

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Одеська морська академія»

ШИШКІН Олександр Володимирович



УДК 656.61

**ІНТЕГРУВАННЯ СИСТЕМ МОРСЬКОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ І НАВІГАЦІЇ
В РАМКАХ РОЗВИТКУ КОНЦЕПЦІЇ Е-НАВІГАЦІЇ**

спеціальність 05.22.13 - навігація та управління рухом

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Одеса – 2021

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті «Одеська морська академія» Міністерства освіти і науки України

Науковий консультант: **Кошевий Віталій Михайлович**, доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, завідувач кафедри морського радіозв'язку, Національний університет «Одеська морська академія»

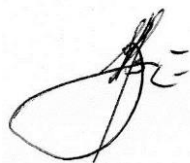
Офіційні опоненти: **Блінцов Володимир Степанович**, доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв;
Богом'я Володимир Іванович, доктор технічних наук, професор кафедри технічних систем та процесів управління в судноводінні, Державний університет інфраструктури та технологій, м. Київ;
Федорович Олег Євгенович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних наук і інформаційних технологій, Національний університет «Харківський авіаційний інститут», м. Харків.

Захист відбудеться 28.09.2021 р. о 10:00 годині на засіданні спеціалізованої Вченої ради Д 41.106.01 в НУ «ОМА» за адресою: 65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона 8, корп. 1, зал засідань Вченої ради.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці НУ «ОМА» за адресою: м. Одеса, вул. Дідріхсона 8, корп. 2 та за електронною адресою: <http://www.onma.edu.ua/zakhist-dissertatsiy>.

Автореферат розісланий 28 серпня 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
д.т.н., професор



В.В. Нікольський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У останнє двадцятиріччя на морських судах за рішеннями міжнародних конвенцій впроваджена низка нових систем морського радіозв'язку і навігації: глобальна морська система зв'язку у разі лиха та безпеки (ГМЗЛБ), система цифрового вибіркового виклику (ЦВВ), супутникові системи Інмарсат, Коспас-Сарсат, Ірідіум, глобальна навігаційна супутникова система GPS/ГЛОНАСС, автоматична ідентифікаційна система (АІС), електронна картографічна і інформаційна система (ЕКНІС), інші. Розвиток і вдосконалення цих систем був прискорений розробкою Міжнародною морською організацією (ІМО) стратегічного плану е-навігації, який передбачає всебічну цифровізацію і стандартизацію суднових систем для підтримки процесу прийняття рішень вахтовим офіцером судноводієм на борту судна і забезпечення ефективності і безпеки судноплавства. Концепція е-навігації базується на трьох компонентах: суднове обладнання, берегова інфраструктура і системи радіозв'язку.

Основним керівним принципом впровадження і розвитку елементів е-навігації є врахування у першу чергу не технологічних досягнень, а практичних потреб моряків з належної експлуатації суднових систем і пристроїв для зменшення адміністративного навантаження на борту судна таким чином щоб вахтовий офіцер був націлений на вирішення завдань з безпечної навігації і ефективного виконання суднових операцій.

Засоби зв'язку ГМЗЛБ безпосередньо впливають на ефективне і безпечне судноплавство, але на практиці впровадження нових систем зв'язку, зокрема, ЦВВ, не дозволяють отримати належну оперативність і ефективність радіозв'язку, створюють додаткове навантаження з організації радіозв'язку на вахтового офіцера суднового містка. Різноманітність радіообладнання, складність і довготривалість ручних операцій з управління радіозв'язком призводять на практиці до нехтування вимогами правил зв'язку, помилкам ідентифікації суден, що у кінцевому рахунку впливає на безпеку судноплавства і ефективність морського судноплавства.

Неналежне використання апаратури ЦВВ на практиці не дозволяє отримати усіх переваг ЦВВ. Різні спроби вдосконалення управління радіозв'язком, залишаючись тільки в рамках цієї системи, не призвели до бажаного результату. Належне використання апаратури ЦВВ залишається каменем спотикання в управлінні зв'язком.

З іншого боку впровадження сучасних суднових засобів навігації і зв'язку створили можливості не тільки для вдосконалення навігації за рахунок їхнього первинного призначення, але відкрили нові можливості вдосконалення систем радіозв'язку. Основна ідея цього вдосконалення полягає в інтегруванні систем навігації і радіозв'язку для отримання нових якостей суднового радіозв'язку, які неможливі для досягнення, знаходячись тільки в рамках існуючих засобів наземного радіозв'язку.

Актуальність теми дослідження обумовлена наявністю практичних проблем належної експлуатації засобів радіозв'язку судноводіями і необхідністю їх вирішення, залишаючись в рамках конвенційного складу обладнання навігації і зв'язку морських суден.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Напрямок досліджень відповідає міжнародному стратегічному плану розвитку засобів навігації та зв'язку на морському флоті, національним програмам розвитку транспортної галузі України (розпорядження уряду від 20 жовтня 2010 р. № 2174, Указ Президента від 20 травня 2008 р. № 463/2008 «Про заходи щодо забезпечення розвитку України як морської держави»).

Робота виконувалась в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт: «Методи та засоби побудови систем захисту інформації на основі технології стеганографії і цифрових водяних знаків», ДР № 0108U001486, «Розробка методів і засобів автоматичної ідентифікації радіотелефонних передач у морській рухомій службі», ДР № 0109U001536, «Розробка судових інтегрованих систем радіозв'язку і навігації у рамках загальної концепції розвитку електронної навігації», ДР № 0112U000354, «Інтегрування судових систем радіозв'язку і навігації для підвищення безпеки судноплавства в рамках концепції е-навігації», ДР № 0119U001652, «Розроблення стандартизованого інтерфейсу морського радіозв'язку на основі його інтегрування з навігаційними системами», НТР за державним замовленням за розпорядженням Кабінету Міністрів України від 10 липня 2019 р. № 530-р, ДР № 0119U103293, що виконувались в Національному університеті «Одеська морська академія» відповідно плану Міністерства освіти і науки України, у яких автор був відповідальним виконавцем.

Мета й задачі дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності функціонування морських систем навігації і зв'язку для забезпечення безпеки судноплавства за рахунок інтегрування цих систем і спільної обробки інформації при збереженні конвенційного складу судового обладнання. Для досягнення цієї мети були поставлені і вирішені наступні задачі:

- Аналіз сучасних конвенційних морських систем навігації і радіозв'язку (СНР) в умовах їхньої практичної експлуатації, впливу впровадження нових систем на безпеку мореплавства, проблем практичного застосування і перспектив подальшого розвитку за стратегічним напрямком е-навігації.

- Розробка концепції управління радіозв'язком, яка ґрунтується на інтегруванні комунікаційного і навігаційного обладнання, використання графічного інтерфейсу і спільної обробки даних АІС, ЦВВ в інформаційному дисплеї і ідентифікації радіотелефонних передач.

- Розробка методології інтегрування СНР на основі існуючих конвенційних систем АІС, ЕКНІС, інтегрованих навігаційних систем (ІНС), систем наземного радіозв'язку на ультракоротких хвилях (УКХ), проміжних хвилях (ПХ) і коротких хвилях (КХ) з використанням ЦВВ з метою поліпшення навігаційного спостереження і створення зручного інтерфейсу (SMART

інтерфейсу) управління радіозв'язком і його моніторингу з інформаційного дисплею.

- Підвищення надійності ідентифікації станцій радіотелефонного зв'язку в існуючих радіотелефонних каналах морської рухомої служби (МРС) за рахунок розробки автоматичної ідентифікації (АІ) радіотелефонних передач.

- Розробка алгоритмів і пристроїв АІ радіопередач на основі застосування технології цифрових водяних знаків (ЦВЗ) в умовах діючих завад і перешкод в реальних каналах МРС і забезпечення сумісності з діючою апаратурою без функції АІ.

- Розробка методів прихованого передавання додаткової інформації по каналах МРС і морської рухомої супутникової служби (МРСС) для вирішення спеціальних задач обміну інформацією у разі терористичних загроз та для забезпечення кібербезпеки на морському транспорті.

- Розробка експериментальних зразків апаратури управління радіозв'язком і АІ, алгоритмічного та програмного забезпечення для проведення натурних випробувань і верифікації результатів теоретичних досліджень.

Об'єктом дослідження є експлуатація морських систем радіозв'язку і навігації.

Предметом дослідження є техніко-експлуатаційні характеристики систем морського радіозв'язку з розробленими новими функціями аналізу навігаційної ситуації з урахуванням радіозв'язку.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження базуються на використанні математичного апарату теорії інформації, цифрової обробки сигналів, об'єднання даних, теорії ЦВЗ і стеганографічного (прихованого) передавання інформації. Для проведення експериментальних досліджень використовувались методи математичного моделювання в системі МАТЛАБ і натурних випробувань.

Наукова новизна отриманих результатів:

Вперше:

- розроблена концепція управління радіозв'язком, яка ґрунтується на інтегруванні комунікаційного і навігаційного обладнання, використання графічного інтерфейсу і спільної обробки даних автоматичної ідентифікаційної системи та цифрового вибіркового виклику в інформаційному дисплеї і ідентифікації радіотелефонних передач;

- розроблена методологія інтегрування систем навігації і радіозв'язку на основі існуючих судових конвенційних систем: автоматичної ідентифікаційної системи, електронної картографічної і навігаційної системи, інтегрованої навігаційної системи, систем наземного радіозв'язку УКХ, ПХ/КХ діапазонів з використанням цифрового вибіркового виклику і радіотелефонії, яка дозволяє отримати синергетичний ефект і досягти мети поліпшення навігаційного спостереження і створення зручного інтерфейсу (SMART інтерфейсу) управління радіозв'язком і його моніторингу за рахунок спільної обробки даних від незалежних судових засобів навігації і зв'язку;

- запропонований новий спосіб автоматичної ідентифікації радіотелефонних передач і передавання додаткової інформації в аналогових радіотелефонних каналах морської рухомої службі, заснований на сучасних методах цифрової обробки сигналів із застосуванням технології цифрових водяних знаків, якій дозволяє підвищити надійність ідентифікації у порівнянні з мовною ідентифікацією і використати цифрові додаткові дані в інших системах;

- розроблені нові алгоритми передавання даних в радіотелефонних сигналах і їх синхронізації за допомогою сигналів точного часу приймача глобальної навігаційної супутникової системи (GPS), які дозволяють найкращим чином вирішити компромісну задачу отримання конкуруючих параметрів кількості вбудованої інформації – якість сигналу-носія – стійкість даних до перешкод в реальному УКХ радіоканалі.

Отримали подальший розвиток:

- методи і засоби практичної реалізації інформаційного обміну за стандартами серії IEC 61162 (NMEA 0183) в суднових мережах радіозв'язку і навігації для здійснення віддаленого моніторингу/управління радіозв'язком з використанням цифрового вибіркового виклику;

- методи вбудовування додаткової інформації у звукові сигнали для інформованого кодеру з урахуванням стану сигналу-носія;

- методи виявлення і ідентифікації випадків порушень радіоефіру у вигляді анонімних УКХ радіопередач або проявів западання кнопки передавання (тангенти) радіостанції;

- методи прихованого передавання інформації у цифрових радіоканалах наземного і супутникового зв'язку.

Практичне значення одержаних результатів полягає у наступному:

- інтегровані системи типів EKNIS/AIS – УКХ/ПХ/КХ/ЦВВ і AIS – УКХ/ПХ/КХ/ЦВВ – Інформаційний дисплей дозволяють усунути ручні операції формування виклику суден, що підвищує ефективність і надійність адресного УКХ радіотелефонного зв'язку в реальному часі з дотриманням усіх експлуатаційних процедур без заміни базового суднового обладнання навігації і зв'язку;

- графічний інтерфейс людина-машина (ІЛМ) інтегрованих систем дозволяє зробити найбільш повний і оперативний ситуаційний аналіз поточної навігаційної обстановки за рахунок маркування AIS-відміток цілей суден, що викликають за допомогою ЦВВ, або передають радіотелефоном;

- позбавлення судноводія оперування з абстрактними даними в процедурах формування ЦВВ на різноманітних кнопкових панелях апаратури різних фірм-виробників і перехід до управління радіозв'язком у стандартизованому режимі з інформаційного дисплея;

- реалізація функції AI в радіотелефонному зв'язку дозволяє усунути різного роду помилки і затримки ідентифікації вахтовим офіцером судна що передає, виявляти анонімних порушників ефіру і блокування каналів зв'язку у зоні відповідальності служби управління рухом суден (СУРС);

– використання інтегрованих систем і АІ на берегових станціях СУРС і при проведенні пошуково-рятувальних операцій підвищує оперативність проведення пошуково-рятувальних операцій.

Результати роботи були використані:

– в Казенному підприємстві «Морська пошуково-рятувальна служба»;
– в пропозиціях, що розроблені в Національному університеті «Одеська морська академія» і представлені на державному рівні від України в структури ІМО, а саме:

– Підкомітет ІМО з Радіозв'язку, пошуку та рятування (COMSAR/14) у 2009 р.,

– Підкомітет ІМО з Навігації, радіозв'язку, пошуку та рятування (NCSR/3) у 2016 р., (NCSR/4) у 2017 р., (NCSR/5) у 2018 р.

– Комітет ІМО з навігації (NAV/56) у 2010 р., (NAV/58) у 2012 р., (NAV/59) у 2013 р., Комітет ІМО з безпеки мореплавства (MSC/97) у 2016 р.

Особистий внесок здобувача. Авторів належить: ідея, її розвиток, розробка методів технічної реалізації відображення навігаційної обстановки з урахуванням радіопередач інших суден, ідентифікації суднових станцій, що передають за допомогою ЦБВ або радіотелефонії [7 – 9, 12 – 14, 17 – 26, 39 – 40, 42, 45 – 47, 49 – 50, 57, 59 – 60, 62, 65 – 67, 72 – 77, 79, 80]; розробка методів інтегрування системи ЦБВ в мережі стандарту LWE (Light Weight Ethernet) [76]; розробка технічних засобів відображення навігаційної обстановки з урахуванням ЦБВ у напрямку контролер ЦБВ – ЕКНІС у патентах на винаходи [27, 30, 33, 35 – 38]; розробка технічних засобів для АІ радіотелефонних передач і передавання додаткової інформації у патентах на винаходи [28, 29, 31, 34]; розробка інформованого кодеру вбудованих даних з нечутливістю до амплітудних коливань сигналу-носія [1]; розробка методів і алгоритмів застосування технології OFDM для протидії міжсимвольної інтерференції (МСІ) [55, 56]; написання розділів 1 – 5 [69]; глав 1 – 7 [70]; розділу «Морські райони ГМЗЛБ» [68]; глав 1 – 9 [71], параграфів 2 – 4 [78]. Інші роботи (22 публікації, включно 1 патент України на винахід) виконані самостійно.

Апробація наукових результатів дисертації. Результати досліджень доповідалися та обговорювалися на:

– 2-му Міжнародному радіоелектронному форумі «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития». Харьков, ХНУРЭ, 2005.

