

6. Библиотека пользовательских решений Chef [Электронный ресурс] — URL: <https://supermarket.chef.io/> (дата обращения: 10.11.2022)
7. Документация Ansible [Электронный ресурс] — URL: <http://docs.ansible.com/> (дата обращения: 10.11.2022)
8. Модули Ansible [Электронный ресурс] — URL: [http://docs.ansible.com/ansible/list\\_of\\_all\\_modules.html](http://docs.ansible.com/ansible/list_of_all_modules.html) (дата обращения: 10.11.2022)
9. Ansible tower [Электронный ресурс] — URL: <https://www.ansible.com/tower> (дата обращения: 10.11.2022)
10. Документация SaltStack [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.saltstack.com/> (дата обращения: 10.11.2022)
11. Библиотека решений SaltStack для Windows [Электронный ресурс] — URL: <https://docs.saltstack.com/en/latest/topics/windows/windows-package-manager.html> (дата обращения: 10.11.2022)

#### References

1. Lihachev S.V. Udalennoe administrirovanie kompyuterov na platformah Linux i Windows [Elektronnyj resurs] — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/udalennoe-administrirovanie-kompyuterov-na-platformah-linux-i-windows> (data obrashcheniya: 10.11.2022)
2. Teoreticheskie osnovy proektirovaniya kompyuternyh setej / Pod red. V.M. Vishnevskogo. — M.: Tekhnosfera, 2003 g. — 506 s. (data obrashcheniya: 10.11.2022)
3. Dokumentaciya Puppet [Elektronnyj resurs] — URL: <https://docs.puppet.com/> (data obrashcheniya: 10.11.2022)
4. Biblioteka reshenij Puppet [Elektronnyj resurs] — URL: <https://forge.puppet.com/> (data obrashcheniya: 10.11.2022)
5. Dokumentaciya Chef [Elektronnyj resurs] — URL: <https://docs.chef.io/> (data obrashcheniya: 10.11.2022)
6. Biblioteka pol'zovatel'skih reshenij Chef [Elektronnyj resurs] — URL: <https://supermarket.chef.io/> (data obrashcheniya: 10.11.2022)
7. Dokumentaciya Ansible [Elektronnyj resurs] — URL: <http://docs.ansible.com/> (data obrashcheniya: 10.11.2022)
8. Moduli Ansible [Elektronnyj resurs] — URL: [http://docs.ansible.com/ansible/list\\_of\\_all\\_modules.html](http://docs.ansible.com/ansible/list_of_all_modules.html) (data obrashcheniya: 10.11.2022)
9. Ansible tower [Elektronnyj resurs] — URL: <https://www.ansible.com/tower> (data obrashcheniya: 10.11.2022)
10. Dokumentaciya SaltStack [Elektronnyj resurs] — URL: <https://docs.saltstack.com/> (data obrashcheniya: 10.11.2022)
11. Biblioteka reshenij SaltStack dlya Windows [Elektronnyj resurs] — URL: <https://docs.saltstack.com/en/latest/topics/windows/windows-package-manager.html> (data obrashcheniya: 10.11.2022)

УДК 004.621.396.932

DOI: 10.34046/aumsuomt105/42

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО РАДИОЛОКАЦИОННЫМ КАНАЛАМ СВЯЗИ

*И.М. Данцевич, кандидат технических наук, доцент*

*М.Н. Лютикова, кандидат технических наук, доцент*

*Ж.Ж. Жумаев, доктор технических наук, профессор*

В статье исследованы способы формирования адаптивного алгоритма кодирования 8/16 бит на бод сигналов управления или телемеханики с заданными критериями качеств в условиях физически нерасширяемого канала передачи данных. Совмещение систем пеленга и информационного обмена в одной радиолокационной станции, сталкивается с трудностями формирования передаваемого сообщения. Необходимо использовать помехозащищенные методы сверточного кодирования, чтобы в полосе ЛЧМ зондирующего и отраженного сигнала детектировать передаваемые биты сообщений. Формирование широкополосного сигнала с использованием дробного преобразования Фурье позволяет формировать протоколы сообщений мультиплексированием с ортогональным частотным разделением. Предлагаемый способ кодирования позволяет реализовать помехоустойчивое кодирование в соотношении 8 или 16 бит на бод. Побережье большинства стран обустроено по требованиям безопасности мореплавания и имеют достаточное количество совмещенных береговых радиолокационных постов управления, что позволяет реализовать каботажное беспилотное мореплавание. Применение радиосвязи в полосе навигационного радара позволяет реализовать концепцию совмещенной интеллектуальной транспортной системы. Задачами такой системы являются определение позиции (пеленг) наблюдаемого морского подвижного объекта (МПО), а также запрос и ответ телеметрии параметров движения МПО, передачи с борта МПО навигационных данных с радара беспилотного объекта, а также передача крипто защищенных команд с берегового пункта управления.

