

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СФЕРІ БЕЗПЕКИ ТА ОБОРОНИ

ISSN 2311-7249 (Print)

ISSN 2410-7336 (Online)

№ 2(23)
2015

Науковий журнал

Засновник і видавець

Національний університет оборони України
імені Івана Черняхівського
Журнал заснований у 2008 році

Адреса редакції

Національний університет оборони України
імені Івана Черняхівського
Інститут інформаційних технологій

Повітрофлотський проспект, 28,
Київ, 03049

телефон: (044)-271-09-44, (066)-713-20-22
факс: (044)-271-09-44

Журнал зареєстровано в Державній реєстраційній службі України
(свідцтво КВ №20490-10290ПР)

Журнал видається
українською, російською та англійською мовами

Журнал виходить 3 рази на рік

Наказом Міністерства освіти і науки України
від 29 грудня 2014 р. №1528 журнал включено до
Переліку наукових фахових видань України в галузях
“технічні науки” та “військові науки”

Рекомендовано до друку Вченою радою
Національного університету оборони України
імені Івана Черняхівського
(протокол № 11 від 27 серпня 2015 р.)

При використанні матеріалів посилання на журнал
“Сучасні інформаційні технології
у сфері безпеки та оборони” обов’язкове

Редакція може не поділяти точку зору авторів
Відповідальність за зміст поданих матеріалів
несуть автори

Журнал індексується у наукометричних базах:
Citefactor, Google Academy, Index Copernicus,
The Journal Impact Factor.

Журнал представлений у базах даних:
Bielefeld Academic Search Engine, Research Bible, WorldCat.

Журнал внесений до каталогів бібліотек:
Vernadsky National Library of Ukraine.

В номері:

Теоретичні основи створення і використання інформаційних технологій

- Биченков В.В.** Етапи прогнозування поведінки складної інерційної системи з використанням розробленої моделі системи..... 5
- Богданович В.Ю., Висідалко А.Л., Косоков О.М.** Шляхи удосконалення методичних основ та інструментальних засобів підтримки процесів прийняття рішень в системі забезпечення національної безпеки..... 12
- Бухал Д.А.** Визначення дальності зони радіоелектронної розвідки противника з врахуванням потужності випромінювання радіостанцій системи радіозв’язку окремої механізованої бригади..... 21
- Волобуєв А.П.** Тензор доступності радіостанцій для енергетичного викриття засобами радіорозвідки противника..... 25
- Волошко С.В., Слюсарь І.І., Москаленко А.О., Ромашико І.В.** Застосування технологій цифрової обробки сигналів для створення перспективних систем супутникового зв’язку..... 34
- Генов Б.А., Анорейко Я.Т., Чернобириченко О.М., Резнік Д.В., Ердяков В.Г.** Показник ефективності взаємодії тактико-вогневих підрозділів зенітних ракетних військ та військ протиповітряної оборони сухопутних військ..... 38
- Даник Ю.Г., Писарчук О.О., Тимчук С.В.** Математичне забезпечення автоматизованої системи збору та обробки інформації від технічних засобів моніторингу..... 44
- Знатдинов Ю.К., Воронин А.Н., Пермяков А.Ю., Варламов И.Д.** Определение парето-оптимальной области массово-траекторных параметров трансформерной авиационной системы..... 54
- Коцюруба В.І.** Моделювання процесу пошуку та виявлення вибухонебезпечних предметів радіолокаційним методом..... 65
- Кучеров Д.П., Козуб А.Н.** Оценка пропускной способности группы беспилотных летательных аппаратов при выполнении задачи мониторинга..... 70
- Ланецкий Б.Н., Кобзев В.В., Артеменко А.А.** Метод обработки результатов испытаний радиоэлектронных средств зенитных ракетных комплексов, эксплуатируемых по техническому состоянию, по показателю безотказности “вероятность безотказного включения”..... 75
- Лебідь Є.В., Кононенко С.М., Судніков Є.О., Єфімова Р.Г.** Метод оцінки показників якості системи фазової автопідстроїки частоти..... 81
- Міренко В.І., Пустовий С.О., Яблонський П.М., Авраменко О.В.** Порівняння ефективності технічного обслуговування виробів авіаційної техніки, що експлуатуються за технічним станом, для моделей дифузійно-монотонного і дифузійно-немонотонного розподілу відмов..... 88
- Москаленко А.О., Волошко С.В., Слюсарь І.І., Рубцов І.Ю.** Перешкодостійкість сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передачі інформації в умовах багатопроменевого розповсюдження радіохвиль..... 94
- Опенько П.В., Дранник П.А., Кобзев В.В., Зубрицький Г.М.** Оцінка адекватності ведення бойових дій у групуванням зенітних ракетних військ..... 99
- Присяжнюк М.М., Шимчук О.С.** Інтернет як нове середовище суєтивного маніпулятивного впливу..... 104
- Слюсар В.І., Зінченко А.О., Зінченко К.А.** Система мобільного зв’язку стандарту GSM для потреб радіолокаційного контролю повітряного простору..... 108
- Чумаченко С.М., Данилюк С.Л.** Метод імітаційного моделювання процесу спостереження Вольтерівських систем у зоні ведення бойових дій як елемент нової інформаційної технології адаптивного екологічного моніторингу стану навколишнього природного середовища..... 115
- Інтерактивні моделі розвитку науково-освітнього простору у сфері безпеки та оборони**
- Козубов І.М.** Інформаційна модель підготовки аспіранта з методологічною компетентністю у системі вищої військової освіти..... 120
- Савченко В.А.** Політика “Принеси свій прилад” та Wi-Fi технологія для військового навчального закладу..... 124
- Чона Д.А., Деревянчук А.Й., Москаленко Д.Р.** Основні принципи створення спрощених електронних симуляторів артилерійських комплексів..... 131
- Сучасні військово-теоретичні проблеми**
- Бобильов В.Є.** Управління військами на основі зворотного зв’язку..... 136
- Інтерактивний дискурс у контексті інформаційної безпеки держави**
- Бочаров М.М., Войтко О.В., Тищенко М.Г.** Завдання захисту загальновійськових підрозділів від негативного інформаційно-психологічного впливу в ході антитерористичної операції..... 139
- Волощина Н.М., Череватий С.В.** Інформаційний вплив на громадську думку українського суспільства..... 144