– Міжнародних симпозиумах IEEE East-West Design & Test International Symposium: EWDTS'06, Sochi, Russia, 2006, EWDTS'07, Yerevan, Armenia, 2007, EWDTS'08, Lviv, Ukraine, 2008, EWDTS'09, Moscow, Russia, 2009, EWDTS'10, St. Petersburg, Russia, 2010, EWDTS'11, Sevastopol, Ukraine, 2011, EWDTS'12, Kharkov, Ukraine, 2012, EWDTS'13, Rostov-Don, Russia, 2014;

– Міжнародних Кримських конференціях «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии», CriMiCo, Севастополь, Україна у 2010, 2011, 2012 і 2013 роках;

- 15-ї Міжнародної конференції з автоматичного управління «Автоматика-2008», Одеса, 2008;
- 9-ї Конференції «Математическое моделирование и информационные технологии», Одеса, 2009;
- Науково-технічної конференції «Проблеми розвитку глобальної системи зв'язку, навігації, спостереження та організації повітряного руху CNS/ATM», Київ, 2012;
- Всеукраїнських науково-практичних конференціях «Стан та удосконалення безпеки інформаційно-телекомунікаційних систем», Коблево, Миколаївська обл. у 2013, 2014, 2015 роках;
- Міжнародних науково-практичних конференціях «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT)», Херсон у 2014, 2015, 2017 роках;
- Міжнародних науково-практичних конференціях «Сучасні інформаційні та електронні технології»: CIET-2006, Одеса, 2006, CIET-2007, Одеса, 2007, CIET-2008, Одеса, 2008, CIET-2009, Одеса, 2009, CIET-2014, Одеса, 2014;
- Міжнародних конференціях «International Conference on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation»: TransNav 2011, TransNav 2013, TransNav 2015, TransNav 2017, TransNav 2019, TransNav 2021, Gdynia, Poland;
- Міжнародній конференції UkrMiCo'2019, Одеса, 2019 р.
- щорічних науково-технічних конференціях «Практичні проблеми розвитку радіозв'язку і радіонавігації в ГМЗЛБ, в системах АІС, СУРС та РІС» у 2000 – 2020 роках: Одеса, 2000 - 2007, 2009, 2011, 2013, 2015, 2016 - 2020, Київ, 2008, 2014, Севастополь, 2010, 2012.

Публікації. Основні наукові результати дисертації викладено в 80 публікаціях (з них 22 одноосібно), у тому числі: 26 публікацій в національних і іноземних фахових виданнях (7 статей в наук. фахових виданнях України категорії А, 4 статті в виданні іншої держави, Польща, яке входить до МНБ Scopus, Web of Science), отримано 10 патентів України на винаходи та 2 міжнародні патенти на корисну модель (Німеччина), 29 публікацій – у працях і матеріалах конференцій. За темою дисертації надрукований підручник з грифом МОН України, 3 навчальних посібника, 7 розділів в вітчизняної і іноземних монографіях, інші – 2 публікації.

16 робіт зареєстровані в міжнародній наукометричній базі Scopus (<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24537803200>).

12 робіт зареєстровані в міжнародній базі ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9781-9391>).

Структура дисертації. Дисертація складається з анотації, вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Дисертація включає 350 сторінок, 102 рисунка, 16 таблиць, список використаних джерел з 228 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** дано загальну характеристику роботи, обґрунтовується важливість і актуальність теми дисертації, сформульовано мету і задачі дослідження, наведені основні наукові і практичні результати, що виносяться на захист.

У **першому розділі** – «Сучасний стан і напрямок розвитку суднових систем навігації і радіозв'язку» зроблений аналітичний огляд сучасного стану суднових систем навігації і зв'язку та перспективи їх розвитку.

Мотивом для проведення досліджень з'явилося впровадження нових систем і технічних засобів морської навігації і радіозв'язку за вимогами міжнародної конвенції СОЛАС і проблемами їх належної експлуатації.

Розвиток і вдосконалення нових систем отримали прискорення розробкою і підтримкою ІМО стратегічного плану впровадження концепції е-навігації, яка формулюється наступним чином: «е-навігація - це узгоджений збір, інтеграція, обмін і представлення морської інформації на борту і на березі з використанням електронних засобів для вдосконалення судноплавства від причалу до причалу і відповідних сервісів, для безпеки і охорони на морі та захисту морського навколишнього середовища».

Концепція е-навігації базується на трьох компонентах: суднове обладнання, берегова інфраструктура і системи радіозв'язку (рисунк 1).

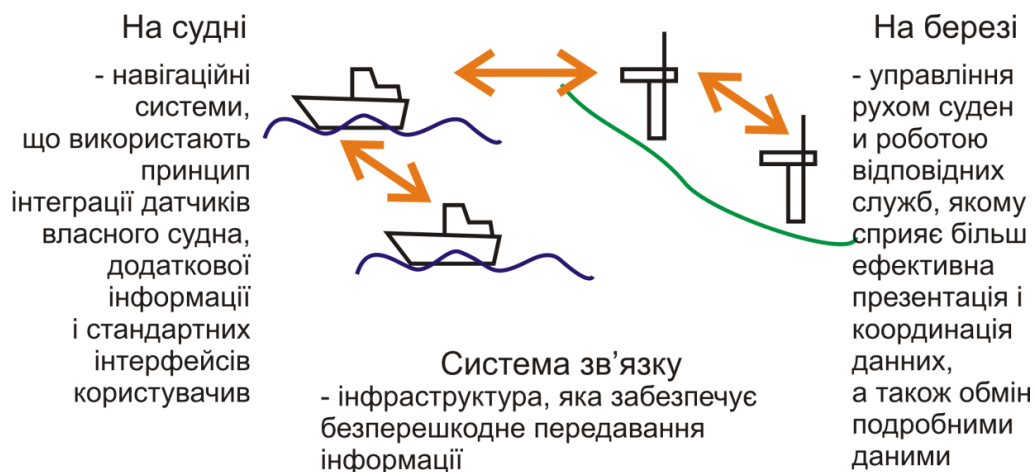


Рисунок 1 – Основні об'єкти розвитку и впровадження систем е-навігації

Стратегічний план реалізації концепції е-навігації (Strategy Implementation Plan, SIP) заснований на наступних п'яти пріоритетних рішеннях для е-навігації:

- S1: поліпшена, узгоджена і зручна конструкція ходового містка;
- S2: засоби для стандартизованого і автоматизованого звітування;
- S3: підвищення надійності, відмовостійкості та цілісності місткового обладнання та навігаційної інформації;
- S4: інтеграція і представлення доступної інформації на графічних дисплеях, отриманих через обладнання зв'язку; а також

S9: поліпшення радіозв'язку з набором сервісів служб управління рухом суден (СУРС).

Напрямок S4 розбитий ще на кілька пунктів, що зокрема включають наступні дії:

- стандартизація інтерфейсів для інформаційного обміну систем навігації та радіозв'язку на борту судна;
- автоматизація вибору систем зв'язку і каналів для оптимального вирішення завдань радіозв'язку з урахуванням обсягу повідомлень, смуги частот, вартості і т.п.;
- реалізація отримання всієї інформації, одержуваної від зовнішніх датчиків, в гармонізованій і стандартизованій формі з урахуванням потреб користувачів, людського фактора і запобігання перевантажень судноводія;
- забезпечення функціональності сповіщень для інформації, отриманої обладнанням радіозв'язку та інтегрованої в ІНС.

Системи радіозв'язку і супутникової навігації наведені на рисунку 2.

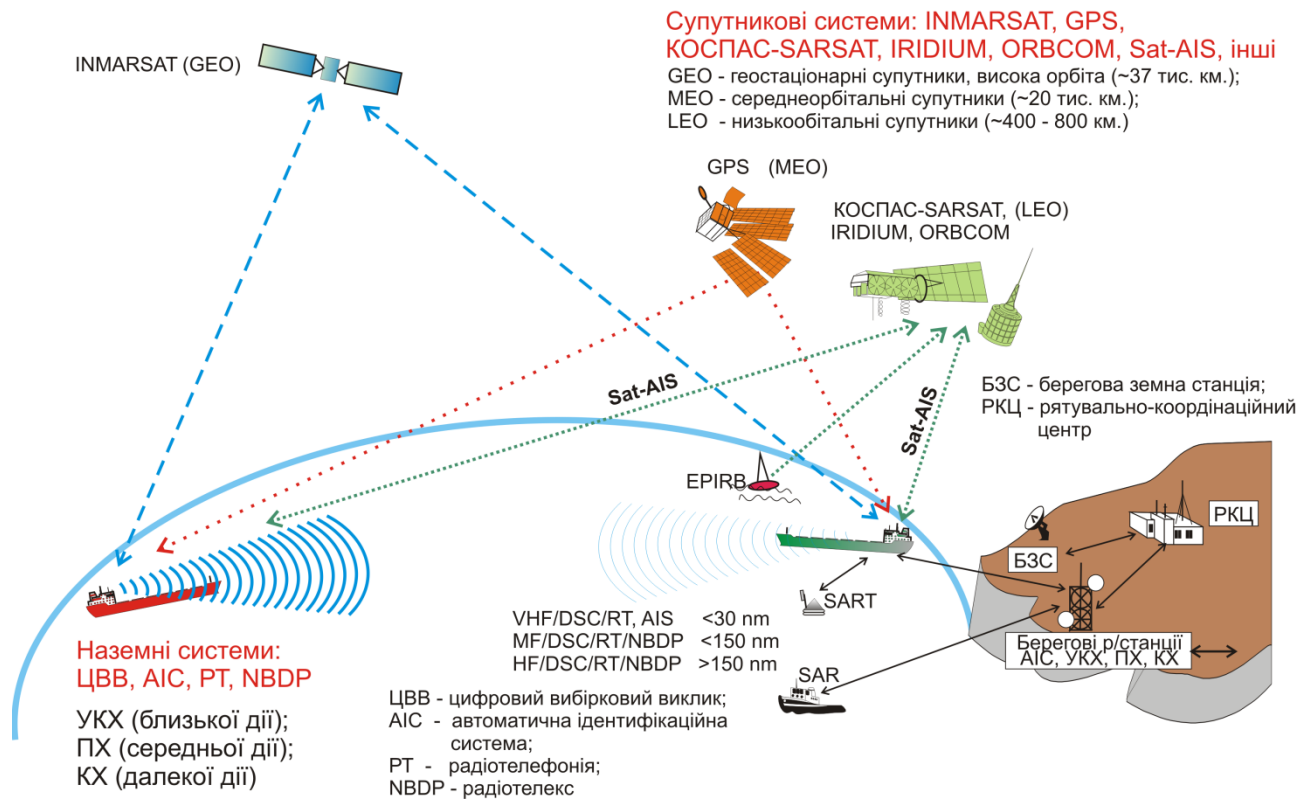


Рисунок 2 – Системи морського радіозв'язку і навігації

В ГМЗЛБ система ЦВВ є одною з головних. У відповідності з Рекомендацією ITU-R M.493 «Digital Selective-Calling System for Use in the Maritime Mobile Service» всім радіотелефонним і радіотелексом передачам будь-якого пріоритету (лихо, терміновість, безпека і звичайний) в усіх частотних діапазонах УКХ, ПХ, КХ повинен передувати відповідний цифровий виклик.

Однак досвід експлуатації апаратури морського радіозв'язку з ЦВВ показав, що на практиці судноводії нехтують використанням ЦВВ як у випадках лиха, так і для всіх інших пріоритетів зв'язку. Зокрема, канал 16 неправомірно займається невиправданими для цього викликами зі звичайним пріоритетом замість використання для цього каналу 70 з цільовим призначенням цифрового виклику. Основними причинами такого неприйняття апаратури ЦВВ є «недружній» інтерфейс і відсутність уніфікації управління, тривала процедура ручного формування виклику і велика затримка в адекватній оцінці поточної навігаційної ситуації. Операції з абстрактними даними, відволікають вахтового офіцера від вирішення власне завдань з управління судном, що згубно позначається на безпеці, особливо в складних умовах навігації і критичних ситуаціях. Таким чином, запроектовані спочатку можливості ЦВВ не реалізуються на практиці через незручний інтерфейс людина - машина.

Другим недоліком радіотелефонного зв'язку на морських судах є відсутність автоматичної ідентифікації (AI) судна, що бере участь в переговорах. Ідентифікація судна здійснюється шляхом голосової передачі розпізнавальних сигналів судна (назва, позивний сигнал, ідентифікатор морської рухомої служби (IMPC), в деяких випадках координати судна). Однак голосова ідентифікація ненадійна, часто призводить до помилок, неправильної інтерпретації або взагалі відсутня. Відсутність AI також провокує порушення радіообміну у вигляді анонімних передач, що особливо шкідливо при передачах на каналі лиха і безпеки 16 в УКХ діапазоні. Відомі випадки блокування каналів зв'язку в зоні відповідальності берегових службах управління рухом суден з технічних причин, наприклад, через западання тангенти УКХ слухавки в положенні передачі.

Характерною рисою сучасного навігаційного обладнання є використання графічних дисплеїв на ходовому містку судна для представлення інформації і управління засобами навігації. В той же час управління засобами зв'язку здійснюється з приборних панелей окремих радіостанцій, які не мають будь-якого стандартизованого вигляду. Але є тенденція поступового переходу до управління засобами зв'язку з відповідного дисплея, як це вимагає, наприклад, стандарт до інтегрованої системи радіозв'язку.

У морському радіозв'язку на близьких відстанях (до 30 морських миль) у його теперішньому вигляді застосовуються системи УКХ радіотелефонного зв'язку і цифрового вибіркового виклику (у подальшому УКХ/ЦВВ). Однак потенціальні можливості УКХ/ЦВВ не використовуються у повній мірі. Зокрема система УКХ/ЦВВ, котра є такою, що в найбільшому ступені застосовується на морському судні, СУРС та пошуково-рятувальних центрах, має ряд суттєвих недоліків: складність і тривалість ручного формування викликів ЦВВ, відсутність надійної ідентифікації радіотелефонного обміну, невизначеність місця знаходження суден. Аналіз практичного використання системи УКХ/ЦВВ свідчить, що вона потребує докорінного вдосконалення.

Слід зазначити, що належне використання апаратури радіотелефонії і ЦВВ з дотриманням усіх процедур радіозв'язку і вибору каналів (частот) лягає на вахтового офіцера-судноводія, якій не є фаховим радіоспеціалістом. Тому на практиці судноводії нехтують застосуванням ЦВВ, що однак не прискорює належний адресний зв'язок, а навпаки ускладнює його, що впливає на безпеку судноплавства, особливо в складних навігаційних умовах. Ще одним проявом недосконалості УКХ зв'язку є навмисне анонімне забруднення ефіру, що особливо шкідливе на каналі лиха 16.

Відзначено, що сучасною тенденцією розвитку засобів морської навігації і радіозв'язку є широкомасштабне застосування графічних дисплеїв для моніторингу і управління усіма судовими системами і перехід від кнопочового способу управління з панелі прибору до графічних інтерфейсів користувача.

