $m$  (тобто поділити на  $aR_n$  і залишок вважати як  $R_{n+1}$ ). Тому для генерування послідовності  $R_n$  необхідні початкові значення  $R_0$ , множник  $a$  та модуль  $m$ . Вибір значень  $R_0$ ,  $a$  та  $m$  слід проводити таким чином, щоб забезпечити максимальний унікальний період послідовності що формується ( $R_n$ ), та мінімальну кореляцію між числами що генеруються. На рис.3 проілюстрована часова реалізація псевдовипадкової послідовності (ПСП)  $R_n$ .

Для моделювання послідовності були використані наступні значення:  $a = 5^{13}$ ,  $m = 2^{31} + 1$ ,  $R_0 = 0,052$ ,  $n = 1000$ . Аналіз малюнка показує, що

часова реалізація має яскраво виражений шумоподібний характер.

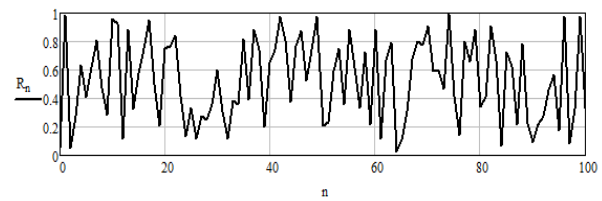


Рис. 3. Часова реалізація

Однак, як наведено в роботі [6], з аналізу інших статистичних характеристик сформованої псевдовипадкової послідовності стало зрозуміло, що автокореляційна функція послідовності подібна до автокореляційної характеристики простого гармонійного радіоімпульсу, що не задовольняє вимогам скритності в повній мірі, тому що застосування несанкціонованим спостерігачем кореляційного аналізу дозволяє з легкістю відрізнити ПСП від шуму спостереження.

Тому з метою формування шумоподібного інформаційного сигналу що має підвищену скритність факту передачі інформації розглянемо можливість розширення спектра гармонійного коливання за допомогою базової ПСП отриманої за допомогою методу Лемера. Спосіб передачі інформації з розширенням спектра сигналів полягає: на передавальній стороні – в одночасній та незалежній модуляції параметрів сигналу спеціальним кодом (що розширює спектр функцією) і переданим повідомленням. На приймальній стороні – в синхронній демодуляції сигналу відповідно що розширює спектр функцією та відновленні надісланого повідомлення [6].

Розширення спектра може бути реалізовано шляхом модуляції будь-якого з параметрів сигналу: амплітуди, фази, частоти, часового положення (затримки) сигналу відповідно до спеціального коду, що формується на основі псевдовипадкової послідовності. Основними, фундаментальними методами розширення спектра сигналів, що широко використовуються в сучасних системах радіозв'язку є [7]:

- метод безпосередньої модуляції несучої ПСП;
- метод псевдовипадкової перебудови робочої частоти (ППРЧ);
- метод псевдо-часової імпульсної модуляції (ПЗМ);
- метод спільного (комбінованого) використання різних методів розширення спектра (наприклад, методу безпосередньої модуляції несучої ПСП і методу ППРЧ; методу ППРЧ і методу ПЗМ).

Розглянемо метод безпосередньої модуляції несучої ПСП.

Даний метод модуляції несучої називається – пряме розширення спектра сигналів за допомогою

ПСП. При цьому методі розширення спектра досягається безпосередньою модуляцією несучої частоти, або за рахунок послідовної перебудови робочої фази сигналу, що передається [7].

Далі більш детально зупинимось на методі безпосередньої модуляції несучої частоти. Гармонійне коливання  $U_n$  описується аналітичним виразом [6]:

$$U_n = A \cos(\pi f_0 n), \quad (2)$$

де  $A$  – амплітуда сигналу;  $f_0$  – частота коливання. Шляхом частотної модуляції гармонійного коливання ПСП (1) вираз (2) набуде вигляду:

$$E_n = A \cos(\pi f_0 R_n (\text{mod } m)n). \quad (3)$$

Після проведеного вищезазначеного математичного перетворення стало зрозуміло, що сформований процес набув ознак випадкового – візуально автокореляційна функція стала подібна до кореляційної функції білого шуму (рис. 4).

