

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УКХ РАДІОЗВ'ЯЗКУ МОРСЬКОГО СУДНОПЛАВСТВА

Задля поліпшення експлуатаційних характеристик УКХ радіо-телефонії розроблено інтегровану систему засобів радіозв'язку і навігації, запропоновано алгоритм обробки звукових сигналів за технологією цифрових водяних знаків з мінімізацією спотворень, що вносяться, для реалізації функції радіотелефонних передач. Розроблена система побудована на основі конвенційного морського обладнання зв'язку і навігації, цілком сумісна з діючим обладнанням зв'язку і навігації і експлуатаційними процедурами, може також бути використана на берегових станціях управління рухом суден і рятувально-координаційних центрах.

Ключові слова: *УКХ радіотелефонний зв'язок, цифровий вибіркового виклик, електронна картографічна навігаційна інформаційна система, автоматична ідентифікація, цифрові водяні знаки.*

Для улучшения эксплуатационных характеристик УКВ радио-телефонии разработана интегрированная система средств радиосвязи и навигации, предложен алгоритм обработки звуковых сигналов по технологии цифровых водяных знаков с минимизацией вносимых искажений для реализации функции автоматической идентификации радиотелефонных передач. Разработанная система построена на основе конвенционного морского судового оборудования связи и навигации, полностью совместима с действующим оборудованием и эксплуатационными процедурами, может также использоваться на береговых станциях управления движением судов и спасательных-координационных центрах.

Ключевые слова: *УКВ радиотелефонная связь, цифровой избирательный вызов, электронная картографическая навигационная информационная система, автоматическая идентификация, цифровые водяные знаки.*

For the improvement purpose of VHF radiotelephony operational characteristic the integrated system of radiocommunication and navigation means is designed, audio signal processing algorithm by digital watermarks technology is proposed for implementation automatic identification function of radiotelephone transmissions. The designed system is constructed on the base of conventional maritime ship equipment for communication and navigation, it is fully compatible with the operating equipment and operational procedures, may be also used on the coast vessel traffic systems and rescue coordination centres.

Key words: *VHF radiotelephone communication, digital selective calling, electronic chart display information system, automatic identification, digital watermarks.*

Постановка проблеми. Нині в морському радіозв'язку використовуються аналогова радіо-телефонія і цифровий вибіркового виклик (ЦВВ) у частотних діапазонах ультракоротких, проміжних і коротких хвиль (УКХ, ПХ і КХ відповідно). При цьому ЦВВ застосовується для сповіщення про лихо і для виклику судових і берегових станцій з наступним радіотелефонним обміном. УКХ система забезпечує зв'язок на малій відстані (приблизно 30-50 морських миль). Істотними недоліками існуючої системи УКХ радіозв'язку на морі є: 1) складність практичного використання апаратури ЦВВ, що призводить до зневаги ЦВВ як первинним етапом морського радіозв'язку і 2) відсутність в радіо-телефонії технічної можливості автоматичної ідентифікації (АІ) передавальної станції. Голосова

ідентифікація оператора передавальної станції значною мірою залежить від «людського чинника» і тому може бути відсутньою взагалі, передана із затримкою або сприйнята з помилками, що в істотній мірі може позначитися на безпеці судноплавства, особливо в складних навігаційних умовах, що вимагають оперативних рішень в управлінні судном.

У той же час, слід відзначити інтенсивне впровадження сучасних навігаційних систем, зокрема, автоматичної ідентифікаційної системи (АІС) суден та електронної картографічної навігаційної інформаційної системи (ЕКНІС). АІС є обов'язковою для встановлення на морські судна валовою місткістю 300 і більше реєстрових тон, а ЕКНІС впроваджується поетапно і має стати обов'язковою в термін до 2018 року. Зазначені системи самі по собі

підвищують безпеку мореплавства, а також дають важливу для вахтового судноводія інформацію, яка може бути використана для встановлення радіозв'язку.