Редакційна колегія

Головний редактор

полковник *Пермяков Олександр Юрійович*,
доктор технічних наук, професор

Заступник головного редактора

полковник *Савченко Віталій Анатолійович*,
доктор технічних наук, старший науковий співробітник

Члени редколегії:

Бутвін Борис Леонідович,
доктор технічних наук, професор

Гавлічек Пьотр,
доцент

Дробаха Григорій Андрійович,
доктор військових наук, професор

Жук Сергій Якович,
доктор технічних наук, професор

Загорка Олексій Миколайович,
доктор військових наук, професор

полковник *Катеринчук Іван Степанович*,
доктор технічних наук, професор

Компанцева Лариса Феліксівна,
доктор філологічних наук, професор

Косевцов В'ячеслав Олександрович,
доктор військових наук, професор

Кравченко Юрій Васильович,
доктор технічних наук, професор

полковник *Лобанов Анатолій Анатолійович*,
доктор військових наук, професор

Потій Олександр Володимирович,
доктор технічних наук, професор

Пресналл Аарон,
доктор філософії

Репіло Юрій Євгенович,
доктор військових наук, професор

генерал-майор *Риспаєв Асхат Науризбайович*,
кандидат військових наук

Романченко Ігор Сергійович,
доктор військових наук, професор

полковник *Рубан Ігор Вікторович*,
доктор технічних наук, професор

Рябцев Вячеслав Віталійович,
кандидат технічних наук, доцент

Сбітнев Анатолій Іванович,
доктор технічних наук, професор

Семон Богдан Йосипович,
доктор технічних наук, професор

Серватюк Василь Миколайович,
доктор військових наук, професор

Солонніков Владислав Григорович,
доктор технічних наук, професор

Телелим Василь Максимович,
доктор військових наук, професор

Флурі Філіпп,
доктор філософії

Шевченко Віктор Леонідович,
доктор технічних наук,
старший науковий співробітник

Шемаєв Володимир Миколайович,
доктор військових наук, професор

Шиміч Горан,
доктор філософії

Відповідальний секретар

майор *Тищенко Максим Георгійович*,
кандидат технічних наук

MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE SPHERE OF SECURITY AND DEFENCE

ISSN 2311-7249 (Print)

ISSN 2410-7336 (Online)

№ 2(23)
2015

Scientific journal

Founder and Publisher

National Defence University of Ukraine
named after Ivan Cherniakhovsky
The journal was founded in 2008

Address:

National Defence University of Ukraine
named after Ivan Cherniakhovsky,
Information Technology Institute
Povitroflotskiy ave. 28, Kyiv, 03049
Telephone: (044)-271-09-44, (066)-713-20-22
Fax: (044)-271-09-44

The journal is registered
in the State Registration Service of Ukraine
(certificate KB №20490-10290ПП)

The journal is published
in Russian, Ukrainian and English

The journal is published thrice a year

According to the Document of the Ministry of
Education and Science of Ukraine
issued on December 29, 2014 (№ 1528) the journal
was included into the Ukrainian list of specialized scientific
publications in engineering sciences and military sciences

*Recommended to publication
by the Scientific Council of the National
Defence University of Ukraine
named after Ivan Cherniakhovsky
(Protocol No. 11, 27 August 2015)*

When using the materials, the reference to the journal
“Modern Information Technologies
in the Sphere of Security and Defence” is mandatory

The editorial board can have a different viewpoint
than that of the authors
The content of the materials is the authors' responsibility

The journal is indexed in the scientometric bases:
*Citefactor, Google Academy, Index Copernicus,
The Journal Impact Factor.*

The journal is presented in the databases:
Bielefeld Academic Search Engine, Research Bible, WorldCat.

The journal is added to the libraries:
Vernadsky National Library of Ukraine.