**Ключевые слова:** телеметрия, кодирование, широкополосный сигнал, амплитудно-фазовая модуляция, квадратурная фазовая модуляция, функция Бесселя первого рода, линейно-частотное модулирование, ортогонально частотное разделение, динамические протоколы.

## ENSURING IMMUNITY OF DATA TRANSMISSION OVER RADAR COMMUNICATION CHANNELS

*I.M. Dantsevich, M. N. Lyutikova, Zh. Zhumayev*

The article explores the ways of forming an adaptive coding algorithm 8/16 bits per baud for control or remote control signals with specified quality criteria in a physically non-expandable data transmission channel. The combination of bearing and information exchange systems in one radar station faces difficulties in forming a transmitted message. It is necessary to use noise-proof methods of convolutional coding in order to detect transmitted message bits in linear frequency modulation band of the probing and reflected signals. The formation of a broadband signal using a fractional Fourier transform provides the formation of message protocols by multiplexing with orthogonal frequency division. The proposed coding method implements error-correcting coding in the ratio of 8 or 16 bits per baud. The use of radio communication in the navigation radar band makes it possible to implement the concept of a combined intelligent transport system.

**Keywords:** telemetry, coding, broadband signal, amplitude-phase modulation, quadrature phase modulation, Bessel function of the first kind, linear-frequency modulation, orthogonal frequency separation, dynamic protocols

### Introduction

Построение систем автономного судовождения методами совмещения радиолокационных постов систем управления движения судами (СУДС) предполагает определения позиции (пеленга) судов классическими методами радиолокации и радиообмена данными и командами управления безэкипажными судами в полосе рабочих частот радиолокационных станций.

Формирование зондирующего сигнала радара происходит с использованием технологии линейно-частотно модулированного (ЛЧМ) сигнала.

Устойчивый информационный обмен с беспилотными морскими подвижными объектами, включая беспилотную авиацию, требует высокоскоростной передачи данных в условиях нерасширяющегося физического канала связи. Информационный обмен предполагает также дуплексную связь, передачу данных с борта беспилотных средств.

Известна концепция ко-радара [1] предполагающая совмещение радиолокационной и коммуникационной информационных составляющих в интеллектуальных транспортных системах (ИТС). В работе рассматривается кодирование радиолокационного сигнала, представляющего собой последовательность линейно-частотно модулированной (ЛЧМ) последовательности и информационной составляющей с ортогональным частотным разделением (OFDM).

Передача данных в каналах радиолокационных систем осуществляется с использованием различных видов модуляции. Выбор типа модуляции зависит от решаемой задачи и от характеристик канала. При цифровой передаче требуемое соотношение сигнал/шум составляет 10-12 дБ [8].

При организации канала с использованием радиолокационных систем в условиях моря имеет

определённые особенности, связанные с влиянием брызг в условиях волнения, переотражения от водной поверхности, гидрометеоров и льдов [2].

Частотная модуляция менее чувствительна к различного рода амплитудным флуктуациям сигнала [3-4], по этим причинам наибольшее распространение в высокоскоростных модемах получили методы:

- QAM (Quadrature Amplitude Modulation) – амплитудно-фазовая модуляция обеспечивает кодирование 8 бит на бод,

- QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying) – квадратурная фазовая модуляция, использующая 4 фиксированных значений фазы, требует в два раза более узкую полосу пропускания по сравнению с QAM.

Остальные способы частотной модуляции используют эти методы кодирования сигнала в различных вариациях.

Перспективными считаются методы свёрточного кодирования [5-6]. Помехозащищённость в системах свёрточного кодирования достигается добавлением избыточного элемента в несущий сигнал. Передаваемый символ кодируется результатом свёртки несущего колебания и избыточного колебания [9-10].

Перспективным представляется использование систем, анализирующих всю совокупность параметров сигнала. С расширением полосы сигнала увеличивается достижимое соотношение сигнал/шум.

### 1 Materials and Methods

Рассмотрим широкополосный сигнал, представляющий суперпозицию определенного числа синусоид [7; 10-12]:

$$Y(t) = \text{Re}[A \exp(j\omega_0 t + j\phi_0 + j\beta \sin(\Omega t + \theta_0))] = \text{Re}[A \exp(j\omega_0 t + j\phi_0) \exp(j\beta \sin(\Omega t + \theta_0))] \quad (1)$$

где  $\beta$  – индекс модуляции.