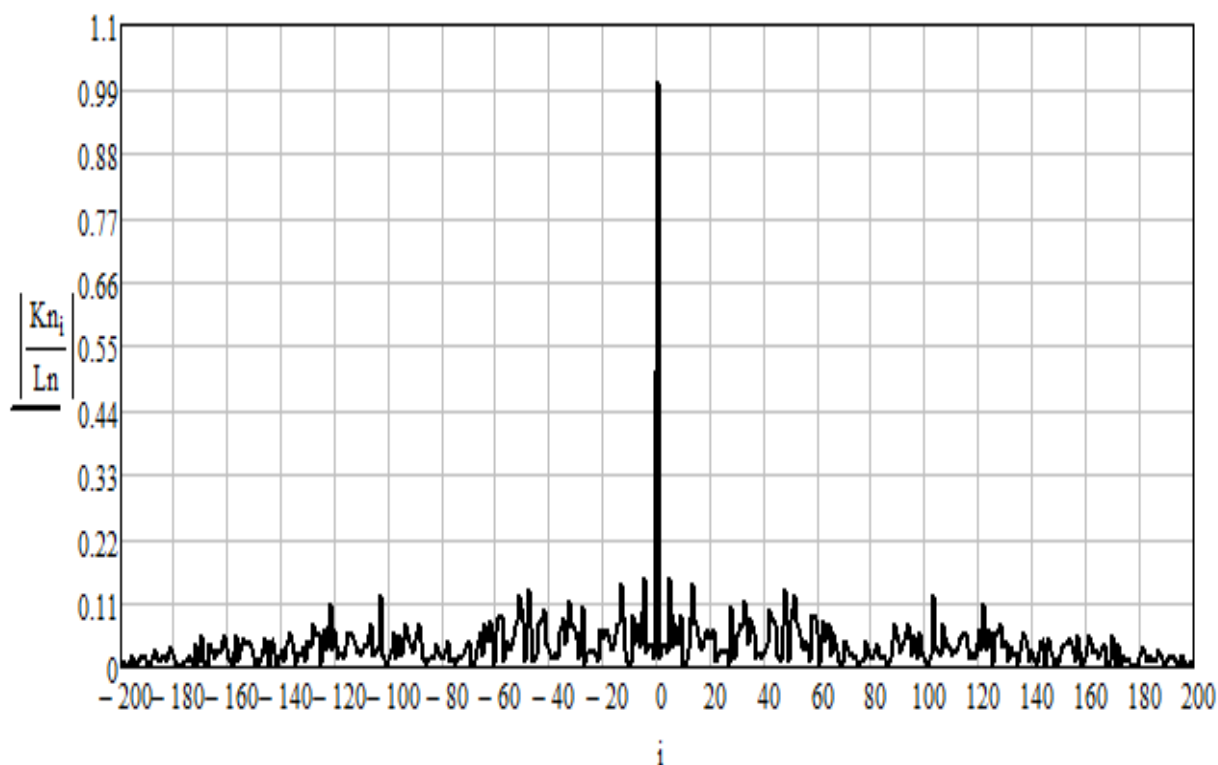


Рис. 4. Автокореляційна функція сформованої послідовності

Слід зауважити, що візуальної оцінки статистичних параметрів в більшості випадків буває недостатньо, тому для більш точного оцінювання має сенс скористатись елементами кореляційного аналізу процесів запропонованих в роботі [8].

