

**Синтез та конструктивна реалізація сигнально-кодових конструкцій в каналах з багатопозиційною маніпуляцією в системах супутникового та радіорелейного зв'язку**

**Синтез и конструктивная реализация сигнально-кодовых конструкций в каналах с многопозиционной манипуляцией в системах спутниковой и радиорелейной связи.**

**Synthesis and constructive implementation of signal-code structures in channels with multiposition manipulation in satellite and radio relay communication.**

- 1. Номер державної реєстрації теми - 0113U002491, НТУУ «КПІ» - 2626-п.**
- 2. Науковий керівник -** д.т.н., проф. Уривський Л.О., Урывский Л.А., Uryvsky Leonid O.
- 3. Суть розробки, основні результати.**

(укр.)

Запропоновані рекомендації для конструктивної реалізації сигнально кодових конструкцій в модемах, що застосовуються в радіорелейному та супутниковому зв'язку. Розроблено документацію супроводу щодо впровадження запропонованих модемів у виробничій процес ПАТ «ЕЛМІЗ».

В основу роботи покладена ідея синтезу сигнально-кодових конструкцій для застосування у супутникового та радіорелейного зв'язку із заданими властивостями за критеріями інформаційної ефективності. Це дає можливість уніфікувати систему за використаними сигналами та видами інформації, яка передається з різною швидкістю, забезпечуючи ефективне використання наявних частотних та енергетичних ресурсів.

Авторським колективом вперше розв'язана невизначеність теорем кодування Шеннона для дискретних каналів з заданою достовірністю через точні кількісні співвідношення стосовно блокових та неперервних кодів, а також вперше досліджені на визначені границі продуктивності каналів з багатопозиційними сигналами в структурі сигнально-кодових конструкцій (СКК).

В роботі використані нові методи розв'язання прикладної задачі із застосуванням нових оригінальних ідей та концепцій, у сполученні із фундаментальними положеннями теорії завадостійкості багатопозиційних сигналів, теорії завадостійкого кодування, теорії інформації, теорем Шеннона. Кінцевим результатом є параметри надлишкових кодів та найсучасніших багатопозиційних сигналів, поєднаних у СКК. Обґрунтовано та запатентовано нові технології передачі інформації з використанням багатопозиційних сигналів в поєднанні з швидкісними завадостійкими кодами та одночасним виконанням процедур модуляції/кодування.

(рос.)

Предложенные рекомендации для конструктивной реализации сигнально кодовых конструкций в модемах, применяемых в радиорелейной и спутниковой связи. Разработана документация сопровождения по внедрению предложенных модемов в производственный процесс ОАО «ЭЛМИС».

В основу работы положена идея синтеза сигнально-кодовых конструкций для применения в спутниковой и радиорелейной связи с заданными свойствами по критериям информационной эффективности. Это дает возможность унифицировать систему с использованными сигналами и видами информации, которая передается с разной скоростью, обеспечивая эффективное использование имеющихся частотных и энергетических ресурсов.

Авторским коллективом впервые решена неопределенность теорем кодирования Шеннона для дискретных каналов с заданной достоверностью через точные количественные соотношения по блочных и непрерывных кодов, а также впервые исследованы на определенные границы производительности каналов с многопозиционными сигналами в структуре сигнально-кодовых конструкций (СКК).

В работе использованы новые методы решения прикладной задачи с применением новых оригинальных идей и концепций, в сочетании с фундаментальными положений теории помехоустойчивости многопозиционных сигналов, теории помехоустойчивого кодирования, теории информации, теорем Шеннона. Конечным результатом является параметры избыточных кодов и современных многопозиционных сигналов, объединенных в СКК. Обосновано и запатентовано новые технологии передачи информации с использованием многопозиционных сигналов в сочетании со скоростными помехоустойчивости кодами и одновременным выполнением процедур модуляции / кодирования.

**(англ.)**

The proposed recommendations for implementing constructive signal code constructions in modems used in radio relay and satellite communications. Developed documentation support for implementation of the proposed modems in the production process of PJSC "ELMIZ."

The study is based on the idea of the synthesis signal-code constructions for use in satellite and microwave transmission with desired properties by criteria information efficiency. This makes it possible to unify the system used for the types of signals and information transmitted at different speeds, ensuring efficient use of available frequency and power resources. Writing team for the first time resolved uncertainty coding theorem for the Shannon discrete channels with given accuracy through precise numerical value in relation to the block and continuous codes, and first tested for performance by the border with Multi-channel signals in the structure of signal-code constructions (SCC).