Аналіз досліджень та публікацій. Недоліки УКХ зв'язку з використанням ЦВВ, які виявляються при практичному використанні апаратури ЦВВ, відзначаються, наприклад, у пропозиції Фінляндії щодо його вдосконалення [1]. Суднова АІС забезпечує визначення навігаційного розташування суден на відстані дії УКХ зв'язку. Завдяки дії АІС вахтовий офіцер має змогу отримувати важливу інформацію щодо статичних, динамічних та рейсових даних суден у найближчому оточенні. Наприклад, на основі статистичного аналізу про інформацію АІС [2], яка застосовується судноводієм, відмічається, що інформація необхідна для встановлення УКХ зв'язку, – цифровий ідентифікатор судна (MMSI – maritime mobile service identity), назва та позивний сигнал судна – використовується найбільш часто порівняно з рештою параметрів. Але ця інформація має бути вручну введена в апаратуру ЦВВ, проте є усі технічні передумови для автоматичного формування ЦВВ. Підвищення рівня автоматизації взагалі є одним з головних підходів для зниження ризику «людського чинника» у морських інцидентах [3]. Відома система радіотелефонного зв'язку [4], в якій після мовного повідомлення передається MMSI у форматі ЦВВ. Ця система застосовується на річкових суднах континентальної Європи. Але передавання MMSI після закінчення самого повідомлення потребує додаткового часу і не дозволяє ідентифікувати судно, що передає, на початку мовного повідомлення. Принципово новий підхід автоматичної ідентифікації (АІ) радіотелефонних повідомлень на основі технології цифрових водяних знаків [5] потребує подальшого розвитку алгоритмів обробки сигналів.

Метою роботи є обґрунтування технічних можливостей і переваг спільного використання суднових систем УКХ зв'язку і навігації АІС, ЕКНІС і застосування технології ЦВЗ у морському радіотелефонному зв'язку. При цьому припускається, що поставлена мета має бути вирішена в рамках існуючих конвенційних засобів суднового обладнання і експлуатаційних процедур радіозв'язку і навігації.

Інтегрування суднових систем навігації і зв'язку. ЦВВ є однією з основних підсистем радіозв'язку в глобальній морській системі зв'язку у разі лиха та забезпечення безпеки (ГМЗЛБ). Вона введена як доповнення до традиційного радіотелефонного зв'язку і є обов'язковою в ГМЗЛБ. Відповідно до норм регламенту радіозв'язку всім радіотелефонним

передачам із будь-яким пріоритетом важливості (лихо, терміновість, безпека, звичайний) повинен передувати відповідний цифровий вибірково виклик. Проте на практиці процедури радіозв'язку з використанням ЦВВ постійно порушуються як у випадках лиха, так і при зв'язку з іншими пріоритетами. Зокрема, в УКХ діапазоні для викликів із звичайним пріоритетом використовується канал 16, як це передбачалося процедурою виклику в старій системі, замість використання ЦВВ на 70-му каналі.

Причинами таких порушень є: складність ручної процедури формування ЦВВ, відмінність інтерфейсів апаратури ЦВВ різних виробників, переважаність меню формування викликів другорядними процедурами. Судноводії практично нехтують процедурою ЦВВ і безпосередньо передають мовне повідомлення на каналі 16. Наприклад, у ситуаціях, коли судно має намір зробити який-небудь маневр і поблизу знаходиться інше судно, що заважає цьому маневру, судноводій на практиці минає ЦВВ і виходить в ефір безпосередньо на каналі 16. Проте така зневага ЦВВ не прискорює надійний і адресний УКХ радіозв'язок, оскільки досить тривалий час може знадобитися для голосової ідентифікації судна, що викликається / або викликає, серед інших суден. Оскільки в морському зв'язку радіопередачі ведуться у ширококомовному режимі, то судно, що викликає, повинне словесно пояснити, до якого судна адресований виклик і саме судно, що викликається, повинно швидко зрозуміти, що до нього звертається саме це судно з представленням його навігаційного положення серед інших судів. Як відмічено в документі COMSAR [1], «іноді необхідно викликати невідоме судно, наприклад: Судно за буєм ... викликає судно Які ваші наміри?» і, з іншого боку, «будь-який виклик ЦВВ, яким би простим він не був, вимагає більшого часу, чим зняття трубки і здійснення виклику по радіотелефону».