У **другому розділі** – «Інтегрована система навігації ЕКНІС/АІС і радіозв'язку УКХ/ЦВВ» – розроблено методологію інтегрування СНР для реалізації запроєктованих можливостей ЦВВ в максимально зручному для судноводія вигляді в рамках існуючого конвенційного обладнання і діючих експлуатаційних процедур радіозв'язку з використанням ЦВВ.

Головною задачею системного аналізу є вирішення проблемної ситуації, яка виникла перед об'єктом дослідження. У нашому випадку об'єктом дослідження є експлуатація морських систем радіозв'язку і навігації, а проблемною ситуацією є недоліки їхньої експлуатації на практиці, тобто при розгляді судна як ергодічної системи. Проблеми, що виникають – запити користувачів (судноводіїв) (user needs) – мають бути усунуті задля кращого функціонування системи. На основі експертної оцінки сформульовані три проблеми, що обумовлені запитами користувачів:

- Складність управління системами радіозв'язку з ЦВВ.
- Недоліки представлення інформації про навігаційну ситуацію з урахуванням радіозв'язку.
- Відсутність надійної ідентифікації радіопередач в МРС.

Визначені недоліки аргументовані у наступних пунктах.

Один з головних принципів проведення системного аналізу потребує чіткого визначення кінцевої (глобальної) цілі, до якої має бути спрямована досліджувана система. Наявність кінцевої цілі дозволяє визначити основні суттєві показники якості функціонування системи. У нашому випадку ціль досліджень сформульована як «Забезпечення ефективної експлуатації судових засобів навігації і зв'язку враховуючи: (а) практичні потреби судноводіїв, (б) міжнародні вимоги до складу і техніко-експлуатаційних характеристик судового обладнання навігації і зв'язку та його сумісності, (в) стратегічний світовий напрямок розвитку судноплавства е-навігації».

Сформульована таким чином ціль дослідження підкреслює (а) наявність в системі керування оператора – судноводія – як невід'ємної ланки ергатичної системи і має певні обмеження (б) і (в). Наявність обмеження (б) обумовлена обов'язковими нормами міжнародних документів як то Конвенція СОЛАС, Резолюції ІМО, стандарти Міжнародної Електротехнічної Комісії.

Сумісність розуміється як належна взаємодія обладнання різних суден і відсутність будь-якого шкідливого впливу в результаті втілення структурних змін в систему Обмеження (в) обумовлено тим, що будь-яка система, спроектована всупереч міжнародних тенденцій розвитку судноплавства, сформульованих у концепції е-навігації на високому рівні (тобто у стратегічному вигляді), не мають перспектив до впровадження.

Інтерфейс існуючої апаратури УКХ радіозв'язку орієнтований на введення цифрової та символічної інформації через кнопочку панель приладу. Такий спосіб вимагає не виправдано великих витрат часу і зусиль оператора, пов'язаний з помилками і тому викликає неприйняття у користувачів. Подібний тип інтерфейсу відволікає судноводія від вирішення завдань, пов'язаних з безпечним управлінням судна.

В штатній системі судноводій при організації радіозв'язку змушений оперувати з абстрактними даними СНР (ІМПС, координати судна, частоти, номери каналів і ін.), відволікаючись від вирішення конкретної навігаційної завдання і прийняття рішень з управління судном. Для цілісного уявлення поточної навігаційної ситуації і прийняття адекватного рішення необхідна обробка даних системи радіозв'язку (ЦВВ) і навігації (зазвичай АІС). Наприклад, у разі прийому ЦВВ відомий тільки ІМПС судна, що викликає. Для уявлення де знаходиться судно необхідно отримати інформацію АІС і співставити дані ЦВВ і АІС.

У діючій в даний час системі ЦВВ ця інтерпретація здійснюється вахтовим офіцером, зазвичай на основі зіставлення даних від різних навігаційних джерел інформації і засобів зв'язку, що ілюструється рисунком 3 а). Тривалий час займає сам процес формування виклику в ручному режимі, який може супроводжуватися помилками. Тому судноводії часто ігнорують саму процедуру ЦВВ, використовуючи канал 16 для виклику в голосовому режимі.

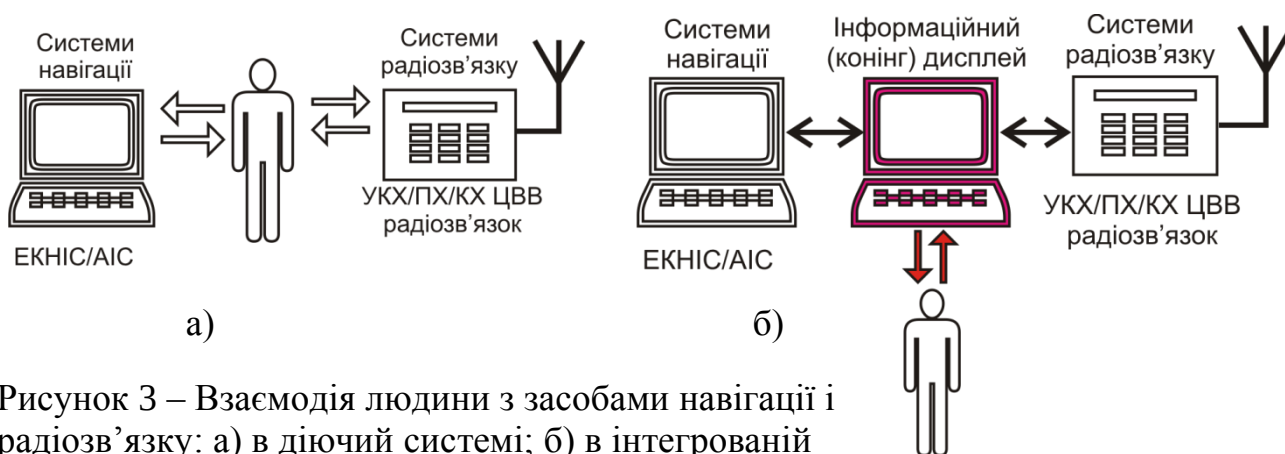


Рисунок 3 – Взаємодія людини з засобами навігації і радіозв'язку: а) в діючій системі; б) в інтегрованій системі

В інтегрованій системі (рисунок 3 б) судноводій відразу після прийому виклику бачить яке саме судно викликає з прив'язкою його до поточної навігаційної обстановки.

Слід підкреслити важливість УКХ радіозв'язку для безпеки судноплавства. У 2014 році на сесії Підкомітету ІМО по навігації, радіозв'язку, пошуку і порятунку був представлений документ, що стосується результатів опитування судноводіїв про ефективність різних систем радіозв'язку в ГМЗЛБ. У зазначеному документі зроблені такі висновки щодо УКХ обладнання радіотелефонії і ЦВВ:

- 1) З усього радіообладнання ГМЗЛБ найбільш часто використовується УКХ станція, потім СЗС Инмарсат і приймач НАВТЕКС;
- 2) До числа абсолютно необхідним обладнанням відноситься УКХ станція, потім слідує СЗС Инмарсат і АРБ;
- 3) ЦВВ контролер використовується 54,3% респондентів, в той час як 45,7% опитаних його не використовують;
- 4) 96% респондентів відповіли, що вони часто використовують УКХ станцію, 91% сказали, що вона є абсолютно необхідною;
- 5) Питанням першорядної важливості в справі модернізації ГМЗЛБ є підвищення ефективності радіообладнання.

Запровадження в морському радіозв'язку ЦВВ дозволило зняти слухову вахту на частоті ПХ діапазону 2182 кГц. В УКХ діапазоні слухова вахта на каналі 16 строго кажучи не є обов'язковою, а є правилом хорошої морської практики. Щодо слуховий вахти на каналі 16 УКХ слід сказати, що відповідно до Конвенції СОЛАС, гл. IV, правило 12, а також Регламентом Радіозв'язку (ITU, RR 38-16) стверджується: «... на кожному судні, що знаходиться в морі, має вестися, коли це практично можливо (where practicable), безперервне слухове спостереження на каналі 16 УКХ». Навпаки, радіовахта на каналі 70 ЦВВ є обов'язковою без будь-яких виключень.

Термін «where practicable» в оригінальних документах SOLAS і Регламенту Радіозв'язку вказує на необов'язковість слуховий вахти на каналі 16. Наприклад, в зоні управління берегової СУРС і порту судноводій повинен чергувати на каналі, встановленим береговою станцією.

Дане положення підкреслює важливість системи ЦВВ в організації УКХ радіозв'язку судно-судно, оскільки пропадає можливість голосового виклику на каналі 16, що часто використовується на практиці.

Слід зазначити, що з введенням ГМЗЛБ в 1999 році планувалося взагалі зняти слухову вахту на каналі 16, як це було зроблено стосовно частоти 2182 кГц в ПХ діапазоні. Однак слухова вахта на частоті 16-го каналу УКХ (156,8 кГц) збережена в тому вигляді як це зазначено в документах СОЛАС і РР в основному з міркувань забезпечення УКХ радіозв'язку з малими суднами, які не підпадають під вимоги ГМЗЛБ і тому не мають на борту апаратури ЦВВ (див. Резолюцію 331, п. f) МСЕ). В іншому випадку неконвенційні судна випали б з мережі УКХ радіотелефонного зв'язку. Слухова вахта на каналі 16 є прикладом гарної морської практики, хоча обов'язковість такої вахти в міжнародних документах обмежується словосполученням «where practicable».

Навігація як переміщення судна заснована на: 1) оцінці навіколишнього оточення і 2) управлінні судном для досягнення безпечного переходу. Оцінка

навколишнього оточення включає в себе отримання даних різними сенсорами, їх обробку, зіставлення і представлення у вигляді зручному для сприйняття людиною. Остаточне судження про поточну обстановку складається в голові вахтового офіцера або виробляється колективно на основі індивідуальних думок. Так чи інакше оцінка навколишнього оточення знаходиться в парадигмі теорії об'єднання даних.

Отримання даних від різних навігаційних сенсорів, їх обробка та подання до найбільш зручному для судноводія вигляді важливі не самі по собі, а для реалізації процесу безпечного і ефективного управління судном. Процеси об'єднання даних та управління ресурсами двоїсті за своєю природою. Стосовно до СНР дуалізм (подвійність) понять і процесів концепцій об'єднання даних і управління судном визначено на деяких прикладах функціонування судових систем навігації та зв'язку.

Реакція судноводія на появу тих чи інших обставин виражається в прийнятті адекватних з точки зору ефективного і безпечного плавання дій з управління судном через відповідні виконавчі пристрої (актуатори). Управління судном може бути представлено в термінах теорії управління ресурсами.

Між цими двома процесами - об'єднання даних і управління ресурсами - існує дуалізм (подвійність) понять. Дуалізм процесів об'єднання даних і управління ресурсами в морській навігації і радіозв'язку відображений у таблиці 1.

Таблиця 1 – Дуалізм процесів в морській навігації і радіозв'язку

Об'єднання даних	Управління ресурсами
Сенсори / Джерела інформації: РЛС, АІС (прийом), гірокомпас, лаг, УКХ (прийом), приймач НАВТЕКС, візуальне і слухове спостереження	Ресурси: виконавчі пристрої (пропульсивна установка, рульовий пристрій), АІС (передача), УКХ (передача), звукова сигналізація, навігаційні вогні
Об'єднання інформації, отриманої з різних незалежних джерел, наприклад, зіставлення зображень РЛС/ ЗАРП, АІС, даних візуального спостереження, УКХ радіозв'язку на прийом	Розбиття загальної задачі по управлінню судном на ряд дій, необхідних для досягнення поставленої мети, виходячи з наявних ресурсів, наприклад, зміна курсу, швидкості судна-оператора, передачі інформації по УКХ радіозв'язку
Процеси описуються деревом, що сходиться, від сенсорів/джерел до оператора для оцінки ситуації та прийняття рішення	Процеси описуються розходяться деревом від оператора до виконавчих пристроїв і передавачів даних (сигналів)

Процеси об'єднання даних і управління судном в загальному вигляді представляються деревами, що сходяться і розходяться відповідно (рисунк 4). Для об'єднання даних входами є дані від незалежних сенсорів. Вихідні дані від

сенсорів є абстрактним для користувача потоком символів. Після об'єднання даних у вузлі «сирі» дані в асоційоване подання, наприклад, на графічному дисплеї вже більш придатні для сприйняття користувачем. На рисунку 4 для спрощення вузли об'єднання даних пов'язують два джерела. Насправді є більше

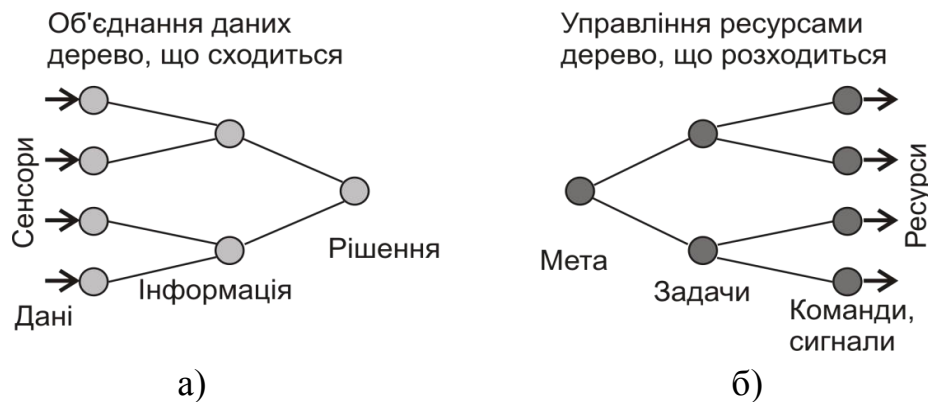


Рисунок 4 – Дуалізм процесів об'єднання даних (а) і управління ресурсами (б)

число джерел, а структура дерева не є регулярною. Наприклад, одним типовим вузлом об'єднання даних є дисплей ЕКНІС, іншим - дисплей РЛС/ЗАРП, третім - візуальне спостереження і вимірювання секстаном безпосередньо вахтовим офіцером. Вершиною дерева є рішення судноводія на підставі аналізу (об'єднання) інформації, отриманої від попередніх вузлів.

Методологія об'єднання даних від різних навігаційних датчиків проілюстрована на рисунку 5. Після кожного вузла з'являються нова інформація про цілі (навігаційну ситуацію), причому ця інформація набуває якісно нових ознак. Інтегрування системи радіозв'язку ЦВВ в загальну схему дозволяє доповнити уявлення про поточну навігаційної обстановці і отримати нові якості як в плані аналізу навколишнього оточення, так і в плані управління ресурсами судна і прийняття рішень.