Разложим  $\exp(j\beta \sin x)$  в ряд Фурье:

$$\exp(j\beta \sin x) = \sum_{-\infty}^{\infty} J_k(\beta) \exp(jkx) \quad (2)$$

где  $J_k(\beta)$  – функция Бесселя первого рода, порядка  $k$  от аргумента  $\beta$  (рис. 1).

Рассмотренный подход позволяет выбрать оптимальный способ кодирования сигнала, 8 бит на бод или 16 бит на бод при организации протокола обмена различных первичных устройств телеметрии с устройствами обработки данных в зависимости от возможностей канала передачи данных.

Учитывая высокую несущую частоту сигнала, достижимая скорость передачи данных может составлять величину 1-10 Гбит/с.

Можно также сказать, что

$$\begin{aligned} Y_{\text{м}}(t) &= \text{Re}[A \exp(j\omega_0 t + j\phi_0) \cdot \\ &\sum_{-\infty}^{\infty} J_k(\beta) \exp(jk(\Omega t + \theta_0))] = \\ &= A \cdot \sum_{-\infty}^{\infty} J_k(\beta) \cos((\omega_0 + k\Omega)t + \phi_0 + k\theta_0). \end{aligned} \quad (3)$$

Увеличения числа битов на бод приводит к расширению спектра составляющих сигнала с вложенными частотами  $\omega_0 + k\Omega$ .

Каждая  $k$  гармоника пропорциональна значению функции Бесселя с аргументом, соответствующего индексу модуляции  $\beta$ .

Соотношение индекса угловой модуляции и порядка функции Бесселя при эффективной ширине спектра

$$\Delta f = 2\Omega, \quad (4)$$

где  $\Omega$  – несущая частота.

Рассмотрим условия модуляции при малых индексах  $\beta \ll 1$ , с использованием формулы Эйлера преобразуем результат (3)

$$\begin{aligned} Y_{\text{м}}(t) &= \text{Re}[A \exp(j\omega_0 t + j\phi_0) \cdot \\ &\sum_{-\infty}^{\infty} J_k(\beta) \exp(jk(\Omega t + \theta_0))] = A \cos(\omega_0 t + \phi_0) \cos(\beta \sin(\Omega t + \theta_0)) - \\ &- A \sin(\omega_0 t + \phi_0) \sin(\beta \sin(\Omega t + \theta_0)). \end{aligned} \quad (5)$$

Учитывая условия задачи

$$Y_{\text{м}}(t) = A \cos(\omega_0 t + \phi_0) - A \sin(\omega_0 t + \phi_0) \beta \sin(\Omega t + \theta_0). \quad (6)$$

Используя формулу полу разности  $\cos$

$$Y_{\text{м}}(t) = A \cos(\omega_0 t + \phi_0) - A \frac{\beta}{2} \cos((\omega_0 + \Omega)t + \phi_0 + \theta_0) + A \frac{\beta}{2} \cos((\omega_0 - \Omega)t + \phi_0 + \theta_0). \quad (7)$$

Знак «-» во второй полу сумме соответствует угловой модуляции при кодировании сигнала.

Необходимость применения модема, использующие сверточное кодирование в телекоммуникационных сетях позволяют достигать скорости передачи 11 Гбит/с. При этом в одном сим-

воле передаётся два бита информации (при использовании, например, алгоритма Витерби). В настоящее время проблемы декодирования сигнала имеют значительные вычислительные трудности. Оптимизация свёрточных протоколов путём применения функций Бесселя, реализуется применением дополнительного колебания с удвоенной частотой. Теоретически возможное количество передаваемых бит на полный оборот фазы основного несущего колебания достигает восьми символов.

## 2 Results

Задавая уровни модуляции, построим графики нескольких частот функции Бесселя, с использованием средств пакета Matlab (рисунок 1).

Зависимости характеризуют набор гармоник, применяемый для различного индекса модуляции  $\beta$  в функциях Бесселя, с ортогональным разделением в базисе Фурье.

Соответственно спектры колебаний, построенных по функциям Бесселя при индексах модуляции  $\beta = 1, 10, 100$  (рисунок 2) позволяют применять кодирование сигнала с поворотом фазы на различные углы, обеспечивающее расширение полосы сигнала с кодированием различного числа бит на бод.

Исследование соотношения индекса модуляции  $\beta$  и порядка функции Бесселя  $k$  (рисунок 3) показывает, затухание функции с ростом порядка при неизменном индексе модуляции.

Применение специальных свёрточных кодеров при реализации избыточного кодирования предусматривает включение специального пунктурного кодера, задачей которого, является удаление из принимаемой последовательности определённого бита. При известном законе кодирования (применения крипто защищённых кодов.) и длине последовательности позволяет изменять в динамическом режиме длину выходной последовательности [3;11].