Таким чином, ЦВВ у його теперішньому стані не підходить для оперативного радіозв'язку і потребує модифікації. У будь-якому випадку, використовуючи або нехтуючи ЦВВ, двостороння УКХ радіотелефонія має недолік, що полягає у відсутності швидкої, зрозумілої і надійної ідентифікації суден, що беруть участь у переговорах.

Суднова АІС призначена для постійного обміну в межах дальності УКХ зв'язку статичними, динамічними та рейсовими параметрами судна. АІС підключається до ЕКНІС разом з іншими постачальниками навігаційної інформації: приймач GPS, гірокомпас, ехолот тощо. Загальну схему підключень наведено на рис. 1.

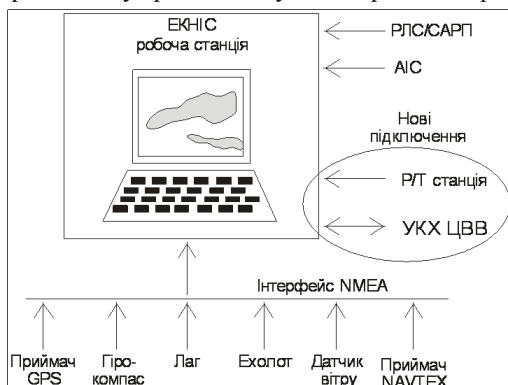


Рис. 1. Загальна схема підключень до ЕКНІС

Таким чином, дія АІС дозволяє спостерігати на екрані ЕКНІС поточну навігаційну обстановку із зображенням берегової лінії, навігаційних об'єктів та інших суден із векторами їхньої швидкості та ідентифікаційними номерами (MMSI).

У той же час, судоводій для встановлення радіотелефонного зв'язку повинен вручну ввести параметри ЦВВ. Ця операція потребує приблизно двадцяти натискань кнопок управління апаратурою ЦВВ. Затримка у передаванні виклику в ефір має критичне значення у складних навігаційних умовах. З іншого боку, у разі отримання виклику у штатному режимі судоводій не має безпосередньо інформації щодо навігаційного положення судна, що викликає. Для оцінки поточної ситуації вахтовий офіцер повинен за номером MMSI відшукати потрібне судно на навігаційному дисплеї ЕКНІС.

Удосконалення УКХ зв'язку з ЦВВ може бути досягнуто в рамках існуючого судового обладнання шляхом інтегрування УКХ ЦВВ контролера і навігаційного обладнання АІС-ЕКНІС. При цьому всі базові функції інтегрованих систем зберігаються.

Інтегрування системи ЕКНІС-АІС з УКВ ЦВВ обладнанням дозволяє:

- виключити саму процедуру ручного формування ЦВВ на контролері, замінюючи її «кліком» на АІС відмітки судна на ЕКНІС і автоматичним формуванням ЦВВ;

- забезпечити ідентифікацію судна, що викликає, на електронній карті і таким чином зробити миттєвим автоматичний процес прив'язки судна, що викликає, до навігаційної обстановки. Судно, що викликає, може бути відображене на дисплеї мигаючою відміткою, що дозволяє вахтовому офіцеру судна, що викликається, швидко оцінити навігаційну ситуацію і прийняти ефективне рішення.

Після обміну викликами вахтовий офіцер має зняти слухавку і вести адресний радіотелефонний зв'язок, не витрачаючи марно час на мовну ідентифікацію суден, що спілкуються.

Враховуючи вирішальне значення ЕКНІС у встановленні радіозв'язку, такий спосіб може бути названий COMEC (аббревіатура від COMmunication on the base of ECDIS interface).