The paper used new methods for solving applied problem with new innovative ideas and concepts, combined with the fundamental principles of the theory of noise immunity multiposition signals, noise-immune coding theory, information theory, Shannon theorem. The end result is excess options and advanced codes multiposition signals combined in SCC. Proved and patented new technology of information transmission using multiposition signals combined with speed and noise immunity codes while performing a modulation / coding.

#### **4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.**

- Патент на корисну модель №94019. Спосіб адаптивного вибору виду багатопозиційної модуляції / Уривськи Л.О., Осипчук С.О., Прокопенко К.А. – опубл. 27 жовтня 2014 р. Бюл. №20

#### **5. Порівняння зі світовими аналогами.**

Наукове досягнення відповідає світовому рівню, тому що в жодному відомому вітчизняному та іноземному дослідженні завадостійких кодів та сигналів не поєднувались завдання підвищення достовірності та досягнення верхньої межі продуктивності каналу передавання інформації. Використання СКК дозволяє значно та скеровано просунутися до теоретичних границь ефективності, що надає суттєву перевагу технічним рішенням, що мають бути запропонованими у роботі, перед відомими методами та конструкціями.

#### **6. Економічна привабливість для просування на ринок**

На сучасному українському ринку представлені деякі аналоги від європейських та азіатських виробників. Європейські зразки відзначаються значною вартістю, а азіатські – обмеженою надійністю. При цьому забезпечення технічного обслуговування виробів є організаційно складним та потребує значних витрат. Запропонований зразок за рахунок виконання його вітчизняними виробниками забезпечує ринково обґрунтовану ціну виробів та суттєво спрощує технічне обслуговування.

**7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).**  
Отримані результати є цікавими для:

- Міністерство освіти і науки у вищих навчальних закладах при підготовці фахівців та наукових кадрів телекомунікаційного профілю.

- Підприємство ПАТ НПО «ЕЛМІЗ» (колишнє державне підприємство «Київський радіозавод»), яке традиційно спеціалізується на виробництві радіотехнічних засобах для реалізації національних та міжнародних космічних програм. До Проекту, що пропонується, є листи-підтримки, що підтверджують можливість використання результатів роботи на підприємствах галузі, зокрема на ПАТ «ЕЛМІЗ» (м. Київ) .
- Вітчизняні підприємства, науково-дослідні та проектно-конструкторські організації (наприклад, «Оріон», «Сатурн») при створенні нових систем, комплексів та засобів зв'язку в дециметровому, сантиметровому та міліметровому діапазонах довжин хвиль.
- Оператор мереж супутникового зв'язку Укркосмос при наданні нових високошвидкісних послуг з відповідною якістю при використанні існуючої та майбутньої телекомунікаційної інфраструктури. Технології інженерії поверхні із керуванням рівня енергетичного впливу на об'єкт можуть застосовуватись на підприємствах та в організаціях різних галузей промисловості: машинобудуванні, металургійному і гірничому комплексах, авіа і суднобудуванні, теплоенергетиці, де широко розповсюджені технології інженерії поверхні і гостро стоїть проблема підвищення ефективності виробництва.
- Суміжних галузей:
  - 01 ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІ НАУКИ (01.05.02 – Математичне моделювання та обчислювальні методи) - математична модель для аналізу сукупності параметрів супутникового та радіорелейного зв'язку;
  - 21 НАЦІОНАЛЬНА БЕЗПЕКА (21.05.00 – Інформаційна безпека) - організація захищеного супутникового для потреб національної безпеки.

## **8. Стан готовності розробки.**

На основі отриманих теоретичних розробок створені нові вимоги та рекомендації щодо розробок модемів, для використання в системах супутникового та радіорелейного зв'язку. Використання СКК дозволяє значно та скеровано просунутися до теоретичних границь ефективності, що надає суттєву перевагу технічним рішенням, що мають бути запропонованими у роботі, перед відомими методами та конструкціями.