Нижче наведено кілька основних розрахункових характеристик [8]:

Середньоквадратичне значення бічних вершин  $R_i$ , що визначається через дисперсію

$$\sigma_R^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=-(N-1)}^{N-1} R_i^2, \quad (4)$$

середнє значення модулів бічних вершин

$$m_{|R|} = \frac{1}{2N} \sum_{i=-(N-1)}^{N-1} |R_i|, \quad (5)$$

середньоквадратичне значення модулів бічних вершин, яке визначається через дисперсію

$$\sigma_{|R|}^2 = \sigma_R^2 - m_{|R|}^2, \quad (6)$$

а також значення максимальної бокової вершини  $R_{\max}$ .

Зведені результати розрахунку що характеризують перевищення  $\sigma_R$ ,  $m_{|R|}$ ,  $\sigma_{|R|}$ ,  $R_{\max}$  рівня  $\sqrt{N}$  (для  $N = 127$ ) наведені в на стовбчастій діаграмі на рис. 5.

Для порівняльного аналізу на рисунку також наведені характеристики кореляційної (автокореляційної) функції білого шуму, що отримані шляхом математичного моделювання в середовищі MathCAD.

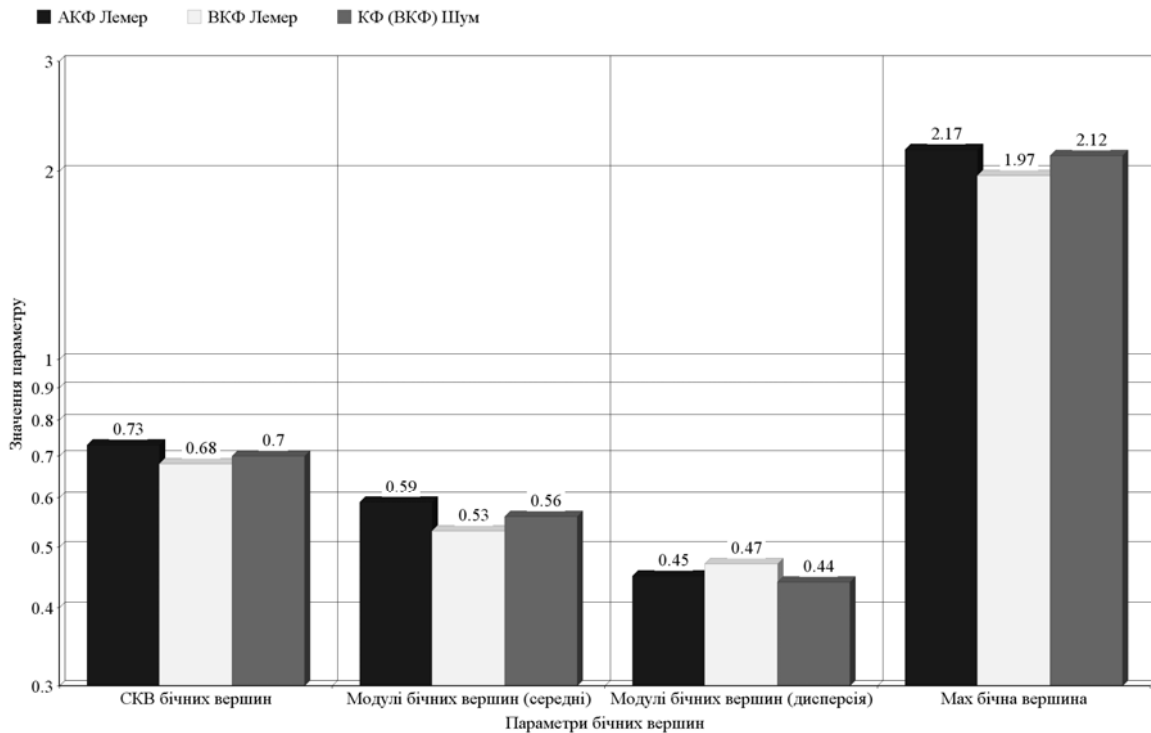


Рис. 5. Зведені результати кореляційного аналізу сформованої сигнально-кової конструкції

Як можна побачити наведені на рис. 3 параметри бокових величин автокореляційної та кореляційної функції сформованої послідовності мають фактично ідентичні значення з аналогічними параметрами білого шуму. Це в свою чергу дає змогу зробити висновок про те, що статистичні характеристики сформованої за допомогою ряду Лемера сигнально-кової конструкції дійсно мають псевдовипадкову сутність.