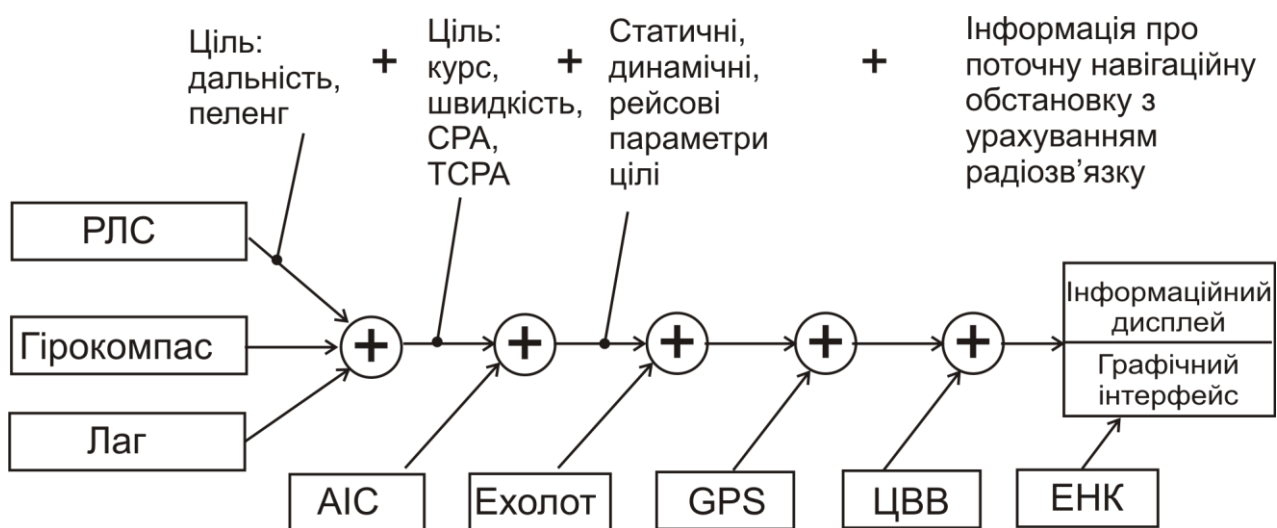


Рисунок 5 – Об'єднання даних навігаційних сенсорів і систем радіозв'язку

Процес управління судном представляється деревом, що розходитьсь з початковим вузлом, відповідає меті дії, маневру та кінцевими вузлами, які представляють доступні ресурси (управління курсом, швидкістю судна, АІС на передачу, радіозв'язок). При реалізації конкретного завдання судноводій повинен вжити ряд дій, дати відповідні команди управління пропульсивною установкою, рульової машиною, сигналами і в тому числі радіозв'язком. Дані про навігаційний стан судна (координати, курс, швидкість і ін.) автоматично передаються по каналах радіозв'язку АІС. Втручання оператора тут не потрібно, крім рішення капітана про вимикання АІС в разі потреби. Дані АІС від судна-оператора необхідні суднам-цілям в найближчому оточенні для прийняття адекватних дій з метою безпечного розходження, а також для забезпечення ідентифікації судна-оператора в разі необхідності встановлення з ним УКХ радіозв'язку.

Для встановлення радіозв'язку з потрібним судном-ціллю, наприклад, з метою узгодження або підтвердження намірів щодо виконання маневру, перш за все, необхідно зробити виклик в системі ЦВВ (70-й канал УКХ). В інтегрованій системі немає необхідності визначати ІМПС необхідного судна і вводити його вручну з панелі керування контролером ЦВВ. Досить, маючи загальне уявлення про навігаційну обстановку на екрані ЕКНІС (або інформаційному дисплеї ІНС), вибрати АІС позначку потрібного судна і дати команду на автоматичне формування виклику.

В контексті методології управління ресурсами вузол встановлення радіозв'язку на дереві, що розходитьсь, має три виходи:

- АІС (автоматична передача даних, в тому числі ІМПС, які будуть використані на судні-цілі при аналізі ситуації і підтвердження виклику);
- ЦВВ (формування і передача виклику судну-цілі або всім суднам, вибір оператором робочого каналу і передача його номера в складі ЦВВ);
- радіотелефонія, голосовий зв'язок (передача голосового повідомлення щодо планованого маневру).

Доведено, що відхід судноводія від використання ЦВВ при встановленні радіозв'язку і заміна його голосовим викликом на 16-му каналі звужує область доступних оператору ресурсів. Замість трьох потенційно можливих ресурсів, як зазначено вище, він використовує тільки один ресурс - голосовий зв'язок, що в цілому призводить до неточностей взаємної ідентифікації і затримки власне інформаційного обміну по радіотелефону.

Використання дисплею ЕКНІС для здійснення управління апаратурою радіозв'язку з точки зору впровадження в морські стандарти стикається з певними обмеженнями тому що ця система перевантажена суто навігаційними завданнями і функціями. Вимоги до ЕКНІС на рівні міжнародних стандартів були окреслені і зафіксовані. Тому додавання ще одної функції з управління зв'язком до ЕКНІС стало неможливим з адміністративних мотивів. В якості окремого дисплею для реалізації управління зв'язком у подальших дослідженнях був обраний інформаційний дисплей інтегрованої навігаційної системи. Цей дисплей здатний відображати АІС-цілі, електронні карти (при

необхідності) і реалізувати сучасне управління модулями зв'язку програмним чином за допомогою графічного інтерфейсу.

У **третьому розділі** «Автоматична ідентифікація УКХ радіотелефонних передач морського рухомого зв'язку» розроблений спосіб АІ голосових повідомлень в морського радіозв'язку. АІ важлива, тому що голосове повідомлення ідентифікатора судна (назва/позивний сигнал, ІМПС) може бути неприйнятним, невірно зрозуміло або відсутнє взагалі. Анонімні передачі, особливо на каналах лиха і безпеки, негативно впливають на безпеку судноплавства. Автоматично переданий ідентифікатор судна у вигляді цифрової інформації може далі відображатись і потрапляти в інші системи.

Також відома проблема залипання кнопки передавання (тангенти) на УКХ слухавці, так званий «кнопковий» ефект (“keying phenomenon”). Його прояв особливо шкідливий в зоні дії берегових СУРС тому що режим передавання в УКХ діапазоні блокує усі інші передачі суднових і берегової станції на цьому каналі. Добре відомі нарікання операторів морських рятувально-координативних центрів на цю проблему. Локалізація судна порушника вимагає використання спеціальних радіопеленгаторів.

Розроблений спосіб заснований на використанні цифрових водяних знаків (ЦВЗ), яка передбачає вбудовування цифрових даних безпосередньо в звуковий сигнал без будь-якого слухового сприйняття цього втручання. Даний спосіб не вимагає заміни штатної апаратури, додаткового частотно-часового ресурсу радіоканалу, зміни процедур радіозв'язку і при цьому повністю сумісний з працюючим обладнанням радіозв'язку, яке не має функції АІ. Крім вирішення основного завдання надійної ідентифікації передача цифрової інформації на фоні мовного сигналу дозволяє:

- направляти дані ідентифікації в інші інформаційні системи, наприклад, електронну картографічну навігаційну систему або інформаційний дисплей для маркування судна, що передає;
- здійснювати моніторинг радіопередач з метою виявлення порушників;
- використовувати можливість прихованої передачі інформації в спеціальних додатках, наприклад, при терористичних загрозах.

Кодер ЦВЗ (рисунок 6) здійснює вбудовування цифрової інформації безпосередньо в звуковий сигнал x в точці 1. У кодері ЦВЗ формується стегосигнал (сигнал з нечутними на слух додатковими даними) $s = x + w$, якій формується з урахуванням самого звукового сигналу-носія x і даних, що

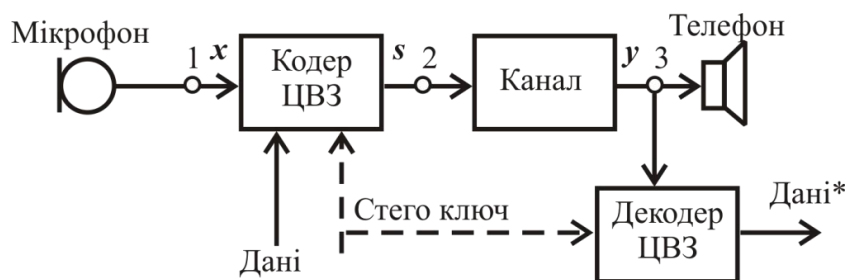


Рисунок 6 – Схема прихованої передачі додаткової інформації за технологією ЦВЗ

мають бути приховано передані в основному радіоканалі. Канал (2 – 3) представляє собою сукупність штатної прийомо-передавальної апаратури (трансивер) і власне радіоканал зв'язку. На прийомному боці (точка 3) цифрові дані виділяються з сигналу $y = s + n$ декодером ЦВЗ і використовуються у подальшому за своїм призначенням. Стего ключ (відкритий або закритий) може використатися для шифрування даних.

Розроблена модель передавання даних ЦВЗ з використанням поінформованого кодеру, тобто такого, що використовує звуковий сигнал-носіє в алгоритмі внесення даних. Така модель характеризується взаємопов'язаними параметрами: *кількість* вбудованої інформації, *якість* стегосигналу з вбудованими даними ЦВЗ і *стійкість* ЦВЗ до перешкод в каналі передачі. Основною вимогою, що пред'являються до системи з ЦВЗ, є їх висока стійкість до різного роду впливів (атак), що призводять до спотворень або втрат даних на приймальному боці.

Пропускна здатність C (біт/відлік) каналу з поінформованим кодером з незалежними сигналом-носієм $x \sim N(0, \sigma_x^2)$ і завадою $n \sim N(0, \sigma_n^2)$, які представляються адитивним білим гаусівим шумом (АБГШ), визначається наступною формулою $C = 1/2 \log_2(1 + \sigma_w^2 / \sigma_n^2)$, де σ_w , σ_n - середне-квадратичне відхилення (с.к.в.) внесених спотворень і шуму в радіоканалі відповідно.

Тобто теоретично поінформований кодер дозволяє отримати пропускну здатність, яка залежить тільки від невідомого шуму радіоканалу і не залежить від самого сигналу-носія x .

Досліджені два класу алгоритмів ЦВЗ: 1) алгоритми з неінформованим кодером, коли сигнал ЦВЗ w додається незалежно до сигналу-носія і 2) алгоритми з поінформованим кодером, коли сигнал ЦВЗ залежить не тільки від даних d , але і від сигналу-носія x : $w = W(x, d)$. Показано, що алгоритми 1) не дозволяють задовольнити критерій *кількість-якість-стійкість* для практичного використання ЦВЗ в радіоканалах. Тому дослідження мають бути спрямовані на розробку алгоритмів класу 2) з поінформованим кодером, хоча вони є більш складними і потребують певної затримки передавання мовного повідомлення для обробки у кодері.

Розроблений і досліджений алгоритм вбудовування даних шляхом модуляції індексу квантування з розширеним перетворенням (МІК-РП), у якому один біт вбудованого ЦВЗ розподіляється на L відліків носія. В цьому випадку стегосигнал записується у векторній формі $\mathbf{s} = \mathbf{x} + \mathbf{w}$, де $\mathbf{s} = (s_1, s_2, \dots, s_L)$, $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_L)$, $\mathbf{w} = (w_1, w_2, \dots, w_L)$ - вектори-рядки довжиною L відповідно стегосигналу, носія і сигналу ЦВЗ відповідно. Отримаємо вираз для вектора ЦВЗ у вигляді $\mathbf{w} = (q(\tilde{x}, \Delta, d) - \tilde{x})\mathbf{u} / L$, де $\tilde{x} = (\mathbf{x}, \mathbf{u})$ - скалярний добуток, Δ - крок квантування, $\mathbf{u}$ - псевдовипадковий вектор. Алгоритм МІК-РП дозволяє вирішити компромісну задачу оптимізації параметрів системи ЦВЗ – підвищення стійкості даних за рахунок зменшення об'єму вбудованих даних (або якості стегосигналу).

Встановлено, що головним недоліком МІК-РП з фіксованим кроком квантування є її висока чутливість до амплітудних спотворень сигналу. Атака в каналі передачі у вигляді навіть незначної мультиплікативної перешкоди призводить до руйнування ЦВЗ. Для нечутливості ЦВЗ до амплітудних спотворень розроблений алгоритм з нормуванням кроку квантування відповідно до с.к.в. сигналу-носія в кодері і стегосигналу в декодері дозволяє практично виключити вплив мультиплікативної завади в каналі передачі.

Розроблений спосіб передавання додаткової інформації має переваги над існуючою річковою системою ATIS (Automatic Transmission Identification System), зокрема в тому, що передавання даних ідентифікації здійснюється з самого початку режиму передавання (натискання тангенти), а не після її відпускання, має повну сумісність з існуючим обладнанням, більш широкі функціональні можливості.

АІ вирішує проблему автоматичного впізнавання передаючих станцій в рамках збереження конвенційного морського обладнання зв'язку і дозволяє виявляти анонімні передавання, які вкрай шкідливі в акваторії дії берегових станцій, та у разі передавань сигналів про лихо. АІ крім навігаційної безпеки (safety) підвищує рівень кібербезпеки (security) завдяки подоланню навмисно фальшивих радіопередач, а також реалізує можливість прихованого передавання інформації у разі терористичних загроз.

Четвертий розділ «Формування, виявлення і декодування ЦВЗ для аналогових радіотелефонних каналів з урахуванням реальних завад» присвячений розробці моделі каналу передавання і практичних алгоритмів формування і виявлення ЦВЗ.

Стандартний УКХ радіоканал радіотелефонного зв'язку, який використовується в даний час в ГМЗЛБ, є аналоговим із застосуванням класів випромінювання F3E/G3E - частотна/фазова модуляція з використанням піднесучої частоти 1700 Гц. Встановлено, що в каналі діють наступні спотворення: 1) міжсимвольна інтерференція (МСІ); 2) нелінійні спотворення, зокрема, обмеження по амплітуді в тракці низькочастотного посилення; 3) повільна мультиплікативна перешкода (коливання рівня сигналу); 4) адитивний білий гаусів шум n ; 5) помилки часової синхронізації.

Для досягнення нечутливості ЦВЗ до амплітудних спотворень в радіоканалі за рахунок подвійного нормування сигналу розроблений алгоритм зі збереженням потужності (або норми) сигналу в процесі вбудовування ЦВЗ.