## **9. Існуючі результати впровадження.**

Результати роботи впроваджено в навчальний процес у вигляді нового розділу «Інформаційні можливості сигнально-кодових конструкцій» з дисципліни «Прикладна теорія інформації для телекомунікацій», нового розділу «Сигнально-кодові конструкції в телекомунікаціях» з дисципліни «Основи теорії телекомунікацій». За матеріалами роботи захищена одна кандидатська робота за темою «Підвищення інформаційних можливостей каналів з багатопозиційними сигналами в системах безпроводового зв'язку» та одна кандидатська за темою «Підвищення інформаційної ефективності цифрових систем передачі на основі технології множинного перерозподілу ресурсів» підготовлена до захисту.

На замовлення ПАТ «ЕЛМІЗ» авторський колектив виконав ініціативну НДР, за підсумками якої запропоновано технічні рекомендації щодо вдосконалення високошвидкісних модемів для радіорелейних станцій.

## **10. Назва організації, телефон, E-mail**

НТУУ"КПІ", Інститут телекомунікаційних систем, кафедра телекомунікаційних систем, 454-98-10, leonid\_uic@ukr.net

## **11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки**

1. Uryvsky L., Osypchuk S. Analysis of corrective properties of ultra-long LDPC codes // Telecommunication Sciences, Volume 4, Number 1, 2013, pp. 21-26.

2. Uryvsky L., Osypchuk S. OFDM signal energy characteristics research in channel with permanent parameters // *Telecommunication Sciences*, Volume 4, Number 2, 2013, pp. 22-27.
3. Урывский Л.А., Пилипенко А.Ю., Трач Б.А. Asymptotic properties of self-similar traffic models based on discrete-time and continuous-time martingales // *Telecommunication Sciences*, Volume 4, Number 2, 2013, pp. 19-21.
4. Ильченко М.Е., Урывский Л.А. Развитие научного наследия академика В.М. Глушкова в современных телекоммуникационных стратегиях. – К., Кибернетика и системный анализ. – 2013, № 4, с. 76-87
5. Uryvsky L., Osypchuk S. Comparative analysis of LDPC and BCH codes error-correcting capabilities // *Information and Telecommunication Sciences*, Volume 5, Number 1, 2014, pp. 5-9.
6. Uryvsky L., Osypchuk S. The analytical description of regular ldpc codes correcting ability// *Transport and Telecommunication*. – Latvia, ISSN 14076160, Vol. 15, no. 3, pp.177-184.
7. Урывский Л.А. , Мошинская А. В. Алгоритм оценки энергетического потенциала линии оптоволоконной связи // *Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку: науково-виробничий збірник*. – К, 2014 - № 2(30) – С.27-33.
8. Uryvsky L., Moshinska A. The methodology of information capabilities estimation for fiber-optics communication // *Information and Telecommunication Sciences*, Volume 5, Number 1.- К, 2014. – pp. 62-65.
9. Урывский Л.О., Шмігель Б.О. Аналіз продуктивності систем мобільного зв'язку з нано- і пікосотами // *Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку: науково-виробничий збірник*. – К, 2014, № 4(32), с. 5-10.
10. Урывский Л.А., Осипчук С.А. Синтез сигнально-кодовых конструкций для OFDM в канале с постоянными параметрами // *Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку : науково-виробничий збірник*. – К, 2014, № 4(32), с. 41-48.
11. Урывський Л. О. Подолання невизначеності теорем Шеннона про кодування для дискретного каналу з завадами // *Сьома міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій"*, м.Київ, 16–19 квітня 2013 року / *Збірник тез*. — К.: ІТС НТУУ «КПІ». – с. 29-32.
12. Урывский Л.А., Пешкин А.М. Оцінка граничних корегуючих можливостей неперервних кодів через еквівалентні параметри блокових кодів // *Сьома міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій"*, м.Київ, 16–19 квітня 2013 року/ *Збірник тез*. — К.: ІТС НТУУ «КПІ». – с. 350-353.
13. Урывский Л.А., Наталенко А.И. Реалізація векторно-фазового методу оцінювання завадостійкості сигналів із багатопозиційною маніпуляцією високої кратності засобами імітаційного моделювання // *Сьома міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій"*, м.Київ, 16–19 квітня 2013 року / *Збірник тез*. — К.: ІТС НТУУ «КПІ». – с. 354-356.
14. Урывський Л. О., Осипчук С. А. Вплив параметрів перевірконої матриці на коригувальні характеристики LDPC кодів // *Сьома міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій"*, м.Київ, 16–19 квітня 2013 року / *Збірник тез*. — К.: ІТС НТУУ «КПІ». – с. 357-359.
15. Урывский Л.А., Пилипенко А.Ю., Трач Б.А. Асимптотичні властивості моделей опису самоподібного трафіку на основі використання мартингалів з неперервним та дискретним часом // *Сьома міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій"*, м.Київ, 16–19 квітня 2013 року / *Збірник тез*. — К.: ІТС НТУУ «КПІ». – с. 371-373.
16. Урывский Л.А., Осипчук С.А. Методика оценки исправляющей способности сверхдлинных LDPC кодов // *Третя міжнародна науково практична конференція молодих вчених «Інфокомунікації – сучасність та майбутнє»*, м.Одеса, 17-18 жовтня 2013 року/ *Збірник тез*, частина 3.— Одеса: ОНАЗ ім. О.С.Попова. – с. 91-95.
17. Osypchuk S. The analytical description of regular LDPC codes error-correcting ability // *12-та Міжнародна науково-технічна конференція "Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та комп'ютерної інженерії"*. TCSET'2014, 25 лютого - 1 березня 2014 року. Львів-Славськo, Україна.– с.76.
18. Урывский Л.А., Осипчук С.А. Сравнение скорости кодирования LDPC и BCH кодов // *Материалы III международной научно-практической конференции «Академическая наука – проблемы и достижения»*, 20-21 февраля 2014 г.– г. Москва. – с.203-205.
19. Урывский Л.А., Осипчук С.А. Влияние числа поднесущих частот на энергетику ofdm сигнала и достоверность приема информации // *Материалы IV международной научно-практической конференции «21 век: фундаментальная наука и технологии»*, North Charleston, USA, 16-17 июня 2014 г., том 2. – с.132-135.