Після аналізу статистичних характеристик послідовності проведемо дослідження її динамічної характеристики – фазового портрета (рис. 6), що характеризує поведінку динамічної системи у фазовій площині [9].

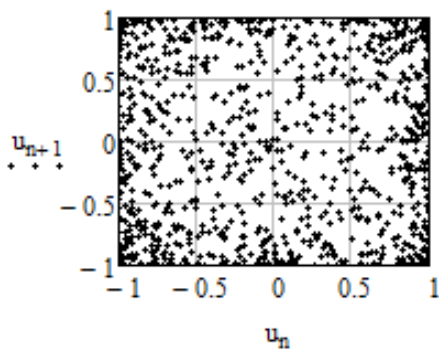


Рис. 6. Фазовий портрет сформованої сигнально-кової конструкції

Але слід пам'ятати, що візуальна оцінка фазового портрета на предмет відсутності його структурованості носить чисто суб'єктивний характер, тому адекватно проаналізована бути не може. Для якісного аналізу фазових портретів необхідно застосовувати нелінійні методи аналізу спостережень, такі як BDS-статистика [9–10], що враховує додаткові властивості сигналу в фазовому просторі. Результати кількісного статистичного обчислення BDS-тесту ( $BDS \leq 1,96$ ), для гармонійного колювання та сформованої сигнально-кової конструкції, за методикою що докладно викладена в роботах [9–12], наведені на рис. 7.

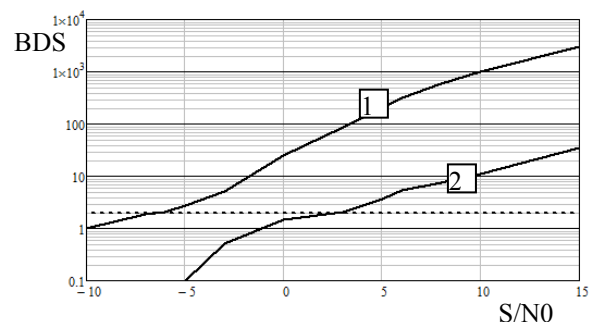


Рис. 7. Розрахунок залежності розкриття структури сигналу за допомогою BDS статистики в залежності від відношення сигнал/шум (1 – гармонійне колювання; 2 – сформована сигнально-кова конструкція)

З аналізу рисунку слідує, що вже при негативному відношенні сигнал/шум (-5 дБ) значення BDS-тесту для гармонійних сигналів перевищує встановлений поріг виявлення (1,96), що дозволяє класифікувати його від шуму спостереження, в той же час для сформованої при допомозі рядів Лемера сигнально-кодової конструкції значення BDS-тесту перевищує поріг при відношенні сигнал/шум 3 дБ, що свідчить про більш високу скритність останньої.

## Висновки

Підходи і методики ведення радіоелектронної боротьби знаходяться в стані постійної еволюції – постійного вдосконалення алгоритмічної складової,

апаратної-технічної складової і т.п. Для того щоб успішно протистояти заходам (і засобам) радіоелектронної боротьби противника необхідно підвищувати скритність радіосистеми на сигнальному рівні. Проведений в роботі аналіз статистичних і динамічних характеристик сигнально-кодової конструкції сформованої за допомогою мультиплікативного конгруентного методу Лемера показує, що її динамічні та статистичні характеристики подібні до характеристик шуму спостереження. За рахунок цього, ми вважаємо що ідея застосування такого сигналу може бути реалізована для прихованих методів передачі цифрової інформації в комплексах широко-смугового радіозв'язку військового призначення.