Contents:

Theoretical Foundations of Information Technologies Creation and Use

<i>Bychenkov V.V.</i> Prediction stages of the difficult inertia system behavior with the use of the developed system model	5
<i>Bohdanovych V.V., Vysidalko A.L., Kosohov O.M.</i> The ways of improving methodical basis and instrumental tools of decision making processes support within the national security system.....	12
<i>Bukhal D.A.</i> Determination of an enemy radio reconnaissance's range taking into account a radio stations radiant power of an armoured brigade's communication system.....	21
<i>Volobuiev A.P.</i> The radio station accessibility tensor for energy detection by enemy radio intelligence means.....	25
<i>Voloshko S.V., Sliusar I.I., Moskalenko A.O., Romashko I.V.</i> The use of the digital signals processing technology for advanced satellite communications systems development	34
<i>Henov B.A., Andreiko Y.T., Chernobrychenko O.M., Riezniak D.V., Erdiakov V.H.</i> Antiaircraft missile troops and land forces air defense troops tactical and fire units cooperation effectiveness indicator.....	38
<i>Danyk Y.H., Pysarchuk O.O., Tymchuk S.V.</i> Mathematical support of the information collection and processing automated system from the monitoring equipment.....	44
<i>Ziatdinov Y.K., Voronin A.M., Permiakov O.Y., Varlamov I.D.</i> Pareto-optimal region of mass-trajectory parameters of transformer aviation system	54
<i>Kotsiuruba V.I.</i> Modeling explosive ordnance search and detection procedures by radar techniques	65
<i>Kucherov D.P., Kozub A.M.</i> Air drones group capacity estimation during monitoring mission.....	70
<i>Lanetskyi B.N., Kobziev V.V., Artemenko A.A.</i> The test data processing technique of the antiaircraft missile systems radio electronic means that are exploited by the technical conditions, with the “failsafe switching probability” safety indicator.....	75
<i>Lebid Y.V., Kononenko S.M., Sudnikov Y.O., Yefimova R.H.</i> The quality indexes estimation method of the phase-locked loop system	81
<i>Mirnenko V.I., Pustovyi S.O., Yablonskyi P.M., Avramenko O.V.</i> Comparison of aerotechnics devise maintenance efficiency which are exploited with the technical condition for diffusion-monotonic and diffusion-nonmonotonic failure distribution models.....	88
<i>Moskalenko A.O., Voloshko S.V., Sliusar I.I., Rubcov I.Y.</i> The signals immunity of the improved modulation by cyclic shift with adaptation to information transfer rate in multimode propagation environment.....	94
<i>Openko P.V., Drannyk P.A., Kobziev V.V., Zubrytskyi H.M.</i> The warfare self-supportability assessment by an antiaircraft missile troops grouping.....	99
<i>Prystachniuk M.M., Shymchuk O.S.</i> The Internet as the new environment of the suggestive manipulative influence.....	104
<i>Sliusar V.I., Zinchenko A.O., Zinchenko K.A.</i> The GSM standard mobile telecommunication system for airspace radar control needs	108
<i>Chumachenko S.M., Danyliuk S.L.</i> The simulation method of the Voltaire systems observation process in a conducting operations zone as the adaptable ecological monitoring new informational technology element of the environment condition.....	115

Interactive Models of Scientific Educational Environment Development in the Sphere of Security and Defence

<i>Kozubtsov I.M.</i> The information model of postgraduate student with methodological competence preparation in the higher military education system	120
<i>Savchenko V.A.</i> Bring Your Own Device policy and Wi-Fi technology for military organization	121
<i>Chopa D.A., Derevianchuk A.Y., Moskalenko D.R.</i> The basic principles of a simplified electronic simulators of an artillery systems development	131

Modern Military Theoretical Problems

<i>Bobylov V.Y.</i> Troops management based on feedback.....	136
--	-----

Interactive Discourse in the State's Information Security Context

<i>Bocharov M.M., Voitko O.V., Tyshchenko M.H.</i> The combined arms units protection task from the negative information and psychological warfare during the anti terrorist operation	139
<i>Voloshyna N.M., Cherevatyi S.V.</i> Information influence on Ukrainian society public opinion	144

Editorial Board

Chief Editor

colonel *Permiakov Oleksandr Yuriiovych*,
doctor of technical sciences, professor

Deputy Chief Editor

colonel *Savchenko Vitalii Anatoliiovych*,
doctor of technical sciences, senior research fellow

Editorial Board members:

Butvin Borys Leonidovych,
doctor of technical sciences, professor

Gawliczek Piotr,
associate professor

Drobakha Hryhorii Andriiovych,
doctor of military sciences, professor

Zhuk Serhii Yakovych,
doctor of technical sciences, professor

Zahorka Oleksii Mykolaiovych,
doctor of military sciences, professor

colonel *Katerynychuk Ivan Stepanovych*,
doctor of technical sciences, professor

Kompantseva Larysa Feliksivna,
doctor of philological sciences, professor

Kosevtsov Viacheslav Oleksandrovych,
doctor of military sciences, professor

Kravchenko Yurii Vasylovych,
doctor of technical sciences, professor

colonel *Lobanov Anatolii Anatoliiovych*,
doctor of military sciences, professor

Potii Oleksandr Volodymyrovych,
doctor of technical sciences, professor

Presnall Aaron,
doctor of philosophy

Repilo Yurii Yevhenovych,
doctor of military sciences, professor

major general *Ryspaiev Askhat Nauryzbaiovych*,
candidate of military sciences

Romanchenko Ihor Serhiovych,
doctor of military sciences, professor

colonel *Ruban Ihor Viktorovych*
doctor of technical sciences, professor

Riabtsev Viacheslav Vitaliiovych,
candidate of technical sciences,
associate professor

Sbitniev Anatolii Ivanovych,
doctor of technical sciences, professor

Semon Bohdan Yosypovych,
doctor of technical sciences, professor

Servatiuk Vasyl Mykolaiovych,
doctor of military sciences, professor

Solonnikov Vladyslav Hryhorovych,
doctor of technical sciences, professor

Telemetry Vasyl Maksymovych,
doctor of military sciences, professor

Fluri Philip,
doctor of philosophy

Shevchenko Viktor Leonidovych,
doctor of technical sciences,
senior research fellow

Shemaiev Volodymyr Mykolaiovych,
doctor of military sciences, professor

Shimic Goran,
doctor of philosophy

Executive Secretary

major *Tyshchenko Maksym Heorhiovych*,
candidate of technical sciences

¹Артем Олексійович Москаленко (канд. техн. наук)¹Сергій Володимирович Волошко (канд. техн. наук, с.н.с.)¹Ігор Іванович Слюсарь (канд. техн. наук, доцент)²Ігор Юрійович Рубцов¹Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна²Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Київ, Україна

ПЕРЕШКОДОСТІЙКІСТЬ СИГНАЛІВ УДОСКОНАЛЕНОЇ МОДУЛЯЦІЇ ЦИКЛІЧНИМ ЗСУВОМ КОДУ З АДАПТАЦІЄЮ ПО ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В УМОВАХ БАГАТОПРОМЕНЕВОГО РОЗПОВСЮДЖЕННЯ РАДІОХВИЛЬ

В роботі представлено результати порівняльного аналізу перспективних методів ширококугової модуляції. Розглянуто основні принципи побудови перспективних радіоінтерфейсів. В результаті чого встановлено, що бажаною властивістю методів модуляції сигналів, які є кандидатами на використання в перспективних радіоінтерфейсах, є можливість адаптації до умов розповсюдження радіохвиль. Розглянуто метод адаптивної модуляції циклічним зсувом коду з можливістю зміни швидкості передавання інформації. Представлено модель дискретного каналу зв'язку для дослідження перешкодостійкості сигналів удосконаленої CSSK-модуляції в умовах багатопроменевого розповсюдження радіохвиль. Досліджено перешкодостійкість сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передавання інформації в умовах багатопроменевого розповсюдження радіохвиль. Отримано залежності ймовірності помилкового прийому інформаційного біту від співвідношення часу затримки до часу проходження одного чіпа при використанні сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду.

Ключові слова: перешкодостійкість сигналів; модуляція циклічним зсувом коду; адаптивна модуляція; багатопроменеве розповсюдження радіохвиль.

Вступ

Постановка проблеми. На сьогодні, одним із пріоритетних завдань усіх силових структур України є боротьба з тероризмом, загроза прояву якого використовується як засіб залякування держави у політичних цілях. Складність проведення заходів із протидії терористичним загрозам полягає у необхідності здійснення всього комплексу заходів, зокрема усунення чинників, що впливають на виникнення та розвиток тероризму (економічні, культурні і соціальні).

Ефективність проведення контртерористичних операцій напряму залежить від технічної оснащеності відповідних підрозділів, зокрема і комплексами радіозв'язку. Тому, виникає завдання у постійному вдосконаленні існуючих та розробці перспективних комплексів радіозв'язку.

При використанні вузькосмугових сигналів в системах бездротового зв'язку існує ряд недоліків: низька перешкодостійкість, низька структурна та енергетична скритність, неефективне використання частотного ресурсу та ін. Суттєво покращити ці характеристики можливо шляхом використання сигналів з розширенням спектру.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перспективними методами ширококугової модуляції є МВОК (M-ary Biorthogonal Keying – M-ічна двоортогональна модуляція), CSSK (Cyclic

Code Shift Keying – модуляція циклічним зсувом коду), OCDM (Orthogonal Code Division Multiplex – мультиплексування сигналів з ортогональним кодовим ущільненням), OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex – мультиплексування сигналів з ортогональним частотним ущільненням). За результатами аналізу даних методів модуляції встановлено, що найкращим методом є МВОК завдяки високій стійкості до радіоперешкод та багатопроменевого розповсюдження радіохвиль [1, 2]. Іншим перспективним методом є CSSK [3], він поступається M-ічній двоортогональній модуляції внаслідок використання неортогонального алфавіту сигналів та вразливості до багатопроменевого розповсюдження радіохвиль.