Важливе те, що запропонована розробка не вносить ніяких змін до роздільної роботи інтегрованих систем і існуючих експлуатаційних процедур (за необхідності всі складові інтегрованої системи можуть використовуватися окремо в штатному режимі). Існуючий ручний метод формування/перегляду викликів з використанням контролера ЦВВ збережеться як додатковий засіб до автоматичного методу в COMEC системі.

Автоматична ідентифікація радіотелефонних передач. Радіотелефонний зв'язок сам по собі не має функції АІ. Ідентифікація судна, що передає радіотелефоном, повинна здійснюватися голосом, проте голосова ідентифікація не є надійним і оперативним способом впізнання радіопередач. Автоматична ідентифікація у рамках існуючої судової апаратури зв'язку може бути вирішена на основі технології цифрових водяних знаків [5]. ЦВЗ

мають на увазі вбудовування цифрової інформації безпосередньо в низькочастотний звуковий сигнал і передачу їх у загальному радіотелефонному каналі. У ролі такої інформації можуть бути використані дані з ідентифікації судна (позивний сигнал, MMSI та ін.) або інша інформація, у тому числі та, що належить до прихованої інформації, у разі підконтрольного радіозв'язку при терористичних нападах.

Розроблені методи та алгоритми формування і детектування ЦВЗ засновано на теоретичних засадах передавання прихованої інформації в умовах дії комплексу завад стосовно сигналу ЦВЗ, які притаманні аналоговому радіотелефонному каналу УКХ зв'язку. На основі аналізу цих завад розроблений алгоритм формування сигналів з ЦВЗ при збереженні міцності сигналів і мінімізації спотворень, що вносяться за рахунок даних ЦВЗ [6].

Одноканальний алгоритм вбудовування ЦВЗ описується таким чином. Стегосигнал \mathbf{s} , тобто сигнал із вбудованими даними ЦВЗ формується за формулою:

$$\mathbf{s} = \mathbf{x} + \mathbf{w}, \quad (1)$$

де \mathbf{x} – вихідний сигнал-носії;

\mathbf{w} – сигнал ЦВЗ.

Будемо представляти сигнали у векторному просторі розмірності n з визначеними скалярним добутком і нормою відповідно:

$$(\mathbf{x}, \mathbf{u}) = x_1 u_1 + x_2 u_2 + \dots + x_n u_n, \quad (2)$$

$$\|\mathbf{x}\| = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}, \quad (3)$$

де $\mathbf{x} = (x_1 + x_2 + \dots + x_n)$, $\mathbf{u} = (u_1 + u_2 + \dots + u_n)$ – деякі вектори у векторному просторі.

У нашому випадку координатами вектора \mathbf{x} являються амплітуди коефіцієнтів швидкого перетворення Фур'є (ШПФ), а координатами вектора \mathbf{u} являються відліки двійкової псевдовипадкової послідовності (ПВП), $u_i = \pm 1$. Згідно з алгоритмом [6] сигнал \mathbf{s} формується на підставі сигналу-носія \mathbf{x} і біта даних, що вноситься, $m = (-1, +1)$. Сформований стегосигнал \mathbf{s} у неявному вигляді має відповідати формулі:

$$(\mathbf{s}, \mathbf{u}) = Q(\tilde{x}, m), \quad (4)$$

де $Q(\cdot)$ – функція квантування;

$\tilde{x} = (\mathbf{x}, \mathbf{u})$ – скалярний добуток векторів \mathbf{x} і \mathbf{u} .

Задля зниження слухової відчутності спотворень за рахунок введення ЦВЗ треба забезпечити зберігання потужності сигналу до і після внесення ЦВЗ, або збереження норми сигналів:

$$\|\mathbf{x}\| = \|\mathbf{s}\|. \quad (5)$$

Також треба мінімізувати спотворення, що вносяться, наприклад, з критерію мінімального середньоквадратичного відхилення сигналу \mathbf{s} від \mathbf{x} . Отже, маємо класичну задачу мінімізації цільової скалярної функції відносно n -мірного векторного аргументу \mathbf{s} за наявності обмежень типу рівностей і нерівностей [7]:

$$\|\mathbf{x} - \mathbf{s}\| = \min, \quad (6)$$

при обмеженнях типу рівностей (4), (5) і нерівностей $s_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, n$. (7)

Останнє обмеження впливає з факту, що амплітуда дорівнює абсолютній величині комплексного коефіцієнта ШПФ.