Оптимальной соотношение скорости обмена с полосой пропускания канала от длины маршрута возможно применением динамического способа организации протокола обмена в телеметрической сети. Рассмотренное решение актуально в связи с наличием даже в пределах одного предприятия транспорта (морской порт) различных по своим параметрам каналов передачи данных [15-16].

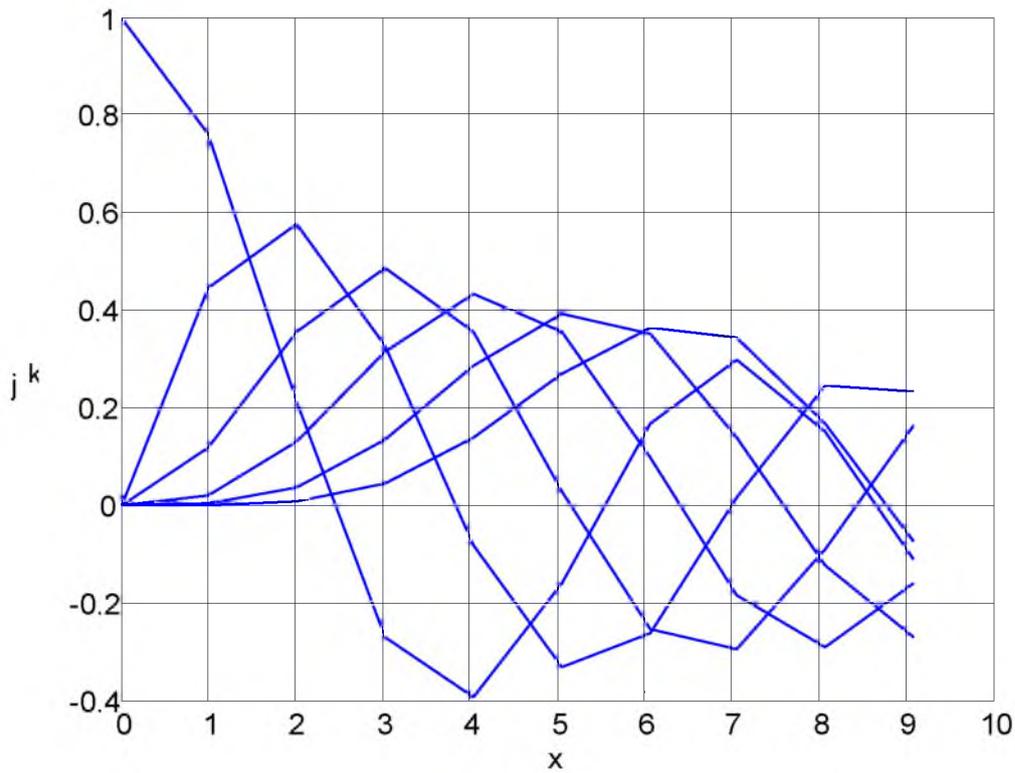


Рисунок 1 – Семейство функций Бесселя первого рода. Наибольшей амплитудой обладает функция Бесселя нулевого порядка, далее первого, второго и с предельной длительностью гармонической составляющей – пятого порядка

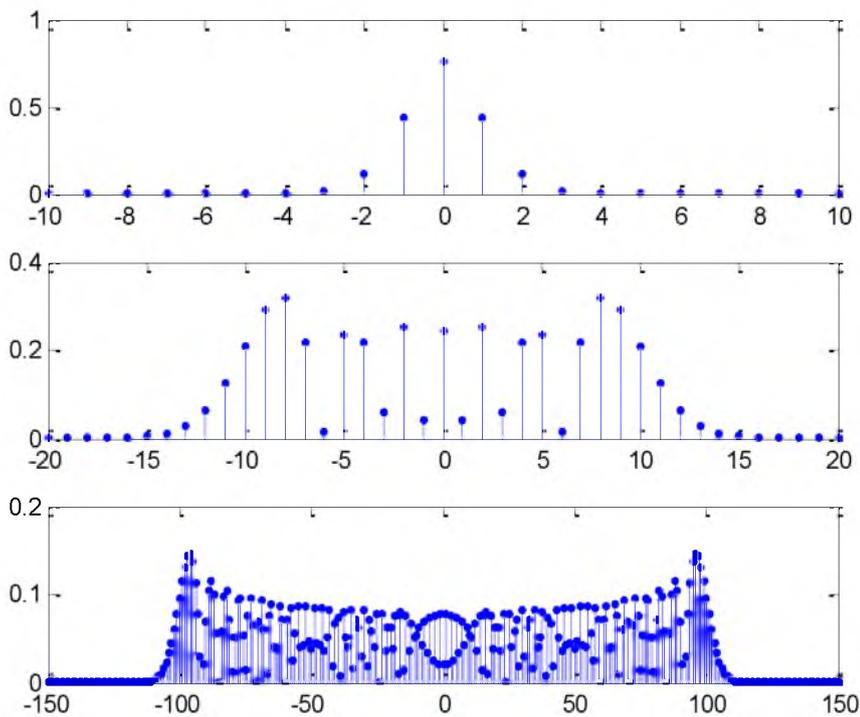


Рисунок 2 – Амплитудный спектр сигнала с гармонической модуляцией с различными индексами  $\beta$  (1-верхняя спектрограмма, 10– средняя, 100 – нижняя)