Базовий одноканальний покроковий алгоритм вбудовування одного біту даних в коефіцієнти дискретного перетворення Фур'є наведений нижче:

Крок	Обчислення
1	$X = \text{ДПФ}_N \{xt\}$, Дискретне перетворення Фур'є розмірності N , де xt – вихідний сигнал (сигнал-носіє) у часовій області

Крок	Обчислення
2	Коефіцієнт кореляції: $\tilde{x} = (\mathbf{x}, \mathbf{u}) / \ \mathbf{x}\ \ \mathbf{u}\ , \mathbf{x} \in \mathbf{X}$, де $(\mathbf{x}, \mathbf{u}) = x_1 u_1 + x_2 u_2 + \dots + x_L u_L$ скалярний добуток, $\mathbf{u} = (\pm 1)_L$, $\ \mathbf{x}\ = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_L^2}$ – норма вектора
3	Квантування на решітці Λ_d : $\tilde{s} = \arg \min_{\lambda \in \Lambda_d} \text{dist}(\lambda, \tilde{x}), \tilde{s} \in \mathbf{C}$ – комплексне число, $d = (\pm 1)$ – біт даних
4	Коефіцієнти перетворення: $\alpha = \sqrt{(1 - \tilde{s} \tilde{s}^*) / (1 - \tilde{x} \tilde{x}^*)}, \beta = \tilde{s} - \alpha \tilde{x}$
5	Отриманий вектор (стегосигнал) в частотній області: $\mathbf{s} = \alpha \mathbf{x} + \beta \mathbf{u}, \mathbf{S} = \mathbf{X}, S_i = s_i, i = \overline{1, L}$
6	Отриманий сигнал у часовій області: $\mathbf{st} = \text{ЗДПФ}_N \{\mathbf{S}\}$ – зворотне ДПФ

Вектор стегосигналу $\mathbf{s}$ з вбудованим бітом ЦВЗ задовольняє наступним умовам:

- 1) $\|\mathbf{s}\| = \|\mathbf{x}\|$ – потужність сигналу зберігається;
- 2) $\tilde{s} = (\mathbf{s}, \mathbf{u}) / \|\mathbf{s}\| \|\mathbf{u}\|$ – коефіцієнт кореляції векторів повинен дорівнювати значенню $\tilde{s}$, визначеного цією формулою, що дозволить однозначно визначити вбудований біт даних в приймачі;
- 3) $\|\mathbf{s} - \mathbf{x}\| = \min$ – спотворення сигналу-носія мінімізуються.

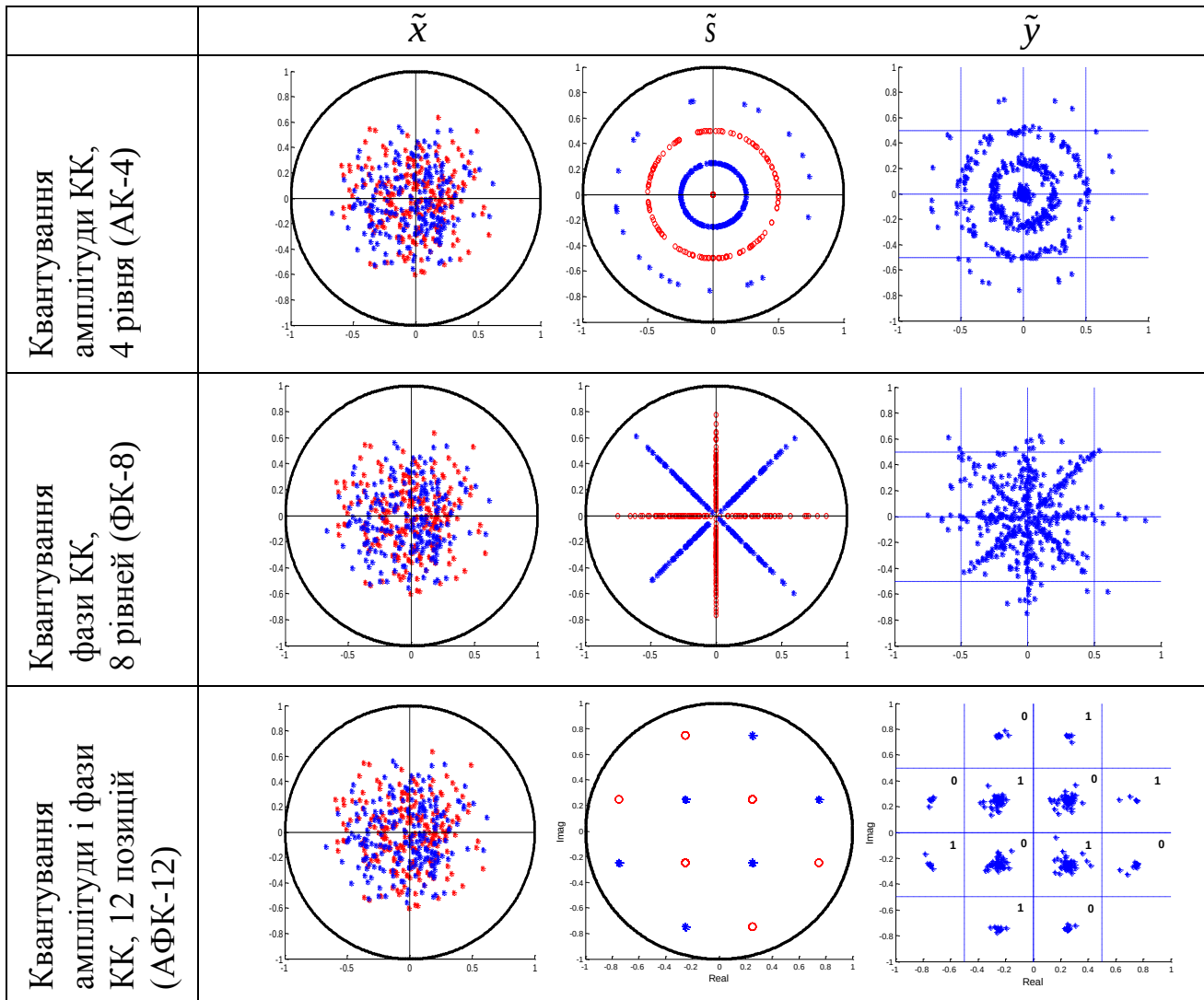
На приймальному боці оцінка прихованого біта ЦВЗ $\hat{d}$ здійснюється на решітці Λ можливих значень за критерієм максимальної правдоподібності за наступним покроковим алгоритмом:

Крок	Обчислення
1	$\mathbf{Y} = \text{ДПФ}_N \{\mathbf{y}\mathbf{t}\}$, ДПФ розмірності N , де $\mathbf{y}\mathbf{t}$ – сигнал що приймається у часовій області
2	Коефіцієнти кореляції у кожному каналі $i = \overline{1, n}$: $\tilde{y}_i = (\mathbf{y}_i, \mathbf{u}) / \ \mathbf{y}_i\ \ \mathbf{u}\ , \mathbf{y}_i \in \mathbf{Y}$
3	$\text{dist}_i = \min_{\lambda \in \Lambda_{10}} \text{dist}(\lambda, \tilde{y}_i), \Lambda_{10} = \Lambda_0 \cup \Lambda_1$
4	$D = \sum_{i=1}^n d_i$, якщо $D \leq \rho_{\text{det}}$ ЦВЗ виявлений, інакше - НІ
5	Оцінка прийнятого біту в i -му каналі: $\hat{d}_i = \arg \min_{\lambda \in \Lambda_d} \text{dist}(\lambda, \tilde{y}_i)$

Досліджувались різні види квантування коефіцієнту кореляції (КК) за параметрами, що піддавались квантуванню: абсолютне значення (амплітуда), фаза, амплітуда та фаза одночасно. У таблиці 2 наведені сузір'я КК $\tilde{x}$, $\tilde{s}$, $\tilde{y}$ для різних видів квантування.

Доведено, що спотворення сигнального вектора за оцінкою с.к.в. при інших рівних умовах будуть в 2 рази менше при АК, ніж для АФК: $\sigma_{\text{АК}} = 1/2 \sigma_{\text{АФК}}$. З трьох можливих видів квантування найкращий результат по співвідношенню кількість – якість – стійкість дає квантування КК за абсолютним значенням (амплітудою).

Таблиця 2 – Коефіцієнти кореляції $\tilde{x}$, $\tilde{s}$, $\tilde{y}$



Розроблений багатоканальний алгоритм формування ЦВЗ на основі ортогонального частотного мультимплексування (Orthogonal frequency division multiplexing, OFDM). OFDM є дієвим методом боротьби з міжсимвольною інтерференцією (МСІ). Доведено, що МСІ обумовлені нерівномірністю амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) низькочастотного тракту УКХ

трансиверу. Формування ЦВЗ в частотній області дозволяє використовувати технологію OFDM для ефективної протидії МСІ.

Досліджувались ЦВЗ в форматі одного «довгого» і декількох «коротких» розмірностей ДПФ. На рисунку 7 представлений формат п'яти «коротких» ДПФ (для спрощення рисунку розмірності $N=8$). Доведено, що «короткий»

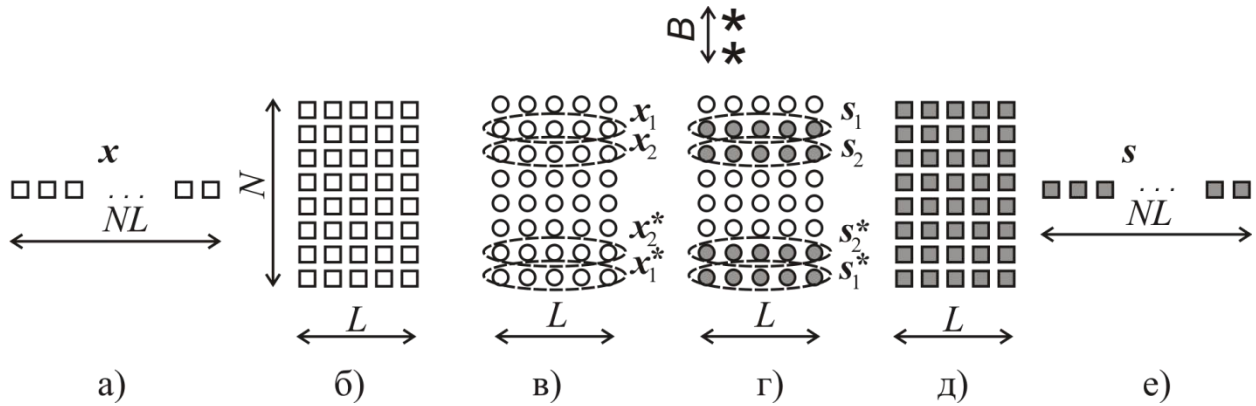


Рисунок 7 – Обробка пакета ЦВЗ в форматі п'яти «коротких» ДПФ:

а) – вихідна послідовність часових відліків; б) - матриця $N \times L$ часових відліків сигналу-носія; в) - матриця $N \times L$ частотних коефіцієнтів ДПФ; г) - модифіковані коефіцієнти ДПФ; д) - матриця $N \times L$ часових відліків стегосигналу; е) - послідовність часових відліків стегосигналу

формат пакету ЦВЗ краще підходить для протидії МСІ тому що відліки кожного з сигнальних векторів X_i розташовані в одному частотному субканалі і піддаються спотворенням в однакової мірі.

Процедура виявлення і декодування ЦВЗ в багатоканальному алгоритмі побудована на обробці сигналу в вікні, що ковзає, тривалістю одного пакета ЦВЗ. Процедура обробки заснована на вимірі мінімальних відстаней коефіцієнтів кореляції до вузлів решітки в кожному каналі, обчисленні норми вектора відстаней і порівняння її значення з порогом.

Після дискретизації сигналу обчислюється ДПФ поточного фрейму. Далі проводиться формування субканальних векторів y_i в частотній області та обчислення коефіцієнтів кореляції $\tilde{y}_i = (y_i, u_i) / \|y_i\| \|u_i\|$, $i = \overline{1, B}$ у кожному субканалі. Якби перешкоди в каналі передачі були відсутні, то за умови точної синхронізації усі КК в приймачі збігалися б з відповідними коефіцієнтами в передавачі: $\tilde{y}_i = \tilde{s}_i$, $i = \overline{1, B}$. Однак внаслідок дії перешкод навіть при точній синхронізації початку пакета ЦВЗ КК розрізняються. Значення параметра модуляції $\tilde{s}_i$ лежать строго на решітці Λ_0 або Λ_1 в залежності від біта ЦВЗ (тобто завжди знаходяться на об'єднаній решітці $\Lambda_{10} = \Lambda_0 \cup \Lambda_1$). Значення $\tilde{y}_i$ в приймачі відрізняються від $\tilde{s}_i$. Відхилення (помилки) в кожному каналі дорівнюють: $e_i = \tilde{y}_i - \tilde{s}_i$, $i = \overline{1, B}$.

Рішення про виявлення ЦВЗ виноситься на підставі порівняння норми вектора відхилень $\mathbf{e} = (e_1, e_2, \dots, e_B)$ з порогом: якщо $\|\mathbf{e}\| \leq \rho$, то ЦВЗ в аналізованому фреймі присутній, в іншому випадку - ні.

Отриманий важливий висновок про статистичні характеристики норми $\|\mathbf{e}\|$

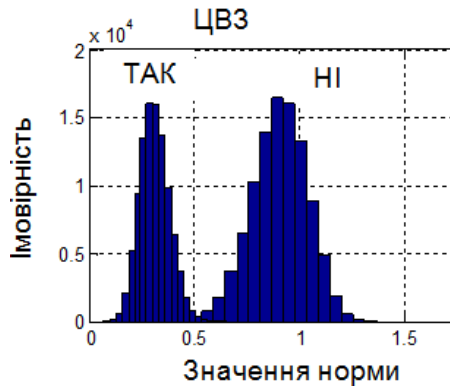


Рис. 8. Виявлення ЦВЗ

вектора субканальних помилок e_i : дисперсія норми не залежить від числа субканалів B , в той час як її середнє значення пропорційне $\sqrt{B}$.

Застосований критерій Неймана-Пірсона для вибору порога $\|\mathbf{e}\| \leq \rho$. Згідно з цим критерієм вибирається такий алгоритм виявлення, який забезпечує мінімальну величину імовірності пропуску ЦВЗ (або максимальну імовірність правильного виявлення) за умови, що імовірність помилкового виявлення ЦВЗ не перевищує заданої величини (див. рисунок 8), по осі абсцис відкладено значення норми помилок.

Розроблений алгоритм виявлення ЦВЗ пред'являє високі вимоги до швидкодії процесора при практичній реалізації пристрою.

Кардинальним вирішенням проблеми виявлення даних ЦВЗ явилась розробка методу синхронізації даних за допомогою сигналу точного часу приймача GPS.

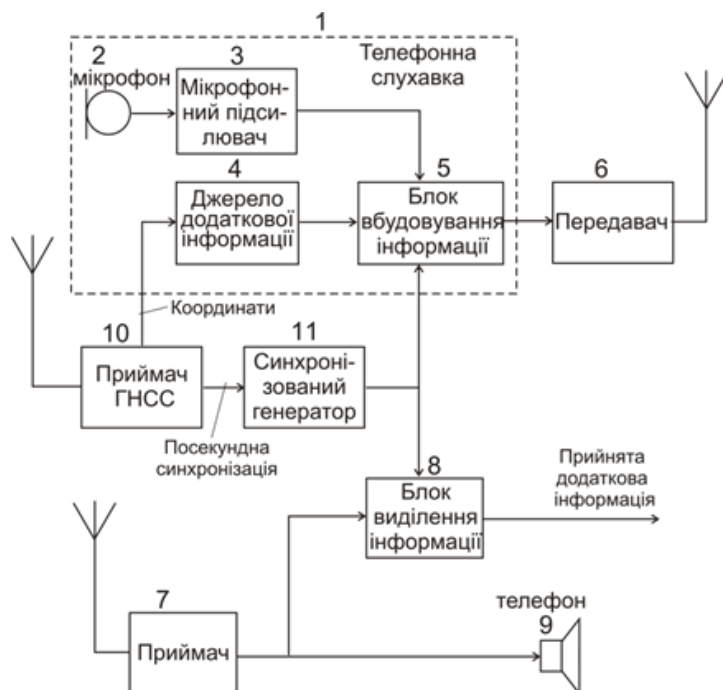


Рисунок 9 – Пристрій для передавання додаткової інформації з синхронізацією даних приймачем GPS

Пристрій (рисунок 9) не вимагає внесення яких-небудь змін у базовий комплект апаратури радіозв'язку морських суден і зміни експлуатаційних процедур радіозв'язку, а може використовуватися для надання радіотелефонному зв'язку нової функції, яка дозволяє передавати додаткову інформацію різноманітного призначення: даних ідентифікації, координат, інформації спеціального призначення, що важливо для виявлення кіберзагроз. Заміні підлягає тільки радіотелефонна слухавка на нову з вбудованим у неї модулем у мікроелектронному виконанні.