Змінюючи методи формування алфавіту сигналів CSSK-модуляції можливо усунути вказані недоліки [4, 5]. В результаті чого, модуляція циклічним зсувом коду, у порівнянні з МВОК, отримує перевагу за рахунок забезпечення більш високої швидкості передачі інформації та простоти кореляційної обробки сигналів.

Але, для задоволення вимог до високошвидкісної передачі даних перспективні радіоінтерфейси повинні використовувати частотний діапазон ефективніше, ніж відомі радіотехнології. А це передбачає можливість використання багаторівневих форматів модуляції з

високою стійкістю до частотно-селективних замирань, які спостерігаються в широкосмуговому радіоканалі. Тому, бажаною властивістю методів модуляції сигналів, які є кандидатами на використання в перспективних радіоінтерфейсах, є можливість адаптації до умов розповсюдження радіохвиль.

В [6] запропонований метод синтезу сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією за швидкістю передачі інформації, а також спосіб обробки сигналів, синтезованих з використанням запропонованого методу. Їх використання дозволяє гнучко адаптувати параметри перспективних радіоінтерфейсів до умов розповсюдження радіохвиль, зберігаючи максимальні швидкості передачі даних і мінімальну складність цифрової кореляційної обробки на прийомі. Проте, залишаються не дослідженими перешкодостійкість запропонованих сигналів в умовах багатопроменевого розповсюдження радіохвиль.

Мета статті. Враховуючи це, метою статті є дослідження перешкодостійкості сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передачі інформації в умовах багатопроменевого розповсюдження радіохвиль.

Виклад основного матеріалу дослідження

Метод адаптивної модуляції циклічним зсувом коду з можливістю зміни швидкості передавання інформації.

При формуванні сигналів адаптивної модуляції циклічним зсувом коду з можливістю зміни швидкості передачі інформації враховуються параметри середовища поширення радіохвиль внаслідок чого змінюється швидкість передачі інформаційних біт. Це відбувається шляхом оцінювання основних параметрів середовища поширення і видачі сигналів, що управляють, на зміни швидкості передачі інформації передавачу і приймачу [6].

При використанні запропонованого методу модуляції швидкість передачі інформації може знаходитися в межах:

$$\frac{1}{\tau \cdot N} \leq V \leq \frac{\log_2 N}{\tau \cdot N},$$

де τ – протяжність чіпа; N – довжина послідовності розширення спектра сигналів; V – швидкість передачі інформації.

Приклад правил формування сигналів адаптивної модуляції циклічним зсувом коду з можливістю зміни швидкості передачі інформації для кодової послідовності довжиною 8 біт приведений в табл. 1.

Таблиця 1

Правила формування сигналів адаптивної модуляції циклічним зсувом коду з можливістю зміни швидкості передавання інформації

№ зсуву	Кодова послідовність	Для швидкості $\frac{\log_2 N}{\tau \cdot N}$	Для швидкості $\frac{\log_2 N - 1}{\tau \cdot N}$	Для швидкості $\frac{\log_2 N - 2}{\tau \cdot N}$
0-зсув	c ₀ c ₁ c ₂ c ₃ c ₄ c ₅ c ₆ c ₇	000	00	0
1-зсув	c ₁ c ₂ c ₃ c ₄ c ₅ c ₆ c ₇ c ₀	001		
2-зсув	c ₂ c ₃ c ₄ c ₅ c ₆ c ₇ c ₀ c ₁	010		
3-зсув	c ₃ c ₄ c ₅ c ₆ c ₇ c ₀ c ₁ c ₂	011	10	1
4-зсув	c ₄ c ₅ c ₆ c ₇ c ₀ c ₁ c ₂ c ₃	100		
5-зсув	c ₅ c ₆ c ₇ c ₀ c ₁ c ₂ c ₃ c ₄	101		
6-зсув	c ₆ c ₇ c ₀ c ₁ c ₂ c ₃ c ₄ c ₅	110		
7-зсув	c ₇ c ₀ c ₁ c ₂ c ₃ c ₄ c ₅ c ₆	111	11	

При формуванні сигналів на максимальній швидкості передавання інформації ($\frac{\log_2 N}{\tau \cdot N}$) кожна трійка інформаційних біт замінюється одним з восьми зсувів кодової послідовності розширення спектру сигналів, як і при класичній схемі CSSK-модуляції.

Розглянемо приклад, коли надійшла команда на зміну швидкості передавання інформації до $\frac{(\log_2 N - 1)}{\tau \cdot N}$. В цьому випадку, сигнал формується таким чином. Кожна двійка інформаційних біт замінюється тільки 1, 3, 5 і 7 зрушеннями відповідно до рис. 1. Сигнали при інших швидкостях передачі інформації формуються аналогічно.

Модель дискретного каналу зв'язку з удосконаленою модуляцією циклічним зсувом коду в умовах багатопроменевого розповсюдження радіохвиль.