Маючи на увазі квадратичний характер цільової функції (6) і наявність обмежень типу нерівностей, ця

задача являється занадто складною для аналітичного вирішення. Однак вона може бути досить легко вирішена з огляду на наступну геометричну інтерпретацію для трьохмірного простору, яку представлено на рис. 2.

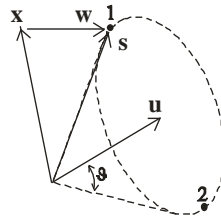


Рис. 2. Геометрична інтерпретація

Як відзначалось раніше, \mathbf{x} – це вихідний вектор, а \mathbf{u} – вектор ПСП. Маючи ці вектори, може бути обчислений скалярний добуток $\tilde{x} = (\mathbf{x}, \mathbf{u})$ і далі – його квантоване значення з урахуванням інформаційного біту: $Q(\tilde{x}, m)$. Множина векторів, які задовольняють формулам (4) і (5), утворюють поверхню конуса з висотою \mathbf{u} , вершиною в початку координат і кутом розкриття 2ϑ , який має бути обчислений за формулою:

$$\cos \vartheta = \frac{(\mathbf{s}, \mathbf{u})}{\|\mathbf{s}\| \|\mathbf{u}\|} \quad (8)$$

У формулі (8) норма векторів відображає їх довжину на рис. 2. Далі з множини векторів поверхні конусу треба знайти вектор \mathbf{s} , найближчий до вектора \mathbf{x} . Вочевидь, що цей вектор має бути розташований у площині, яка утворюється компланарними векторами \mathbf{x} і \mathbf{u} . Тому вектор \mathbf{s} , що відшукується, може бути представлений лінійною комбінацією векторів \mathbf{x} і \mathbf{u} :

$$\mathbf{s} = \alpha \mathbf{x} + \beta \mathbf{u}, \quad (9)$$

де α і β – питомі коефіцієнти.

Коефіцієнти α і β можуть бути обчислені шляхом почергового скалярного множення рівняння (9) сперши на \mathbf{u} , а потім на \mathbf{s} і вирішення квадратного рівняння відносно α . У кінцевому вигляді отримаємо вирази для коефіцієнтів у вигляді:

$$\alpha_{1,2} = \pm \frac{\sqrt{\|\mathbf{x}\|^2 \|\mathbf{u}\|^2 - \tilde{s}^2}}{\sqrt{\|\mathbf{x}\|^2 \|\mathbf{u}\|^2 - \tilde{x}^2}}, \quad (10)$$

$$\beta = (\tilde{s} - \alpha \tilde{x}) / \|\mathbf{u}\|^2, \quad (11)$$

де позначено $\tilde{s} = (\mathbf{s}, \mathbf{u}) = Q(\tilde{x}, m)$.

Коефіцієнт α у формулі (10) має бути взятий з позитивним знаком радикалу. Цьому значенню

відповідає найближчий до \mathbf{x} вектор \mathbf{s} (точка 1 на рис. 2). Точка 2 відноситься до найбільш віддаленого вектора.