В п'ятому розділі «Передача додаткової інформації у цифрових радіоканалах» розроблено два підходи до реалізації стеганографічного передавання інформації в цифровому каналі. Перший підхід (структура ЦВЗ-АЦП-канал) базується на вбудовуванні додаткової інформації безпосередньо в аналоговий звуковий сигнал (рисунок 10 а)). Природно це не перешкоджає застосуванню цифрової обробки для вбудовування цифрових даних в сигнал-носій. Спочатку звуковий сигнал, що знімається з мікрофона, має аналоговий

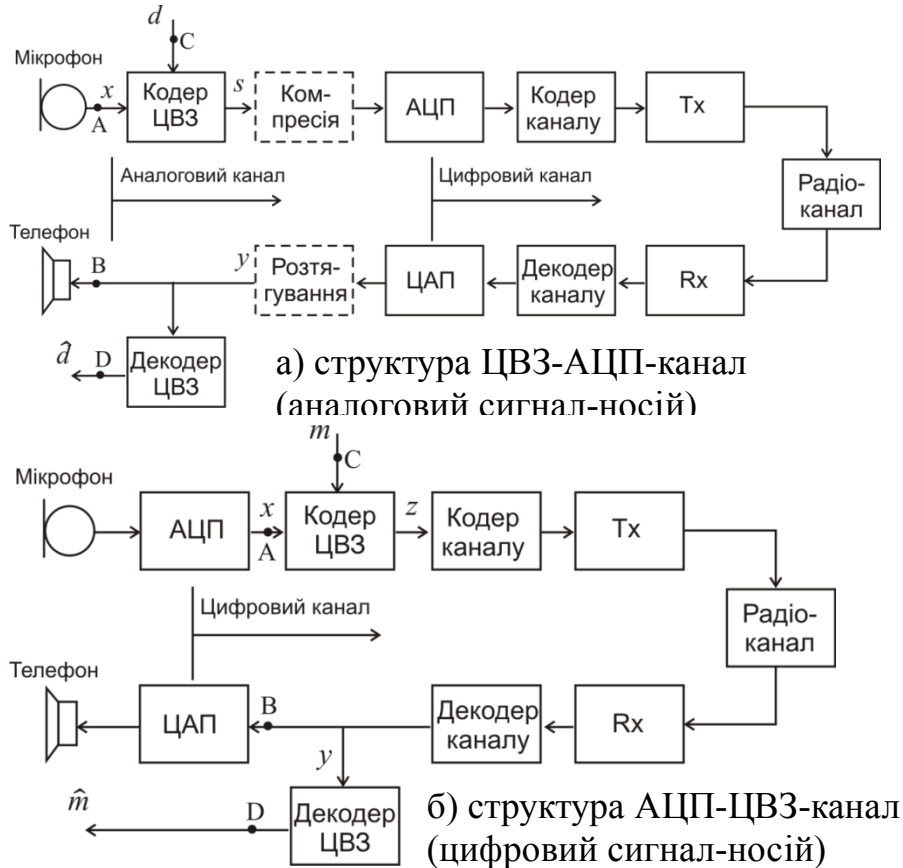


Рисунок 10 – Передавання додаткових даних у цифрових каналах

характер. У кодері ЦВЗ здійснюється вбудовування додаткової цифрової інформації. У даному випадку під кодером слід мати на увазі деякий пристрій, який трохи модифікує вихідний сигнал, дозволяючи тим самим передати додаткову інформацію у вигляді ЦВЗ.

Другий підхід (структура АЦП-ЦВЗ-канал) реалізований на вбудовуванні інформації в цифровий потік (рисунок 10 б)). Блок ЦВЗ поміщений вже безпосередньо в цифровий канал. Цифровий потік формується, наприклад, на виході диференціального імпульсно-кодового модулятора (ДІКМ) або кодово-імпульсного модулятора (КІМ).

У структурі АЦП-ЦВЗ-канал при модифікації бітів цифрового потоку для підвищення інформаційної ефективності ЦВЗ (відношення швидкості додаткової інформації до внесеним спотворень, R/D) необхідне застосування кодів досконалих кодів, прикладами яких є коди Хеммінга або Голея. Наприклад, для коду Хеммінга (1023,1013) інверсія одного біта в

інформаційному блоку довжиною 1023 розряди забезпечує приховану передачу 10 біт додаткової інформації. Інформаційна ефективність при цьому обмежена межею Шеннона.

В розробленому синдромному методі вбудовування інформації інформаційна ефективність ЦВЗ значно перевищує цей показник для методу заміни наймолодших бітів. Для практичної реалізації синдромного методу запропоновано представлення коду довжиною n графом Таннера. Для обчислення шуканого вектора, який в найменшому ступені відрізняється від вихідного вектору, застосований ітеративний імовірнісний алгоритм декодування з жорстким рішенням, який використовується для декодування завадостійких кодів з низькою щільністю перевірок на парність (так звані LDPC-коди).

У структурі ЦВЗ-АЦП-канал додаткові дані вбудовуються в сигнал-носії безпосередньо після мікрофонного підсилювача і повинні зберігати стійкість до звичайних операцій обробки сигналів, зокрема квантування і операцій стиснення інформації. В кінцевому підсумку операції квантування сигналу і стиснення цифрового потоку еквівалентні внесенню адитивного шуму в стегосигнал, стійкість до якого забезпечується належним вибором параметрів сигналу ЦВЗ.

У шостому розділі «Апаратна реалізація, комп'ютерне моделювання і експерименти» наведені відповідні результати з практичної реалізації пристроїв, комп'ютерного моделювання в середовищі математичного пакету програм МАТЛАБ і натурних випробувань експериментальних зразків. На рисунку 11 наведена структурна схема розробленого апаратно-програмного

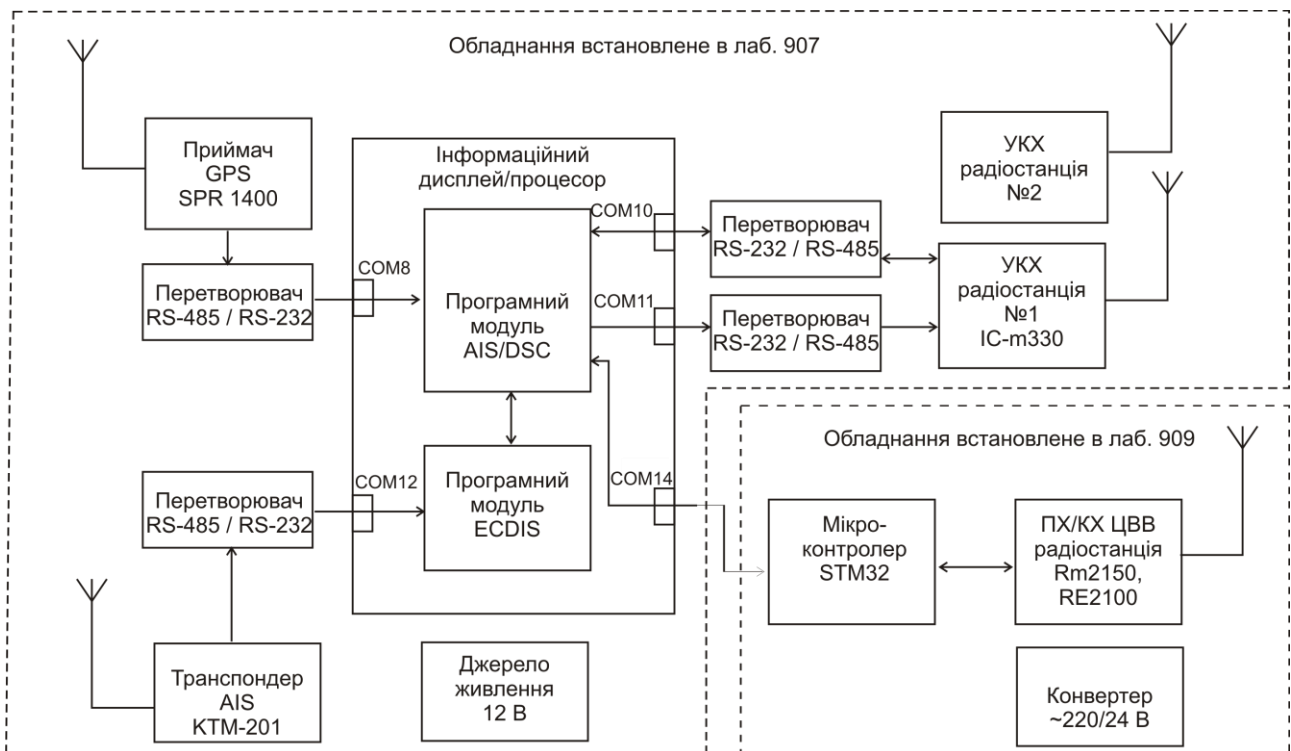
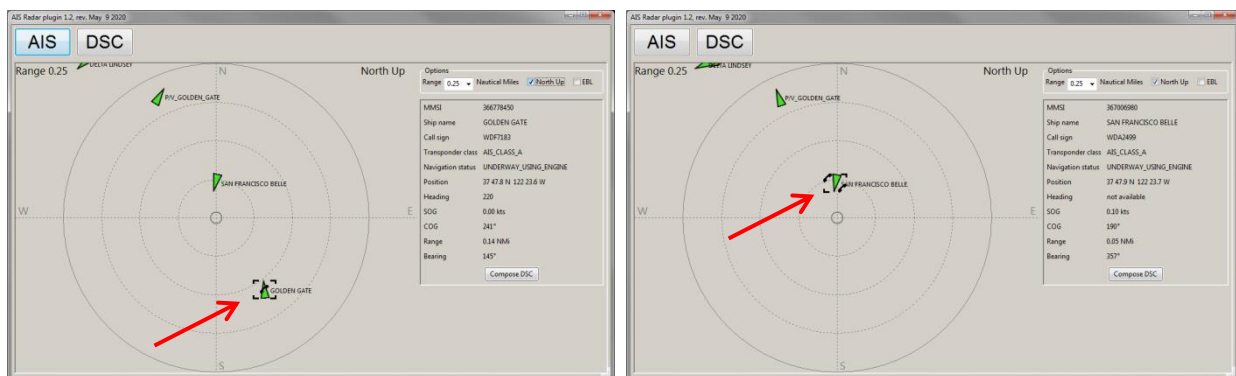


Рисунок 11 – Структурна схема апаратно-програмного комплексу інтегрованої системи радіозв'язку і навігації

комплексу (АПК) інтегрованої системи радіозв'язку і навігації. Розроблений АПК є прототипом SMART системи відображення навігаційної обстановки з урахуванням УКХ радіозв'язку і виклику суднових станцій за допомогою AIS відміток.

Випробування АПК проводились у мережі суднових і берегових радіостанцій при взаємодії з Казенним підприємством «Морська пошуково-рятувальна служба», м. Одеса. Управління модулями радіозв'язку в системі SMART здійснюється з графічного дисплею за допомогою команд-речень стандарту IEC 61162-1. Знімки екранів графічного інтерфейсу користувача – вахтового офіцера та фото експериментального стенду АПК представлені на рисунку 12 і рисунку 13 відповідно.



а) судно, що викликається

б) судно, що викликає

Рисунок 12 – Графічний інтерфейс інтегрованої системи AIS – Інформаційний дисплей – ЦВВ в адресному режимі виклику судно – судно



Рисунок 13 – Загальний вид випробувального стенду АПК

На рисунку 14 наведена схема проведення тестувань системи передавання додаткової інформації у складі УКХ радіотелефонного повідомлення. Пристрій

реалізований на мікроконтролері STM32 Discovery і GPS модулі NEO-6M-0-001. Синхронізація фреймів звукового сигналу в передавачі і приймачі здійснюється часовими імпульсами модуля GPS. Пристрій дозволяє передавати

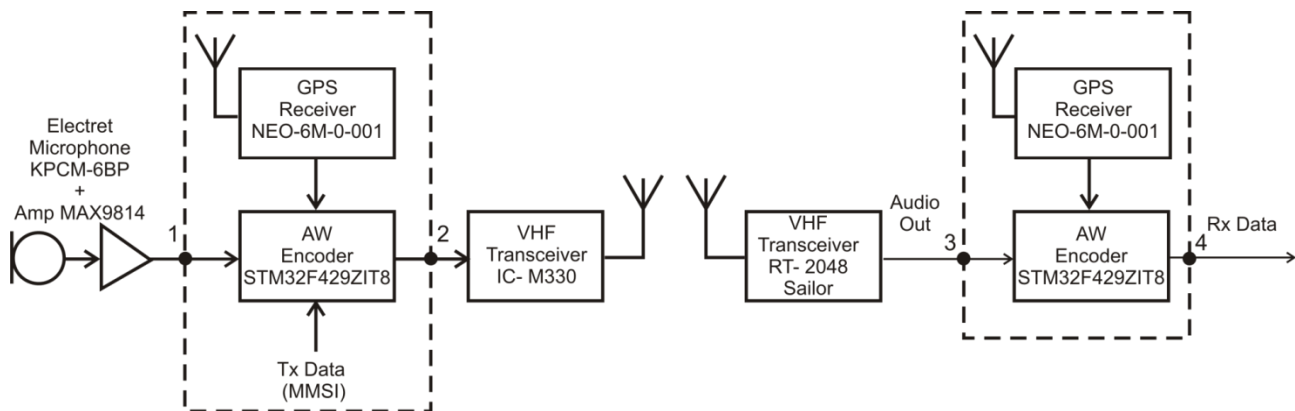


Рисунок 14 – Схема проведення тестувань системи передавання додаткової інформації в УКХ радіоканалі

додаткові дані на фоні радіотелефонного мовного сигналу зі швидкістю 32 біт/с без будь-якої заміни штатного УКХ обладнання і забезпечує повну сумісність з існуючим обладнанням інших суднових і берегових станцій.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішено важливу проблему вдосконалення сучасних систем зв'язку і навігації морських суден за рахунок їх інтегрування і спільної обробки даних, залишаючись при цьому в рамках базового складу суднового обладнання. Відмінностями досліджень є те, що вони спираються на застосування штатного конвенційного обладнання і забезпечують повну сумісність з існуючим обладнанням.