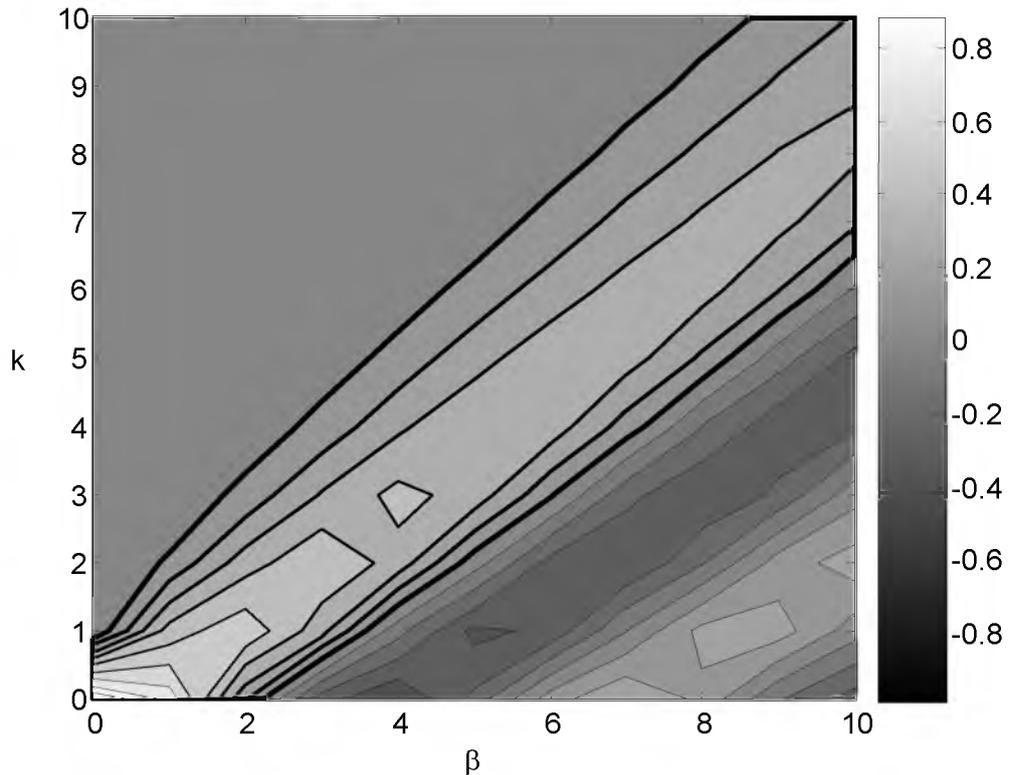


Рисунок 3 – Спектрограмма зависимости функции Бесселя от аргумента  $\beta$  (глубины модуляции) и  $k$  – порядка функции. Эффективная ширина спектра пропорциональна удвоенному значению  $\beta$ . Предельное значение  $\beta$  и  $k$  равно 10.

### 3 Discussion

Изменение индекса модуляции приводит к пропорциональному расширению спектра сигнала, в то же время при формировании сигнала информационного обмена необходимо учитывать явление интерференции, и формировании Доплеровской составляющей в радиолокационном сигнале.

В работе [4] предлагается частотное разделение доплеровских и информационных сигналов, с назначением приоритетов по типу первичен радар как навигационная система, информационный канал использует повторный запрос при восстановлении потери части сообщения. Приоритет радара может изменяться по необходимости пересмотра важности сообщения.

Угловая скорость морского объекта не является большой в сравнение с процессами формирования сигналов зондирования и оценки отражённого сигнала. То есть формирование пеленга на цель может происходить через несколько периодов запроса позиции МПО [12-14]. И уже по расчётным характеристикам траектории формировать запрос на уточнение позиции МПО. В период между запросом на уточнение пеленга, обработка

информации обеспечивается по информационной составляющей канала.