Таким чином, формули (9)-(11) дозволяють знайти вектор \mathbf{s} , який задовольняє мінімізації (6) при обмеженнях (4) і (5). На жаль, застосований підхід не враховує обмеження (7). Тому теоретично може бути отримано рішення з однією чи більш негативними координатами. Але на цей випадок має бути застосована процедура повторного розрахунку. У разі появи однієї чи більш негативних координат у \mathbf{s} , знак негативних координат інвертується так, що всі координати нового вектору \mathbf{s}' задовольнятимуть вимогам (7), далі вважається $\mathbf{x} = \mathbf{s}'$ і знаходиться нове підоптимальне рішення для \mathbf{s} з формул (9)-(11), яке задовольняє усім обмеженням, але може не бути математично найближчим до вихідного вектору \mathbf{x} . Проте воно, як показують розрахунки, надзвичайно мало відрізняється від оптимального значення і цілком задовольняє вирішенню основного практичного завдання, враховуючи простоту алгоритму обчислення в порівнянні з надскладними методами чисельної оптимізації.

Апаратна реалізація функції АІ проілюстрована рис. 3. Додаткова апаратура у мікроелектронному виконанні вбудовується у телефонну слухавку. Мовний сигнал внаслідок модуляції даних ЦВЗ піддається незначному спотворенню, яке непомітно на слух. Далі модульований сигнал передається у звичайному УКХ радіоканалі. На приймальному боці дані ЦВЗ детектуються в електронному чіпі і потрапляють на міні-дисплей для індикації MMSI і до ЕКНІС для відображення судна, яке передає сигнал радіотелефоном.

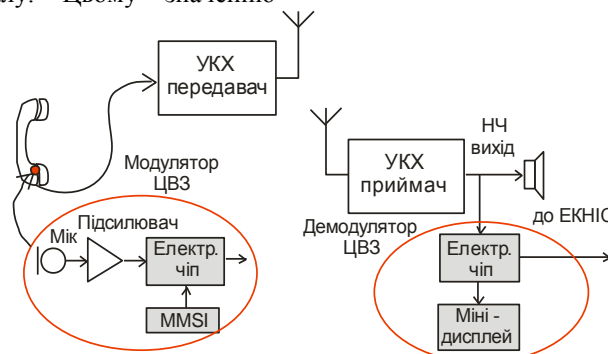


Рис. 3. Реалізація функції АІ

Результати практичної реалізації й експерименту. В Одеській національній морській академії розроблено лабораторні макети інтегрованої системи навігації і зв'язку COMES та УКХ зв'язку з функцією АІ, проведено випробування у реальних каналах ЦВВ і радіотелефонії УКХ зв'язку.

Випробування системи АІ проводилися на 17-му каналі (156,850 МГц) з використанням двох комплектів суднової радіостанції RT-2048 Sailor, USB-модуля аналого-цифрового перетворювача (АЦП) і цифро-аналогового перетворювача (ЦАП) типу E14-140M L-CARD. Методика проведення експерименту наступна. У тестовий мовний фрагмент довжиною 27500 відліків і частотою дискретизації

$F_s = 8$ кГц у середовищі Матлаб багаторазово вносився блок даних ЦВЗ завдовжки $B = 15$ біт. Розмірність ШПФ приймалася $N = 64$. Далі оброблений файл передавався через ЦАП на вхід УКХ радіостанції, випромінювався в ефір, приймався другим комплектом УКХ радіостанції і через АЦП записувався в прийнятий звуковий файл, який потім оброблявся в середовищі Матлаб для виявлення ЦВЗ. Таким чином, здійснювалася передача сигналу в реальному радіоканалі з програмною обробкою в off-line режимі.

Результати експерименту при відношенні сигнал-шум у радіоканалі 15 дБ зведені в таблиці 1. Усі блоки ЦВЗ на довжині мовного фрагмента 27500 відліків детектувалися стійко правильно.

Таблиця 1

Результати експерименту

Відношення ЦВЗ / сигнал-носії, дБ	- 16,5	- 14,6	- 12,1
Довжина ПВП	31	15	7
Швидкість даних ЦВЗ, біт/с	60	125	268

Швидкість передачі прихованої інформації визначається з формули:

$$R = \frac{B f_s}{n N}. \quad (12)$$

Метод організації УКХ радіозв'язку за технологією COMES захищений чотирма патентами України та патентом Німеччини. Відповідні пропозиції з модернізації суднових систем УКХ зв'язку і навігації було представлено на сесіях підкомітету зв'язку, пошуку і рятування та підкомітету з навігації Міжнародної морської організації [8; 9].