20. Мошинская, А.В., Урывский Л.А. Использование критериев многоуровневой оптимизации в задачах анализа мультисервисных телекоммуникационных систем // Восьма міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій", 2014 / Збірник тез. – К.: ІТС НТУУ «КПІ». – с.477-480.
21. Урывский Л.А. Прокопенко К.А. Отображение частотно-энергетических характеристик сигнально-кодовых конструкций в координатах обобщенной информационной эффективности // Восьма міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій", 2014 / Збірник тез. – К.: ІТС НТУУ «КПІ». – с. 481-483.
22. Урывский Л.А., Прокопенко Е.А., Осипчук С.А. Оценка информационной эффективности OFDM // Восьма міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій", 2014/ Збірник тез. — К.: ІТС НТУУ «КПІ». – с.484-486.
23. L. Uryvskiy, S. Osypchuk, Code rate of LDPC and traditional antinoise codes comparison // Восьма міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій", 2014 / Збірник тез. — К.: ІТС НТУУ «КПІ». – с. 508-510.
24. Uryvskiy L., Prokopenko K. Determination of block codes correcting properties limits in the space of Shannon axioms // Восьма міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій", 2014 / Збірник тез. – К.: ІТС НТУУ «КПІ». – с. 517-519.
25. Урывский Л.А., Осипчук С.А. OFDM как метод распределения ресурсов системы связи // КрыМиКо-2014, 24-я Международная конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии», 7—13 сентября 2014 г., Севастополь, с. 223-224.
26. Uryvsky L., Osypchuk S. Synthesis of signal-code sequence for OFDM in the channel with permanent parameters // 15th International Radar Symposium, Poland, Gdansk, June 18-20, 2014. – p.p. 31-34.
27. Uryvsky L., Prokopenko K., Vergun S. Maximum source rates search in a noise-immunity channel // V-й Международный Радиоэлектронный Форум «ПРИКЛАДНАЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ» МРФ – 2014, 14-17 жовтня 2014 р., Харків – Харків:ХНУРЕ, 2014.
28. Урывский Л.А. Шмигель Б.О. Порівняння систем мобільного зв'язку з нано- і пікосотами за показниками продуктивності // Третя міжнародна конференція молодих вчених «Інфокомунікації — сучасність та майбутнє». / Збірка тез, ч.1. – Одеса : ОНАЗ, 2014 – с.101-103.
29. Урывский Л.А., Прокопенко Е.А., Вергун С.Н. Анализ максимумов производительности в дискретных каналах связи // Третя міжнародна конференція молодих вчених «Інфокомунікації — сучасність та майбутнє». / Збірка тез, ч.3. – Одеса : ОНАЗ, 2014 – с.69-72.



Стойка з модемом, мультиплексорами і устаткуванням живлення.