Для отримання перешкодостійкості сигналів необхідно проведення математичного моделювання каналу зв'язку з удосконаленою CSSK-модуляцією в умовах багатопроменевого розповсюдження радіохвиль.

В роботі [6] запропонована математична модель дискретного каналу зв'язку, що дозволяє досліджувати перешкодостійкість сигналів, з модуляцією циклічним зсувом коду, в умовах багатопроменевого розповсюдження радіохвиль (рис. 1). В моделі забезпечується вибір типу алфавіту сигналу модуляції циклічним зсувом коду, параметрів прямого та віддзеркаленого променів (підсилення та час затримки сигналу).

Моделювання дискретного каналу зв'язку з удосконаленою модуляцією циклічним зсувом коду в умовах багатопроменевого розповсюдження радіохвиль, при використанні різних алфавітів сигналів та характеристик каналу, дозволить дослідити перешкодостійкість різних сигналів, з метою вибору необхідного.

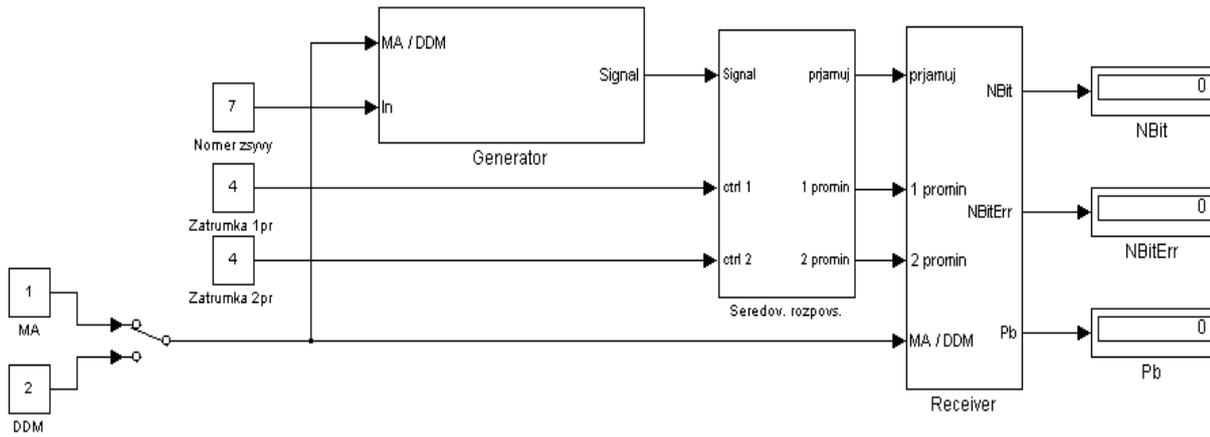


Рис.1. Модель дискретного каналу зв'язку для дослідження перешкодостійкості сигналів удосконаленої CCSK-модуляції в умовах багатопроменевого розповсюдження радіохвиль

Перешкодостійкість сигналів удосконаленої CCSK-модуляції в умовах багатопроменевого розповсюдження радіохвиль.

За результатами моделювання, яке було проведено в середовищі Matlab, отримані залежності ймовірності помилкового прийому інформаційного біта ($P_{пом}$) від співвідношення часу затримки до часу проходження одного чіпа на

вході приймача (τ_3/τ_4) при багатопроменевому розповсюдженні радіохвиль.

Залежності ймовірності помилкового прийому інформаційного біта від співвідношення часу затримки до часу проходження одного чіпа при використанні сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду приведені на рис. 2 (а-в). Співвідношення амплітуд сигналів прямого і віддзеркаленого променю 1:1.