## Список літератури

1. Кушнір О.І. Основні тенденції та перспективи розвитку військового радіорелейного зв'язку / О.І. Кушнір, К.С. Васюта, С.В. Озеров та ін. // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2017. – № 4(53). – С. 7-11.
2. Outage Performance Analysis of a Dual-Hop Radio Relay System Operating at Frequencies above 10GHz / V.K. Sakarellos, K. Vasileios, D. Skraparlis, A.D. Panagopoulos // IEEE Transactions on Communications. – 2010. – № 58(11). – P. 3104-3109.
3. Geng L. Efficient User Association in Cellular Networks With Hybrid Cognitive Radio Relays / L. Geng, Z. Yuping, B. Kaigui // IEEE Communications Letters. – 2016. – № 20(7). – P. 1413-1416.
4. Musavian L. Effective capacity for interference and delay constrained cognitive radio relay channels / L. Musavian, S. Aissa, S. Lambotharan // IEEE Transactions on Wireless Communications. – 2014. – No. 9(5). – P. 1698-1707.
5. Васюта К.С. Стеганографическая сеть передачи данных на основе MIMO-технологии и хаотических несущих [Електронний ресурс] / К.С. Васюта, С.В. Озеров // Проблеми телекомунікацій. – 2013. – № 2(11), С. 56-65. Режим доступу: [http://pt.journal.kh.ua/2013/2/1/132\\_vasyuta\\_steg.pdf](http://pt.journal.kh.ua/2013/2/1/132_vasyuta_steg.pdf).
6. Анализ возможности применения мультипликативного конгруэнтного метода Лемера для стеганографической передачи данных в системе военной радиосвязи / А.И. Кушнір, К.С. Васюта, О.И. Сухаревский, С.В. Озеров, А.Н. Корольок // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2013. – № 4(37). – С. 66-69.
7. Борисов В.И. Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов методом псевдослучайной перестройки рабочей частоты / В.И. Борисов, В.М. Зинчук, А.Е. Лимарев; под ред. В.И. Борисова. – М.: Радио Софт, 2008. – 512 с.
8. Варакин Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами / Л. Е. Варакин. – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с.
9. Использование BDS-статистики для оценки скрытности сигнала, полученного перемешиванием хаотической несущей / П.Ю. Костенко, К.С. Васюта, А.Н. Барсуков [и др.] // Известия вузов. Радиоэлектроника. – 2010. – № 5(53). – С. 41-45.
10. Patidar V. A pseudo random bit generator based on chaotic logistic map and its statistical testing / V. Patidar, K.K. Sud, N.K. Pareek // Informatica. – 2009. – № 33(4). – P. 441-452.
11. Cho K. Chaotic cryptography using augmented Lorenz equations aided by quantum key distribution / K. Cho, T. Miyano // IEEE Trans. Circuits Syst. – 2015. – № 62(2). – P. 478-487.
12. Periodic performance of the chaotic spread spectrum sequence on finite precision / C. Zhu, L. Zhang, Y. Wang, J. Liu, L. Mao // Journal of Systems Engineering and Electronics. – 2008. – Vol. 19, No. 4, – P. 672-678.