Висновки. Запропоновано інтегровану систему УКХ радіотелефонного зв'язку і суднової навігації, яка забезпечує оперативний адресний зв'язок і автоматичну ідентифікацію станції, що передає. Система, розроблена на основі конвенційних суднових засобів навігації і зв'язку, не потребує

заміни діючого суднового обладнання і процедур радіозв'язку, має повну сумісність зі штатним судновим обладнанням.

У системі автоматичної ідентифікації радіотелефонних передач на основі технології ЦВЗ запропоновано ефективний алгоритм мінімізації спотворень, що вносяться в мовний сигнал.

Розроблена система може використовуватися як на морських судах, так і на берегових станціях управління рухом суден, рятувально-координаційних центрах. При цьому обладнання берегових служб запропонованою системою не підлягає жорстким реєстровим нормам, які пред'являються до суднового обладнання. Функція автоматичної ідентифікації радіопередач може бути застосована також у системі управління рухом цивільної авіації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Simplification of DSC equipment and procedures. Submitted by Finland / SUB-COMMITTEE ON RADIOCOMMUNICATIONS AND SEARCH AND RESCUE COMSAR 8/4/1, 27 November 2003.
2. Felski A. The Integrity of Information Received by Means of AIS During Anti-collision Manoeuvring / A. Felski, K. Jaskolski // *TransNav : the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. – 2013. – Vol. 7. – № 1. – P. 95–100.
3. Mokhtari A. H. An Empirical Survey on the Role of Human Error in Marine Incidents / A. H. Mokhtari, H. R. Khodadadi Didani // *TransNav : the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. – 2013. – Vol. 7. – № 3. – P. 363–367.
4. ETSI EN 300698-1. Radio telephone transmitters and receivers for the maritime mobile service operating in the VHF bands used on inland waterways; Part 1: Technical characteristics and methods of measurement. – 50 p.
5. Шишкин А. В. Автоматическая идентификация радиотелефонных передач в УКВ диапазоне морской подвижной службы / А. В. Шишкин, В. М. Кошевой // *Автоматизация суднових технічних засобів : наук.-техн. зб. ОНМА*. – 2008. – Вип. 14. – С. 101–109.
6. Шишкин А. В. Идентификация радиотелефонных передач в УКВ диапазоне морской радиосвязи / А. В. Шишкин // *Изв. вузов – Радиоэлектроника*. – 2012. – Т. 55. – № 11. – С. 11–20.
7. Моисеев Н. Н. Методы оптимизации / Н. Н. Моисеев, Ю. П. Иванилов, Е. М. Столярова. – М. : Наука, 1978. – 352 с.
8. Proposal for simplification of VHF DSC radiocommunication and increasing DSC efficiency. Submitted by Ukraine / SUB-COMMITTEE ON RADIOCOMMUNICATIONS AND SEARCH AND RESCUE. 14th session, COMSAR 14/7, 27 October 2009.
9. Proposal for modernization of ECDIS for VHF radiocommunication. Submitted by Ukraine / SUB-COMMITTEE ON NAVIGATION. 59th session, NAV 59/12/2, 2 September 2013.

Рецензенти: Радченко М. І., д. т. н., професор;
Щербак Ю. Г., к. т. н., доцент.

© Кошевий В. М., Шишкін О. В., 2014

Дата надходження статті до редколегії 03.10.2013 р.

КОШЕВИЙ Віталій Михайлович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри, Одеська національна морська академія, м. Одеса.

Коло наукових інтересів: радіолокація, системи морського радіозв'язку і навігації, цифрова обробка сигналів.

ШИШКІН Олександр Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, Одеська національна морська академія, м. Одеса.

Коло наукових інтересів: системи морського радіозв'язку і навігації, цифрова обробка сигналів, цифрові водяні знаки.