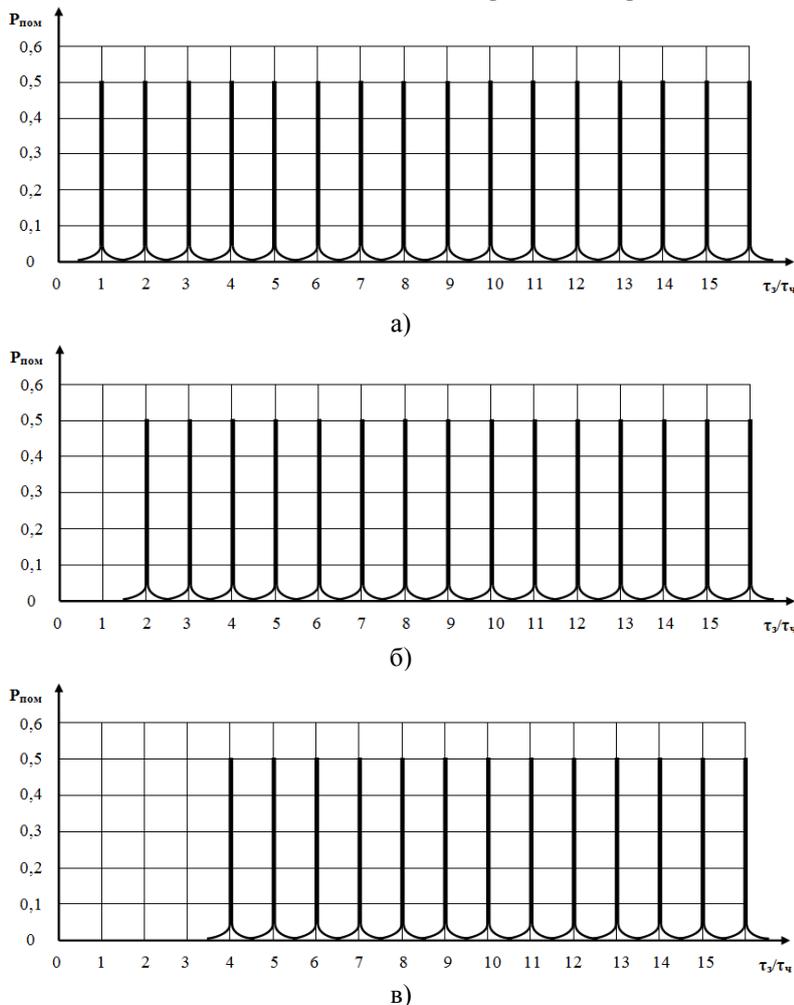


Рис. 2. Залежності ймовірності помилкового прийому інформаційного біта від співвідношення часу затримки до часу проходження одного чіпа при використанні сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду

На рис. 2а приведено залежність ймовірності помилкового прийому інформаційного біту від співвідношення часу затримки до часу проходження одного чіпа для швидкості передавання даних $\frac{\log_2 N}{\tau \cdot N}$.

На рис. 2б та 2в – для швидкостей передавання даних $\frac{(\log_2 N - 1)}{\tau \cdot N}$ і $\frac{(\log_2 N - 2)}{\tau \cdot N}$ відповідно.

За результатами моделювання з використанням сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду, встановлено, що ймовірність помилкового прийому інформаційного біта наближається до 0,5 для максимальної швидкості передавання інформації у випадках, коли час затримки кратний тривалості чіпа, за умови що амплітуди віддзеркалених променів не більші за амплітуду прямого (рис. 2а).

Для швидкості передавання інформації $\frac{(\log_2 N - 1)}{\tau \cdot N}$ (рис. 2б) ймовірність помилкового прийому інформаційного біта вперше наближається до 0,5 при затримці сигналу, кратній тривалості двох чіпів. Далі характеристика аналогічна попередньому випадку.

Для швидкості передавання інформації $\frac{(\log_2 N - 2)}{\tau \cdot N}$ (рис. 2в) ймовірність помилкового прийому інформаційного біта вперше наближається до 0,5 при затримці сигналу, кратній тривалості чотирьох чіпів. Далі характеристика аналогічна випадку, що ілюструє рис. 2а.

Моделювання виконувалось для співвідношення амплітуд прямого і віддзеркаленого променів 1:1.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Таким чином, за результатами моделювання вперше отримані залежності ймовірності помилкового прийому інформаційного біту від співвідношення часу затримки до часу проходження одного чіпа при використанні сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду.

Перспективами подальших досліджень є отримання характеристик перешкодостійкості, структурної та енергетичної стійкості сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду.

Література

1. M. Webster et al. (Jan. 1998), Proposal for a high speed PHY for the 2.4 GHz band, IEEE P802.11-98/47.
 2. Fisher et al. (July 2004), DS-UWB physical layer submission to 802.15 task group 3a, IEEE P802.15-04/01373r3.
 3. G. M. Dillard et al. (July 2003), Cyclic Code Shift Keying: A Low Probability of Intercept Communication Technique, IEEE Trans. Aerosp. Electron. Systems., vol. AES-39, pp. 786–798.
 4. Гепко И. А. Новый класс ортогональных кодов для телекоммуникационных систем CDMA и метод их корреляционного приема, минимизирующий вычислительную сложность цифрового сигнального процессора / И. А. Гепко, А. А. Москаленко // Зв'язок. –

2007. – № 6. – С. 33–39.
 5. Гепко И. А. Свойства ортогональных сигналов с прямым расширением спектра на основе совершенных двоичных матриц и алгоритма их корреляционной обработки / И. А. Гепко, А. А. Москаленко // Радиоэлектроника (Иzv. вузов). – 2008. – № 1-2. – С. 49–60.
 6. Москаленко А. А. Метод синтеза сигналов усовершенствованной модуляции циклическим сдвигом кода с адаптацией по скорости передачи информации / А. А. Москаленко, Г. В. Сокол // Научно-технический журнал Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте, – 2013. – №3 (100). – С. 71–75.

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ СИГНАЛОВ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ МОДУЛЯЦИИ ЦИКЛИЧЕСКИМ СДВИГОМ КОДА С АДАПТАЦИЕЙ ПО СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В УСЛОВИЯХ МНОГОЛУЧЕВОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН

¹Артем Алексеевич Москаленко (канд. техн. наук)

¹Сергей Владимирович Волошко (канд. техн. наук, с.н.с.)