## References

1. Kushnir, O.I., Vasiuta, K.S., Ozerov, S.V., Lytvyn, A.V. and Severilov, A.V. (2017), "Osnovni tendentsii ta perspektyvy rozvytku viiskovoho radioreleinoho zviazku" [Main trends and development prospects of military radio relay communication], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, No. 4(53), pp. 7-11.
2. Sakarellos, V.K., Skraparlis, D. and Panagopoulos, A.D. (2010), Outage Performance Analysis of a Dual-Hop Radio Relay System Operating at Frequencies above 10GHz, *IEEE Transactions on Communications*, No. 58(11), pp. 3104-3109.
3. Geng, Li., Yuping, Z. and Kaigui, B. (2016), Efficient User Association in Cellular Networks With Hybrid Cognitive Radio Relays, *IEEE Communications Letters*, No. 20(7), pp. 1413-1416.
4. Musavian, L., Aissa, S. and Lambotharan, S. (2014), Effective capacity for interference and delay constrained cognitive radio relay channels, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, No. 9(5), pp. 1698-1707.
5. Vasyta, K.S. and Ozerov, S.V. (2013), "Steghanografycheskaja setj peredachy dannykh na osnove MIMO-tekhnologhy y khaotycheskykh nesushhykh" [Steganographic data network based on MIMO technology and chaotic carriers], *Problems of telecommunications*, No. 2(11), pp. 56-65, available at: [www.pt.journal.kh.ua/2013/2/1/132\\_vasyta\\_steg.pdf](http://www.pt.journal.kh.ua/2013/2/1/132_vasyta_steg.pdf)
6. Kushnir, A.I., Vasiuta, K.S., Sukharevskii, O.I., Ozerov, S.V. and Koroliuk, A.N. (2013), "Analiz vozmozhnosti primeneniia multiplikativnogo kongruentnogo metoda Lemera dlia steganograficheskoi peredachi dannykh v sisteme voennoi

radiosviazi” [Analysis of possibility of application the multiplicative congruent method of Lemer for steganographic transmitting data in the military radiosystem], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, No. 4(37), pp. 66-69.

7. Borisov, V.I., Zinchuk, V.M. and Limarev, A.E. (2008), “Pomekhozashyshhennostj system radyosvjazy s rasshyrenyem spektra syghnalov metodom psevdosluchajnoj perestrojky rabochej chastoty” [Interference immunity of radio communication systems with the expansion of the spectrum of signals by the method of pseudo-random tuning of the operating frequency], RadioSoft, Moscow, 512 p.

8. Varakin, L.E. (1985), “Systemy svjazy s shumopodobnyy syghnalamy” [Communication systems with noise-like signals], Radio and Communication, Moscow, 384 p.

9. Kostenko, P.Ju., Vasjuta, K.S. and Barsukov, A.N. (2010), “Yspoljzovanye BDS-statystyky dlja ocenky skrytnosti syghnala, poluchennogho peremeshyvanym khaotycheskoj nesushhej” [Using BDS-statistics to estimate concealment signal obtained chaotic carrier stirring ], *News of universities. Radioelectronics*, No 5(53), pp.41-45.

10. Patidar, V., Sud, K.K. and Pareek, N.K. (2009), A pseudo random bit generator based on chaotic logistic map and its statistical testing, *Informatica*, No. 33(4), pp. 441-452.

11. Cho, K. and Miyano, T. (2015), Chaotic cryptography using augmented Lorenz equations aided by quantum key distribution, *IEEE Trans. Circuits Syst.* No. 62(2), pp. 478-487.

12. Zhu, C., Zhang, L., Wang, Y., Liu, J. and Mao, L. (2008), Periodic performance of the chaotic spread spectrum sequence on finite precision, *Journal of Systems Engineering and Electronics*, Vol. 19, No. 4, pp. 672-678.

Надійшла до редколегії 2.10.2018

Схвалена до друку 5.11.2018

#### **Відомості про авторів:**

##### **Озеров Сергій Вікторович**

кандидат технічних наук  
старший викладач кафедри  
Харківського національного університету Повітряних  
Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-3953-5187>

##### **Литвин Андрій Володимирович**

магістр  
викладач кафедри Харківського національного  
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-1962-6356>

##### **Жежеря Сергій Віталійович**

бакалавр  
курсант Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-8453-5210>

##### **Зимогляд Віталій Юрійович**

бакалавр  
курсант Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-5987-8200>

##### **Ляховський Віктор Ігорович**

бакалавр  
курсант Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-4253-9250>