Основні результати теоретичних і експериментальних досліджень полягають у наступному:

1. Розроблена концепція управління радіозв'язком, яка ґрунтується на інтегруванні комунікаційного і навігаційного обладнання, використання графічного інтерфейсу з використанням інформаційного дисплею і спільної обробки даних АІС та ЦВВ в інформаційному дисплеї і ідентифікації радіотелефонних передач. Це дозволяє отримати синергетичний ефект і досягти мети поліпшення навігаційного спостереження і створення ефективного інтерфейсу (SMART інтерфейс) для моніторингу і управління модулями апаратури радіозв'язку за рахунок спільної обробки даних від незалежних суднових засобів навігації і зв'язку.

2. Розроблена практична методологія інтегрування систем радіозв'язку і навігації, що забезпечує сумісність з діючою судною апаратурою і відповідає вимогам до штатного обладнання суден. Запропонований графічний інтерфейс людина-машина відображає цільну інформацію з навігаційної обстановки з урахуванням радіозв'язку і придатний для безпосереднього прийняття вахтовим

офіцером рішень з управління судном. Для моніторингу/управління радіозв'язком спочатку обраний дисплей ЕКНІС, який у подальшому був замінений на окремий інформаційний дисплей, виходячи з перевантаження ЕКНІС іншими функціями суто навігаційного призначення.

3. Доведено, що реалізація дистанційного моніторингу/управління радіомодулями зв'язку дозволяє створити стандартизований інтерфейс людина-машина, вільний від різноманіття кнопочних приборних інтерфейсів радіообладнання чисельних виробників. Практично цей інтерфейс може бути реалізований на інформаційному дисплеї ІНС в рамках додаткового модуля F, який планується включити до складу ІНС.

4. Розроблений спосіб АІ радіотелефонних передач на основі використання технології ЦВЗ в умовах збереження існуючого конвенційного обладнання морського УКХ радіозв'язку. Доведені переваги розробленого методу АІ для своєчасної ідентифікації станції, що передає в порівнянні з існуючою системою ATIS, яка використається на внутрішніх водах континентальної Європи. Розроблений спосіб АІ дозволяє підвищити навігаційну безпеку (safety) і кібербезпеку (security), зокрема:

- вчасно виявляти анонімні радіотелефонні передавання без використання засобів радіопеленгування, що вкрай важливо для захисту каналів (частот) лиха та безпеки;
- ідентифікувати навмисно несправжні (фейкові) радіоповідомлення від іншої станції з будь-яких міркувань;
- виявляти випадкові або навмисні западання тангенти слухавки (так званий "keying effect"), що може привести к блокуванню УКХ каналів берегових станцій управління рухом суден;
- здійснювати приховану передачу конфіденційних даних у разі терористичних загроз.

5. Розроблені алгоритми формування і виявлення ЦВЗ, які придатні для практичного використання в реальних радіоканалах за умови врахування впливу усіх можливих перешкод (атак), найбільш руйнівними з яких для даних ЦВЗ є коливання амплітуди сигналу, МСІ, помилки часової синхронізації. Встановлено, що найбільш ефективними алгоритмами вбудовування ЦВЗ є такі, що побудовані за умови знання звукового сигналу, тобто використання поінформованого кодеру. При цьому затримка сигналу на передачу дорівнює приблизно 64 мс, швидкість передавання даних ЦВЗ 32 біт/с при загальній слухової нечутливості вбудованих даних.

6. Доведено, що вбудовування даних ЦВЗ для забезпечення їх стійкості до зовнішніх завад необхідно здійснювати в частотній області ДПФ сигналу-носія. Рекомендовано застосування розмірності ДПФ 256 відліків при частоті дискретизації 8 кГц.

7. Для підвищення надійності АІ та виявлення вбудованих даних ЦВЗ запропоновано здійснювати синхронізацію ЦВЗ шляхом використання сигналів точного часу приймача ГНСС (GPS). Використання сучасної інформаційної технології ЦВЗ і навігаційної системи GPS для реалізації нової функції АІ в

радіотелефонному зв'язку ще раз підтверджує доцільність інтегрування технологій і систем для вирішення проблеми.

8. Запропоновано здійснювати інформаційний обмін в інтегрованій системі навігації і радіозв'язку за міжнародними стандартами серії IEC 61162.

9. Розроблені:

- експериментальний випробувальний АПК (стенд) інтегрованої системи у складі засобів радіозв'язку УКХ/ПХ/КХ з ЦВВ і навігації у складі АІС, приймача ГНСС (GPS), електронної картографії;
- експериментальна система АІ УКХ радіотелефонного повідомлення, яка реалізована на мікроконтролері STM32 Discovery і GPS модулі NEO-6M-0-001 із застосуванням штатних суднових трансиверів IC-M330 і Sailor RT-2048.

Проведені натурні випробування і дослідження експериментальних прототипів в реальних радіоканалах ЦВВ, АІС і радіотелефонії морської рухомої служби, які довели справедливості розроблених теоретичних положень.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці в національних і іноземних фахових виданнях:

1. Шишкин А.В., Кошевой В.М. Устойчивая к атакам масштабирования стеганографическая передача информации с исключением мешающего влияния сигнала-носителя. // Изв. вузов Радиоэлектроника, 2007, №6, т. 50, С. 3 – 15. DOI: 10.3103/S0735272707060015; *внесок автора: розробка інформованого кодеру вбудованих даних з нечутливістю до амплітудних коливань сигналу-носія. Наук. фахове видання України кат. А; індексується у Scopus.*

2. Шишкин А.В. Цифровые водяные знаки с расширением спектра для аудиосигналов при использовании информации о сигнале-носителе. // Изв. вузов Радиоэлектроника, 2008, №6, т. 51, С. 22 – 32. DOI: 10.3103/S0735272708060034. *Наук. фахове видання України кат. А; індексується у Scopus.*

3. Шишкин А.В. Применение адаптивных алгоритмов в звуковых стеганографических системах с расширением спектра сигнала. // Изв. вузов Радиоэлектроника, 2008, №10, т. 51, С. 10 – 21. DOI: 10.3103/S0735272708100026. *Наук. фахове видання України кат. А; індексується у Scopus.*

4. Шишкин А.В. Синдромный метод формирования цифровых водяных знаков и стеганографической передачи с использованием дополнительной информации о носителе // Изв. вузов Радиоэлектроника, 2010, №1, т. 53, С. 12 – 19. DOI: 10.3103/S0735272710010024. *Наук. фахове видання України кат. А; індексується у Scopus.*

5. Шишкин А.В. Устойчивые цифровые водяные знаки для звуковых сигналов // Изв. вузов Радиоэлектроника, 2011, №3, т. 54, С. 30 – 38. DOI: 10.3103/S0735272711030046. *Наук. фахове видання України кат. А; індексується у Scopus.*

6. Шишкин А.В. Идентификация радиотелефонных передач в УКВ диапазоне морской радиосвязи // Изв. вузов Радиоэлектроника, 2012, №11. т. 55, С. 11 – 20. DOI: 10.3103/S0735272712110027. *Наук. фахове видання України кат. А; індексується у Scopus.*

7. Шишкин А.В., Кошевой В.М. Автоматическая идентификация радиотелефонных передач в УКВ диапазоне морской подвижной службы // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сб. – 2008. – Вып. 14. Одесса: ОНМА. – С. 101 – 109; *внесок автора: застосування і порівняльний аналіз алгоритмів лінійного передбачення в задачі виявлення ЦВЗ для звукових сигналів.*

8. Кошевой В.М., Шишкин А.В. Помехоустойчивая идентификация радиотелефонных передач в аналоговых каналах морской радиосвязи // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сб. – 2009. – вып. 15. Одесса: ОНМА. – с. 29 – 36; *внесок автора: розробка стійкого до амплітудних спотворень алгоритму передавання даних за технологією ЦВЗ в аналоговому радіоканалі УКХ зв'язку.*

9. Кошевой В.М., Шишкин А.В. Повышение эффективности УКВ радиосвязи в интегрированной судовой системе радиосвязи и навигации // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 21. – Одесса: «ИздатИнформ», 2012 – С. 129 – 137; *внесок автора: розробка алгоритму внесення/виявлення цифрових даних в радіосигнал з використанням не інформованого кодеру і методики передавання даних ідентифікації в ЕКНІС.*

10. Шишкин А.В. Алгоритмы формирования цифровых водяных знаков для автоматической идентификации // Автоматизація суднових технічних засобів: наук. – техн. зб. – 2013 - Вип. 19. Одесса. С. 89 – 95.

11. Шишкін О.В. Формування і виявлення цифрових водяних знаків у системі автоматичної ідентифікації ультракороткохвильових радіопередач // Вісник Національного авіаційного університету, № 2 (55), 2013, С. 57 – 61.

12. Koshevoy V.M., Shishkin A.V. Novel Function of ECDIS for SMART VHF Communication // Науковий вісник Херсонської державної морської академії № 1 (10), 2014. С. 22 – 29; *внесок автора: розробка модулю взаємодії навігаційної системи ЕКНІС і ЦВВ контролеру УКХ радіозв'язку.*

13. Кошевий В.М., Шишкін О.В. Удосконалення системи УКХ радіозв'язку морського судноплавства // Наукові праці: Науково-методичний журнал. Серія «Техногенна безпека», Чорноморський державний університет ім. Петра Могили комплексу «Києво-Могилянська академія», Випуск 221, 2014, том. 233. С. 15 – 20; *внесок автора: розробка алгоритму автоматичної ідентифікації радіотелефонних передач з збереженням норми сигналу-носія.*

14. Кошевой В.М. Модернизация ЭКНІС для взаимодействия с системой УКВ радиосвязи / Кошевой В.М., Шишкин А.В. // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 24. Одесса: «ИздатИнформ», 2014 – С. 92 – 100; *внесок автора: розрахунок техніко-експлуатаційних характеристик системи ЕКНІС – УКХ ЦВВ і обґрунтування вибору комунікаційного інтерфейсу.*

15. Шишкін О.В. Прихована цифрова модуляція звукових сигналів / О.В. Шишкін // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2014. – № 58. – С. 129-138.

16. Шишкин А. В. Статистические цифровые водяные знаки звуковых сигналов / А.В. Шишкин // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія: Радіотехніка. Радіоапаратобудування, 2015, Вип. 62. - С. 20 – 30. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKPI_rr_2015_62_4. *Наук. фахове видання України кат. А.*

17. Koshevyu V.M., Shyshkin O.V., Lisaj A. ECDIS – VHF Integration in River Information Services // Автоматизация судовых технических средств: Науч.-технический сб. – 2015. вып. 21 – Одесса: ОНМА, С. 82 – 91; *внесок автора: розробка протоколу інформаційного обміну даними за стандартом NMEA-0183 в інтегрованій системі EKNIC – AIC – УКХ ЦВВ.*

18. Koshevyu V.M., Shyshkin O.V., Lisaj A. A method of Automatic Transmitter Identification for Inland VHF Communication // Автоматизация судовых технических средств: Науч.-технический сб. – 2015. вып. 21 – Одесса: ОНМА, С. 92 – 99; *внесок автора: розробка методу АІ радіопередач для використання на судах ріка – море і його порівняльний аналіз з існуючою системою ATIS.*

19. Шишкин А.В., Кошевой В.М. Цифровые водяные знаки для радиотелефонных каналов с межсимвольной интерференцией. Цифрові технології: Збірник / ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2018. – Вип. 23. С. 17 – 29; *внесок автора: розробка і математичне моделювання в середовищі МАТЛАБ алгоритмів вбудовування даних в області ДПФ.* Затверджено як фахове видання. Постанова президії ВАК України від 29.12.2014 № 1548.

20. Кошевой В.М., Ковалев Н.И., Шишкин А.В. Стандартизация интерфейса интегрированной системы радиосвязи / В.М. Кошевой, Н.И. Ковалев, А.В. Шишкин // Судовождение: Сб. научн. трудов НУ «ОМА», Вып. 29. – Одеса: «ІздатІнформ», 2019. – С. 116 – 125. DOI: 10.31653/2306-5761.29.219.116-125; *внесок автора: розробка апаратного інтерфейсу обміну даними в інтегрованій системі.*

21. Miyusov M.V., Koshevoy V.M., Shishkin A.V. Increasing Maritime Safety: Integration of the Digital Selective Calling VHF Marine Radiocommunication System and ECDIS // TransNav, International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol. 5, No. 2, June 2011, pp. 159 – 161; *внесок автора: розробка схеми підключення апаратури УКХ ЦВВ до EKNIC для відображення суден, що викликають.*

22. Shyshkin O.V., Koshevyu V.M. Stealthy Information Transmission in the Terrestrial GMDSS Radiotelephone Communication. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol. 7, No. 4 – December 2013, pp. 541 – 548. DOI: 10.12716/1001.07.04.09; *внесок автора: технічна розробка ідеї прихованого передавання текстової інформації у складі радіотелефонного повідомлення.*

23. Koshevyy V.M., Shyshkin O.V. ECDIS Modernization for Enhancing Addressed VHF Communication. // TransNav, International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol. 9, No. 3 – September 2015, pp. 327-331. DOI: 10.12716/1001.09.03.04; *внесок автора: вибір і обґрунтування комунікаційного інтерфейсу NMEA-0183 для обміну даними в інтегрованій системі. Видання входить до МНБ Scopus, Web of Science.*

24. Koshevyy V.M., Shyshkin O.V. Standardization of Interface for VHF, MF/HF Communication Using DSC within Its Integration with INS in the Framework of e-Navigation Concept. // TransNav, International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol. 13, No. 3 – September 2019, pp. 593 – 596. DOI: 10.12716/1001.13.03.15; *внесок автора: обґрунтування використання інформаційного дисплея ІНС у якості графічного інтерфейсу. Видання входить до МНБ Scopus, Web of Science.*

25. Koshevyy V.M., Konovets V.I., Shyshkin O.V. SMART Digital Selective Calling User Interface on the Base of Integration Maritime Navigation and Radiocommunication Equipment. // TransNav, International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol. 15, No. 2 – June 2021, pp. 291 – 297. DOI: 10.12716/1001.15.02.03; *внесок автора: розробка графічного користувальницького інтерфейсу (SMART інтерфейс) апаратно-програмного комплексу АІС – УКХ ЦБВ – Інформаційний дисплей. Видання входить до МНБ Scopus, Web of Science.*

26. Shyshkin O.V., Koshevyy V.M., Ryaboshapka I.V. GPS Synchronization of Audio Watermarks in the Maritime Automatically Identified Radiotelephony. // TransNav, International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol. 15, No. 2 – June 2021, pp. 307 – 311. DOI: 10.12716/1001.15.02.05; *внесок автора: розробка схеми синхронізації даних ЦВЗ за допомогою сигналу точного часу приймача GPS, алгоритму вбудовування даних і математичне моделювання. Видання входить до МНБ Scopus, Web of Science.*

Патенти на винаходи:

27. Патент України № 78762, МПК (2006) H04Q 7/32, B63B 49/00. Пристрій для цифрового вибіркового виклику з підвищеною оперативністю / Кошевий В.М., Шишкін О.В., Заїчко В.С. Заявник та патентовласник Національний університет «Одеська морська академія». Опубл. 25.04.2007, бюл. № 5, 2007 р.