¹Игорь Иванович Слюсарь (канд. техн. наук, доцент)

²Игорь Юрьевич Рубцов

¹Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Полтава, Украина

²Военный институт телекоммуникаций и информатизации, Киев, Украина

В работе представлены результаты сравнительного анализа перспективных методов широкополосной модуляции. Рассмотрены основные принципы построения перспективных радиоинтерфейсов. В результате чего установлено, что желательным свойством методов модуляции сигналов, которые являются кандидатами на использование в перспективных радиоинтерфейсах, есть возможность адаптации к условиям распространения радиоволн. Рассмотрен метод адаптивной модуляции циклическим сдвигом кода с возможностью изменения скорости передачи информации. Представлена модель дискретного канала связи для исследования помехоустойчивости сигналов усовершенствованной CСSK-модуляции в условиях многолучевого распространения радиоволн. Исследована помехоустойчивость сигналов усовершенствованной модуляции циклическим сдвигом кода с адаптацией по скорости передачи информации в условиях многолучевого распространения радиоволн.

Получены зависимости вероятности ошибочного приема информационного бита от соотношения времени задержки ко времени прохождения одного чипа при использовании сигналов усовершенствованной модуляции циклическим сдвигом кода.

Ключевые слова: помехоустойчивость сигналов; модуляция циклическим сдвигом кода; адаптивная модуляция; многолучевое распространение радиоволн.

THE SIGNALS IMMUNITY OF THE IMPROVED MODULATION BY CYCLIC SHIFT WITH ADAPTATION TO INFORMATION TRANSFER RATE IN MULTIMODE PROPAGATION ENVIRONMENT

¹Artem O. Moskalenko (Candidate of Technical Sciences)

¹Serhii V. Voloshko (Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow)

¹Ihor I. Sliusar (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor)

²Igor Y. Rubcov

¹Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine

²Military Institute of Telecommunications and Informatization, Kyiv, Ukraine

The results of comparative analysis of broadband modulation perspective methods are presented. Basic principles of perspective radiointerfaces construction are considered. It is set as a result, that desirable property of signals modulation methods that are candidates on the use in perspective radiointerfaces, is possibility of adaptation to the terms of radio waves distribution. The method of adaptive modulation is considered by the cyclic code shift keying with possibility of information transfer speed change. The model of discrete communication channel is presented for research of the noise immunity of improved CCSK- modulation signals in the conditions of multipath waves propagation. The noise immunity of improved CCSK- modulation signals in the conditions of multipath waves propagation is investigational.

Keywords: the signals immunity; cyclic code shift keying; adaptive modulation; multimode propagation environment.

References

1. M. Webster et al. (1998), "Proposal for a high speed PHY for the 2.4 GHz band," IEEE P802.11-98/47.
2. Fisher et al. (2004), "DS-UWB physical layer submission to 802.15 task group 3a," IEEE P802.15-04/01373r3.
3. G.M. Dillard et al. (2003), Cyclic Code Shift Keying: A Low Probability of Intercept Communication Technique // IEEE Trans. Aerosp. Electron. Systems., vol. AES-39, pp. 786 -798.
4. Gepko I.A., Moskalenko A.A. (2007), New class of orthogonal kodas for the CDMA telecommunication systems and method of their cross-correlation reception, minimizing calculable complication of digital alarm processor. [Novyyi klass ortogonalnykh kodov dlya telekommunikatsionnykh sistem CDMA i metod ih korrelyatsionnogo priema, minimiziruyushiy vyichislitelnyu slozhnost tsifrovogo signalnogo protsessora], Connection, Kyiv, No. 6, pp. 33-
39. 5. Gepko I.A., Moskalenko A.A. (2008), Properties of orthogonal signals with direct expansion of spectrum on the basis of perfect binary matrices and algorithm of their cross-correlation treatment. [Svoystva ortogonalnykh signalov s pryamyim rasshireniem spektra na osnove sovershennykh dvoichnykh matrits i algoritma ih korrelyatsionnoy obrabotki] Radioelectronics, Kyiv, No. 1-2, pp. 49-60.
6. Moskalenko A.A., Sokol G.V. (2013), Method of signals synthesis of the improved cyclic code shift keying with adaptation on speed of information transfer. [Metod sinteza signalov usovershenstvovannoy modulyatsii tsiklicheskim sdivgom koda s adaptatsiey po skorosti peredachi informatsii], Scientific and technical magazine "the Informatively sensor-based systems on a railway transport", Kharkiv, No. №3 (100), pp. 71-75.

Отримано: 17.06.2015 р.

Комп'ютерна верстка: *М.Г. Тищенко, М.О. Масесов, Є.О. Судніков, Д.Л. Демидко*

Засновник і видавець Національний університет оборони України імені Івана Черняховського.
Св-во КВ № 20490-10290ПР. Адреса редакції: 03049, м. Київ, Повітрофлотський пр-т, 28. Тел. (044) 271-09-44.

Підписано до друку 27.08.2015. Формат 60×84 1/8. Ум. друк. а. 24. Тираж 100 прим.

Надруковано у друкарні Національного університету оборони України імені Івана Черняховського.