#### **Information about the authors:**

##### **Sergii Ozerov**

Candidate of Technical Sciences  
Senior Instructor  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-3953-5187>

##### **Andrii Lytvyn**

Master  
Instructor of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-1962-6356>

##### **Serhii Zhezheria**

Bachelor  
Cadet of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-8453-5210>

##### **Vitalii Zymohliad**

Bachelor  
Cadet of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-5987-8200>

##### **Viktor Liakhovskiy**

Bachelor  
Cadet of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-4253-9250>

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ СКРЫТНОСТИ  
СИГНАЛЬНО-КОДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СИСТЕМАХ РАДИОСВЯЗИ  
ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ПСЕВДОСЛУЧАЙНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЛЕМЕРА**

С.В. Озеров, А.В. Литвин, С.В. Жежеря, В.Ю. Зимогляд, В.И. Ляховский

*В работе проведен анализ статистических и динамических свойств базовой псевдослучайной последовательности чисел сформированной с помощью мультипликативного конгруэнтного метода Лемера. Доказано, что применение данной последовательности в качестве модулирующей функции гармоничной несущей позволяет получить информационный гармонический сигнал, имеющий повышенную скрытность за счет сходства статистических и динамических характеристик сигнала с аналогичными характеристиками шума наблюдения. Показано, что такой подход формирования скрытого сигнала развивает возможности скрытых систем передачи данных и может быть реализован в комплексах широкополосной радиосвязи военного назначения.*

**Ключевые слова:** радиосвязь, скрытность, трафик, мультипликативный конгруэнтный метод Лемера, шум наблюдения.

**STUDY OF THE POSSIBILITY OF INCREASING THE STEALTH  
SIGNAL-CODE CONSTRUCTION IN THE RADIO COMMUNICATION  
SYSTEM BY IMPLEMENTATION PSEUDO-RANDOM LEMER SEQUENCE**

S. Ozerov, A. Lytvyn, S. Zhezheria, V. Zymohliad, V. Liakhovskyi

*As the experience of the Combined Forces Operation demonstrates, radio relay communication is an integral part of the troop control system, it helps to link control points of units and connections to a fixed communication network, especially in cases where the combat situation does not allow the deployment of wire communication lines. Today, in combat units and companies which where performing tasks in the OSS area, the vital information exchange is carried out using modern, secure digital means, including radio relay communications, such as the P-425S3, P-402, Ubiquiti AirGrid M5 HP 27. The resulted samples of technology correspond to modern requirements and tendencies of development of military radio relay communication. But, despite the foregoing, modern means of radio-relay communication have in our opinion one specific vulnerability related to the methods of formation and processing of carrier signals at stations, this is the application of harmonic signals. These types of signals do not meet the requirements of stealth in full, since they differ from noise in the correlation, spectral and nonlinear analysis. The steganographic methods of information concealment are an actual approach to increase the stealth of radio communication systems (including radio relay): the use of broadband (using pseudo-random sequences) signals, that is, work in "noise", when the reconnaissance receiver can not detect (accumulate) a signal is transmitted, for account of the similarity of the signal to a random process in the case of visual, correlation, and spectral analysis. The analysis of the statistical and dynamic characteristics of the basic pseudo-random sequence of numbers generated by the multiplicative congruent Lemer method shows that the characteristics of the PRS are similar to the characteristics of the observation noise, with the exception of the autocorrelation function. The frequency modulation of the harmonic carrier by the information sequence, which is formed with the help of "Lemer codes", allows obtaining an information signal having increased secrecy due to the similarity of its phase portrait and the correlation (autocorrelation) function with similar observation noise indicators. Thus, the idea of using such a signal can be realized for the hidden methods of transmission of digital information in the complexes of broadband microwave radio relay communications, in turn, they will be successfully integrated into the prospective concealed control system of the Armed Forces of Ukraine.*

**Keywords:** radio communication, stealth, traffic, multiplier congruent method of Lemer, noise of observation.