Учитывая обустроенность любого освоенного побережья современными средствами радиолокационного контроля, позволяет использовать радиолокационную сеть. Причем авторами рассмотрена концепция «пассивной» радиолокационной сети. При таком подходе может использоваться одна РЛС как станция запроса, а несколько других станциями пассивного приёма информации.

При организации такого системного обзора, оправдано применение сети с обучением по формируемым признакам полосы пропускания радиолокационного и информационного канала.

При этом отдельным вопросом исследования, определяющим соотношение скорости передачи данных и уверенный приём в пределах минимального числа передаваемых пакетов, являются параметры сети.

Интересным подходом строит признать использование боковых лепестков диаграммы направленности радиолокационных антенн, что позволяет в основной полосе спектра принимаемого сигнала использовать крайние значения

спектра принимаемого сигнала. При этом не требуется обучение радиолокационной сети и назначения приоритетов и системного управления запросами и пассивными режимами работы РЛС.

Назначение закона изменения битовой последовательности внесением определённых составляющих позволяет сформировать определённый «алфавит» и в приёмники применить фильтрацию в частотной области посредством применения процедуры дополнения «нулями» принимаемой последовательности и круговой свёртки принимаемой последовательности с преамбулой алфавита.

В этом случае необходимо сформировать функцию эффективности (AF) позволяющую декодировать с желаемыми критериями качества битовые последовательности, учитывая затухания, переотражения, дифракцию, интерференцию, и другие влияющие параметры прохождения радиолокационного сигнала [2].

В нашей работе используется более развитый подход, предусматривающий формирование широкополосного сигнала с использованием дробного преобразования Фурье, что позволяет формировать протоколы сообщений мультиплексированием с ортогональным частотным разделением.

Можно также сказать, что рассматриваемая проблема исследуется в двух формулировках:

– применение многопозиционной радиолокационной станции, основной и двух или более подчинённых с формированием запроса от ведущей станции и приёма сигналов телекоммуникационной сети на два пассивных приёмника;

– применение частотного ортогонального разделения кодирующей последовательности, при такой организации можно использовать однопозиционную радиолокационную систему.

Реализация информационной сети с использованием радиолокационных сетей на базе существующих и разрабатываемых систем обработки информации допускает применения технологий одноплатных компьютеров во всех рассматриваемых случаях критериями правильности принятия решений является вероятности битовой ошибки.

Перспективные информационные сети используют технологии многофункциональных узлов обработки информации, вероятности битовых ошибок уменьшаются методами синхронизации сетей и декодирования сообщений.

Предложенный подход позволяет отказаться от формирования ковариационной интерференционной матрицы помех, учёт помех при

формировании луча радиолокационной информационной системы происходит на основе методов динамического формирования протоколов и кодирования с ортогональным частотным разделением в совмещённых системах радиолокационной связи

#### 4 Conclusion

Однопозиционная радиолокационная система, применяемая как станция управления и контроля беспилотного судовождения или управляющей системы других аналогичных комплексов является предпочтительным вариантом создания разветвлённой сети обеспечения безопасности применения беспилотных морских подвижных объектов.

Использование 8 или 16 битного кодирования на 1 бод информации, приводит к динамическому изменению ширины спектра сообщения, формируемого по запросу зондирующей радиолокационной системой. Удержание пеленга от радиолокационной системы позволяет получить точное местоположение с возможностью уточнения при использовании вспомогательных станций (многопозиционная радиолокационная система). Передаваемые команды управления позволяют в режиме реального времени управлять морским подвижным объектом, а также получать данные телеметрии и телемеханики с дистанционно управляемого объекта.

Динамические протоколы применяемые для кодирования информации в полосе радиолокационной информационной системы допускают создания библиотек информационных сообщений. Декодирование сообщений обеспечивается свёрточным кодированием, для чего используется библиотечная и принимаемая последовательности.

#### Литература

1. Мартоне А., Амин М. Взгляд на сосуществование радиолокационных и коммуникационных систем и их двойную функциональность в эпоху спектрального зондирования // Цифровая обработка сигналов. – 2021. – Т. 119. – С. 103135.
2. Чжан Н. и др. Применение алгоритма обработки радиолокационных сигналов и отображения изображений на основе компьютерной аппаратной системы в обработке разведанных // Микропроцессоры и микросистемы. – 2021. – Т. 81. – С. 103747.
3. Акилдиз И. Ф., Ло Б. Ф., Балакришнан Р. Совместное зондирование спектра в когнитивных радиосетях: обзор // Физическая коммуникация. – 2011. – Т. 4. – №. 1. – С. 40-62.
4. Ван Л. и др. Сортировка радиолокационных сигналов на основе роя БПЛА с помощью объединения данных из нескольких источников:

- система обучения глубокой передаче // Слияние информации. – 2022. – Т. 78. – С. 90-101.
5. Бузенков И. И., Тюфанова А. А., Халеева Е. П. О возможности организации связи для электронной навигации в прибрежной зоне с использованием радиотехнических постов системы управления движением судов // Журнал физики: Серия конференций. – IOP Publishing. – 2021. – Т. 2061. – №. 1. – С. 012110.
  6. Данцевич И. М., Лютикова М. Н. Геоинформационная лаборатория для определения объектов беспилотными летательными аппаратами // Серия конференций IOP: наука о земле и окружающей среде. – IOP Publishing, 2021. – Т. 745. – №. 1. – С. 012028.
  7. Си У., Ло Дж., Дэн З. Распознавание и локализация радиолокационных сигналов на основе многомасштабной модели легкого внимания // Журнал датчиков. – 2022. – Т. 2022.
  8. Макаренко С. И., Иванов М. С., Попов С. А. Помехозащищенность систем связи с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты. – 2013.
  9. Васильев К. К. и др. Создание мобильной многопозиционной радиолокационной системы на основе канала связи РТК-2 и современных методов обработки радиолокационной информации // Автоматизация процессов управления. – 2012. – №. 4. – С. 34-39.
  10. Гуляев Ю. В. и др. Информационные технологии на основе динамического хаоса для передачи, обработки, хранения и защиты информации // Радиотехника и электроника. – 2003. – Т. 48. – №. 10. – С. 1157-1185.
  11. Данцевич И. М., Лютикова М. Н., Новиков А. Ю. И Осмуха С. А. (2020, июнь). Анализ динамики нелинейной системы в вейвлет-базисе Морле. В серии конференций IOP: Материаловедение и инженерия. Том 873, № 1, стр. 012035). Издательство IOP Publishing.
  12. Жумаев, Ж.Ж. Относительная регулярность движения и радиолокационная обработка данных. Приложения в электронике и вычислительных системах. Т. 971. стр. 188-199. Спрингер, Чем.
  13. Жумаев, Ж., Бораш, Б., Жумаев, К., Бораш, А., & Смагулова, Е. (2021, октябрь). Зависимость элементов относительного движения от истинных параметров движения кораблей. В серии конференций IOP: Наука о Земле и окружающей среде (том 872, № 1, стр. 012013). Публикация IOP.
  14. Жумаев Ж., Жумаев К., Рахидуллин А., Тенельгенов Б., Жардем Т. Исследование изменений элементов относительного движения от изменений элементов истинного движения. Эксплуатация морского транспорта, (1) 102, 54-58.
  15. Тюфанова, А. А. Способы компенсации и нейтрализации структурных помех в широкополосных радионавигационных системах // Эксплуатация морского транспорта. – 2020. – №. 4. – С. 132-140.
  16. Бузенков И. И., Тюфанова А. А. Анализ электромагнитной совместимости радиопередающего оборудования центра системы управления движением судов на примере порта Новороссийск // Эксплуатация морского транспорта. – 2021. – №. 2. – С. 120-136.

## References

- 1 Martone, A., & Amin, M. (2021). A view on radar and communication systems coexistence and dual functionality in the era of spectrum sensing. *Digital Signal Processing*, 119, 103135.
- 2 Zhang, N., Xie, H., Li, J., & Chen, H. (2021). Application of radar signal processing and image display algorithm based on computer hardware system in intelligence processing. *Microprocessors and Microsystems*, 81, 103747.
- 3 Akyildiz, I. F., Lo, B. F., & Balakrishnan, R. (2011). Cooperative spectrum sensing in cognitive radio networks: A survey. *Physical communication*, 4(1), 40-62.
- 4 Wan, L., Liu, R., Sun, L., Nie, H., & Wang, X. (2022). UAV swarm based radar signal sorting via multi-source data fusion: A deep transfer learning framework. *Information Fusion*, 78, 90-101.
- 5 Buzenkov, I. I., Tyufanova, A. A., & Khaleeva, E. P. (2021, October). On the possibility of organizing communication for e-Navigation in the coastal zone using radio-technical posts of the vessel traffic control system. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2061, No. 1, p. 012110). IOP Publishing.
- 6 Dantsevich I. M., Lyutikova M. N. Geoinformation laboratory for determining objects by unmanned aerial vehicles // IOP conference series: earth and environmental science. – IOP Publishing, 2021. – Т. 745. – №. 1. – С. 012028.
- 7 Si, W., Luo, J., & Deng, Z. (2022). Radar Signal Recognition and Localization Based on Multiscale Lightweight Attention Model. *Journal of Sensors*, 2022.
- 8 Makarenko S. I., Ivanov M. S., Popov S. A. Noise immunity of communication systems with pseudorandom tuning of the operating frequency. – 2013.
- 9 Vasiliev KK et al. Creation of a mobile multi-position radar system based on the RTK-2 communication channel and modern methods of processing radar information // Automation of control processes. – 2012. – no. 4. - С. 34-39.
- 10 Gulyaev Yu. V. et al. Information technologies based on dynamic chaos for transmission, processing, storage and protection of information // Radio engineering and electronics. - 2003. - Т. 48. - No. 10. - S. 1157-1185.
- 11 Dantsevich I. M., Lyutikova M. N., Novikov A. Yu., and Osmukha S. A. (2020, June). Analysis of the dynamics of a nonlinear system in the Morlet

- wavelet basis. In the IOP conference series: Materials Science and Engineering. Volume 873, No. 1, page 012035). IOP Publishing.
- 12 Zhumaev, Z. (2023). Relative Motion Regularity and Radar Data Processing. In: Dantsevich, I., Samoilenko, I. (eds) Applications in Electronics and Computing Systems. AECS 2022. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 971. Springer, Cham.
  - 13 Zhumaev, Zh., Borash, B., Zhumaev, K., Borash, A., & Smagulova, E. (2021, October). Dependence of the elements of relative movement on the true parameters of the movement of ships. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 872, No. 1, p. 012013). IOP Publishing.
  - 14 Zhumaev Zh., Zhumaev K., Rakhidullin A., Tenelgenov B., Zhardem T. Study of changes in elements of relative movement from changes in elements of true movement. *Operation of sea transport*, (1) 102, 54-58.
  - 15 Tyufanova, A. A. Methods of compensation and neutralization of structural interference in shiprockband radio navigation systems//*Operation of sea transport*. – 2020. – №. 4. - S. 132-140.
  - 16 Buzenkov I.I., Tyufanova A.A. Analysis of electromagnetic compatibility of radio broadcasting equipment of the center of the ship traffic control system on the example of the port of Novorossiysk//*Operation of sea transport*. – 2021. – №. 2. - С. 120-136.

УДК 656.61

DOI: 10.34046/aumsuomt105/43

## ОСОБЕННОСТИ ТРЕНАЖЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ СУДОВОДИТЕЛЕЙ МАНС

*А.Л. Боран-Кешишьян, кандидат технических наук, доцент*

*В.В. Якунчиков, кандидат технических наук, доцент,*

Развитие информационных технологий сформировало глобальную тенденцию на автономизацию производственных и транспортных процессов в различных отраслях промышленности, сферах услуг и логистических системах. В этом направлении значительные успехи достигнуты в сфере морского транспорта где полным ходом идет проработка всех компонентов организации автономной навигации – прорабатываются и принимаются необходимые документы, проектируются требуемые системы, проводятся соответствующие исследования. В условиях перехода флота на МАНС тренажеры станут основным местом тренинга операторов МАНС.

В настоящей статье на основе анализа отечественного и зарубежного опыта рассматриваются особенности тренажерной подготовки судоводителей МАНС.

**Ключевые слова:** автономная навигация, безопасность мореплавания, оператор, особенности, судоводители, тренажер, тренажерная подготовка.

## FEATURES OF SIMULATOR TRAINING OF MANS BOATMASTERS

*A.L. Boran-Keshishyan, V.V. Yakunchikov*

The development of information technologies has formed a global trend towards the autonomization of production and transport processes in various industries, services and logistics systems. In this direction, significant progress has been achieved in the field of maritime transport, where all components of the organization of autonomous navigation are being worked out at full speed – the necessary documents are being worked out and accepted, the required systems are being designed, and relevant studies are being conducted. In the conditions of the fleet's transition to MANS, simulators will become the main training place for MANS operators.

**Keywords:** autonomous navigation, navigation safety, operator, features, boatmasters, simulator, simulator training.

**Введение.** Автономная навигация подразумевает исключение человеческого фактора из процессов навигации судна и организации постоянного дистанционного мониторинга. Именно проблематика снижения негативного влияния человеческого фактора на безопасность мореплавания и дало мощный импульс к переходу флота на МАНС (морские автономные и дистанционно управляемые надводные суда).

В зависимости от степени автоматизации автономное судно является: — полуавтономным судном, если степень автоматизации судна позво-

ляет не осуществлять постоянный контроль за судовыми машинами, механизмами и приборами (нести ходовую вахту), а также не осуществлять постоянное управление движением судна силами экипажа судна, который ведет общее наблюдение за судном и, в случае необходимости, осуществляет управление судном, его машинами и механизмами, или не осуществлять управление движением судна силами экипажа, который, в случае необходимости, принимает меры по восстановлению нормальной работы судовых машин, механизмов и приборов; — полностью автономным