28. Патент України № 81951, МПК (2006) G064K 9/00, H03M 7/00. Пристрій для прихованої передачі інформації у звукових сигналах / Шишкін О.В., Кошевий В.М. Заявник та патентовласник Національний університет «Одеська морська академія». Опубл. 25.02.2008, бюл. № 4, 2008 р.

29. Патент України № 85189, МПК (2009) H01K 1/00. Пристрій для прихованої передачі інформації у звукових сигналах / Шишкін О.В., Кошевий В.М. Заявник та патентовласник Національний університет «Одеська морська академія». Опубл. 12.01.2009, бюл. № 1, 2009 р.

30. Патент України № 90497, МПК (2009) H04W 92/00, G01B 5/14. Інтегрована система цифрового вибіркового виклику / Шишкін О.В., Кошевий В.М., Заїчко В.С. Заявник та патентовласник Національний університет «Одеська морська академія». Опубл. 11.05.2010, бюл. № 9, 2010 р.

31. Патент України № 91375, МПК (2009) H04J 13/02, H04J 4/00, H04B 7/14. Пристрій для автоматичної ідентифікації радіотелефонних передач / Шишкін О.В., Кошевий В.М. Заявник та патентовласник Національний університет «Одеська морська академія». Опубл. 26.07.2010, бюл. № 14, 2010 р.

32. Патент України № 92735, МПК (2009) H04J 13/02, H04J 13/00, H04J 4/00, H04M 11/00. Пристрій для автоматичної ідентифікації радіотелефонних передач / Шишкін О.В. Заявник та патентовласник Національний університет «Одеська морська академія». Опубл. 10.12.2010, бюл. № 23, 2010 р.

33. Патент України № 94276, МПК (2011.01) H03M 9/00, H04Q 9/00. Пристрій для віддаленого контролю і управління апаратурою цифрового вибіркового виклику морської рухомої служби / Кошевий В.М., Шишкін О.В., Заїчко В.С., Малярченко Ю.В. Заявник та патентовласник Національний університет «Одеська морська академія». Опубл. 26.04.2011, бюл. № 8, 2011 р.

34. Патент України № 104349, МПК (2014.01) H04J 13/00, H04M 11/06, H04L 25/00. Пристрій для автоматичної ідентифікації радіотелефонних передач із підвищеною стійкістю до міжсимвольних спотворень / Шишкін О.В., Кошевий В.М., Ляшко О.О. Заявник та патентовласник Національний університет «Одеська морська академія». Опубл. 27.01.2014, бюл. № 2, 2014 р.

35. Патент України № 110063, МПК (2015.01) G01C 21/00, H04B 7/26. Електронна картографічна навігаційна і інформаційна система / Кошевий В.М., Шишкін О.В. Заявник та патентовласник Національний університет «Одеська морська академія». Опубл. 10.11.2015, бюл. № 21, 2015 р.

36. Integriertes Systemeines digitalen Selektivrufs und einer elektronischen nautischen Seekartographie, DE 112007003617 T5 2010.08.12, H04B 7/26 PCT/UA2007/000073, WO2009022999 A1 Publ. date Nov 15, 2011 / Shishkin O.V., Koshevyu V.M., Zaichko V.S. (Патент Німеччини). Заявник та патентовласник Національний університет «Одеська морська академія».

37. Elektronisches kartografisches Navigations und Information System, DE 212014000248 U1, PCT/UA2014/000112, WO2015112106A1. Publ. date Sep 2, 2016 / Koshevyu V.M., Shishkin O.V. (Патент Німеччини). Заявник та патентовласник Національний університет «Одеська морська академія».

38. Патент України № 123326 Інтегрована система морського радіозв'язку/ Кошевий В.М., Шишкін О.В. 18.03.2021 р. Опубліковано 10.06.2019, бюл. № 11, 2021 р. Заявник та патентовласник Національний університет «Одеська морська академія».

Опубліковані праці апробаційного характеру:

39. Шишкін А.В., Кошевой В.М., Рудометов Ю.А. Скрытная передача информации в речевых сигналах // 2-й Международный радиоэлектронный форум. «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития». Сб. научных трудов. Т. III. Харьков: АНПРЭ, ХНУРЭ, 19 – 23 сентября 2005. С.

417 – 419; *внесок автора: обґрунтування технічної спроможності прихованого передавання інформації в мовних сигналах.*

40. Шишкин А.В., Кошевой В.М., Купровский В.И. Судовая интегрированная система радиосвязи и навигации // 2-й Международный радиоэлектронный форум. «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития». Сб. научных трудов. Т. II. Харьков: АНПРЭ, ХНУРЭ, 2005. С. 499 – 501; *внесок автора: розробка прототипу схеми інтегрованої системи радіозв'язку і навігації.*

41. Шишкин А.В. Information embedding and watermarking for multimedia and communication. Proceedings of IEEE. East-West Design & Test Workshop (EWDTW'06), Sochi, Russia, September 15-19, 2006, pp. 386 – 389.

42. Шишкин А.В., Кошевой В.М. Стеганографическая передача информации в звуковых сигналах // Труды 7-й Международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии, СИЭТ06»: Одесса, 2006, с. 234; *внесок автора: визначення кількості інформації, що приховано передається одним відкликом сигналу при певних умовах.*

43. Шишкин А.В. Эффективные алгоритмы стеганографической передачи информации//12-я Международная научно-техническая конференция "Радиолокация, навигация, связь. Сб. научных трудов. Воронеж: САКВОЕЕ, 2006. С. 793 – 801.

44. Shishkin A. Watermarking Technique for Images under Amplitude Scaling and JPEG Compression. IEEE. East-West Design & Test Symposium, 2007, Yerevan, Armenia, September 7-10, pp. 73 – 77.

45. Шишкин А.В., Кошевой В.М. Робастная к JPEG сжатию скрытная передача информации в изображениях // Труды 8-й Международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии, СИЭТ07»: Одесса, 21 – 25 мая 2007, с. 189; *внесок автора: дослідження алгоритмів вбудовування інформації в зображення.*

46. Шишкин А.В., Кошевой В.М. Обнаружение цифровых водяных знаков в аудиосигналах // Труды 9-й Международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии, СИЭТ08»: Одесса, 19 – 23 мая 2008, т. 1. с. 197; *внесок автора: дослідження алгоритмів виявлення цифрових водяних знаків за допомогою моделювання в системі Матлаб.*

47. Шишкин А.В., Кошевой В.М. Способ автоматической идентификации радиотелефонных передач в морской радиосвязи. - Автоматика-2008: доклады XV междунар. конф. по автоматическому управлению, 23 – 26 сентября 2008 г. - Одесса: ОНМА. – 992 с., С. 663 – 666; *внесок автора: розроблена схема автоматичної ідентифікації радіопередач з використанням не інформованого кодеру.*

48. Shishkin A.V. Automatic Identification of Radiotelephone Transmissions in the Maritime Communication // Proc. 6th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'08), Lviv, Ukraine, October 9 – 12, 2008. – P. 306 – 309.

49. Koshevyy V.M., Shishkin A.V. Robust Audio Watermarking for Identification and Monitoring of Radiotelephone Transmissions in the Maritime Communication // Proc. 7th IEEE East–West Design & Test Symposium (EWDTS'09). Moscow, Russia, September 18 – 21, 2009. – P. 377 – 380; *внесок автора: запропоновано регулювання кроку дискретизації пропорційно миттєвої потужності сигналу-носія в алгоритмі модуляції індексу квантування.*

50. Шишкин А.В., Кошевой В.М. Аутентификация изображений с помощью цифровых водяных знаков // Холодильная техника и технологии Сб. тезисов 9-й конференции «Математическое моделирование и информационные технологии», Одесса, 2009, С. 58 – 59; *внесок автора: розроблений алгоритм автентифікації зображень за технологією цифрових водяних знаків.*

51. Шишкин А.В. Применение кода Хемминга для стеганографической передачи информации в младших разрядах отсчетов носителя. //Труды 10-й Международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии, СИЭТ09»: Одесса, 18 – 22 мая 2009, т. 1. с. 269.

52. Shishkin A.V. OFDM-based audio watermarking for electronic radiotelephone identification, in Design & Test Symposium (EWDTS), 2010, pp. 190 - 194, 17 – 20 Sept. 2010. DOI: 10.1109/EWDTS.2010.5742037.

53. Шишкин А.В. Скрытая передача цифровой информации в аналоговых аудио каналах // Современные информационные и электронные технологии: Труды XI международной научно–практической конференции “СИЭТ–2010”, 24 – 28 мая 2010, Одесса, Украина.– Одесса: Изд–во “Политехперіодика”, 2010. – Т. 1. – С. 210.

54. Шишкин А.В. Передача цифровой информации в аналоговых УКВ радиотелефонных каналах морской и воздушной подвижных служб радиосвязи: // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: Материалы 20-й Международной Крымской конференции, 13 – 17 сентября 2010 г. Севастополь, Крым, Украина. – С. 345 – 346.

55. Шишкин А.В., Ляшко А.А. Применение OFDM модуляции для идентификации радиотелефонных передач в морской Радиосвязи: // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: Материалы 21-й Международной Крымской конференции, 12 – 16 сентября 2011 г. Севастополь, Крым, Украина. – С. 398 – 399; *внесок автора: дослідження застосування ортогонального частотного розподілу – мультиплексування для зменшення впливу міжсимвольних спотворень в задаче передавання додаткової інформації в радіотелефонних каналах.*

56. Shishkin O.V., Lyashko O.O. OFDM-based Audio Watermarking for Covered Data Transmission in VHF Radiotelephony IEEE East–West Design & Test Symposium (EWDTS'11), Sevastopol, Ukraine, September 9 – 12, 2011. – P. 389 – 392; *внесок автора: розробка багатоканального алгоритму прихованого передавання даних за методом ортогонального частотного розподілу – мультиплексування.*

57. Ляшко А.А., Шишкин А.В. Автоматическая идентификация радиотелефонных передач с повышенной устойчивостью к межсимвольным искажениям // Труды 7-й Международной молодежной научно-технической конференции «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2011»: Севастополь, 2011. С. 79; *внесок автора: дослідження впливу нерівномірності амплітудно-частотної характеристики низькочастотного тракту УКХ прийомо-передавача на достовірність передавання вбудованих даних.*

58. Шишкин А.В. Формирование и обнаружение цифровых водяных знаков в системе автоматической идентификации УКВ радиопередач // Проблеми розвитку глобальної системи зв'язку, навігації, спостереження та організації повітряного руху CNS/ATM: тези доповідей науково-технічної конференції, м. Київ, 28 – 30 листопада 2012 р., Національний авіаційний університет / редкол.: М.С. Кулик та ін. – К.: НАУ, 2012. – 128 с. – с. 50.

59. Шишкин А.В., Ляшко А.А. Мультиплексирование цифровой информации в морской УКВ радиотелефонии: // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: Материалы 22-й Международной Крымской конференции, 10 – 14 сентября 2012 г. Севастополь, Крым, Украина. – С. 330 – 331; *внесок автора: розроблена схема проведення експерименту з прихованого передавання даних з використанням USB-модуля АЦП-ЦАП типу E14-140 L-CARD.*

60. Shishkin A.V., Lyashko A.A. Hash-based Detection of OFDM Watermarking Symbol for Radiotelephone Identification // IEEE East–West Design & Test Symposium (EWDTS'12), Kharkov, Ukraine, September 14 – 17, 2012. – P. 389 – 392; *внесок автора: запропоновано застосування хеш-функції для виявлення пакету даних цифрового водяного знаку.*

61. Шишкин А.В. Алгоритм формирования цифровых водяных знаков для аудиосигналов // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: Материалы 23-й Международной Крымской конференции, 8 – 14 сентября 2013 г. Севастополь, Крым, Украина. – С. 454 – 455.

62. Koshevoy V.M., Shishkin A.V. ECDIS Enhancement for Smart VHF Radio Communication // Матеріали шостої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT – 2014)», 27 – 29 травня 2014 р., Херсон, Україна, С. 45 – 48; *внесок автора: розроблений інтерфейсний модуль з'єднання EKNIS і контролеру ЦВВ.*

63. Шишкин А.В. Применение помехоустойчивых кодов в стеганографии // Труды XV Международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии (СИЭТ-2014)», 26 – 30 мая 2014 г. Одесса, Украина, Том 1, С. 147 – 148.

64. Шишкин А.В. Повышение помехоустойчивости системы автоматического опознавания передач в морской радиосвязи // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті MINTT – 2015)», 26 – 28 травня 2015 р., Херсон, Україна, С. 43 – 46.

65. Кошевой В.М., Шишкин А.В. Совершенствование морских судовых систем навигации и радиосвязи в рамках развития электронной навигации // Збірник тез доповідей науково-практичної конференції «Стан та удосконалення безпеки інформаційно-телекомунікаційних систем (SITS'2015)» 09 – 12 червня 2015 р., Миколаїв – Коблево, С. 53 – 55; *внесок автора: проведений аналіз нових якостей ЕКНІС, отриманих за рахунок інтегрування навігаційних сенсорів і засобів УКХ радіозв'язку з ЦБВ.*

66. Коновец В.И., Шишкин А.В. Новые стандарты интегрирования бортовых морских средств навигации и радиосвязи // Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT – 2017)», 23 – 25 травня 2017 р., Херсон, Україна, С. 217 – 220; *внесок автора: зроблений аналіз можливості застосування міжнародних стандартів обміну даними IEC 61162- 450/460.*

67. Koshevyu V., Shyshkin O. Standardized VHF/MF/HF Interface in the Integrated Maritime Communication System. IEEE Proc. of the Fourth Intern. Conf. on Information and Telecom. Techn. and Radio Electronics – UkMiCo'2019. 09 – 13 September 2019, Odessa, Ukraine. DOI: 10.1109/UkrMiCo47782.2019.9165503; *внесок автора: запропонований принцип управління модулями радіозв'язку УКХ, ПХ/КХ діапазонів з інформаційного дисплею.*

Підручник, навчальні посібники, розділи в монографіях, збірниках наукових праць:

68. Кошевой В.М., Шишкин А.В., Купровский В.И., Малявин И.П. и др. Человек в измерениях XX века. Монография. Т. 3: Международная академия проблем человека в авиации и космонавтике, Региональный межвузовский НИЦ по проблемам человеческого фактора. – Россия – Украина, 2001. – 418 с.; *внесок автора: написаний розділ Морські райони ГМЗЛБ.*

69. Кошевой В.М., Шишкин А.В., Купровский В.И. Система и устройства автоматической идентификации судов: Учебное пособие. – Одесса: ОНМА, 2005. – 116 с.; *внесок автора: написані глави 1 – 5.*

70. Шишкин А.В., Купровский В.И., Кошевой В.М. Глобальная морская система связи при бедствии и для обеспечения безопасности мореплавания (ГМССБ): Учебное пособие. - М. ТрансЛит, 2007 – 544 с., ил.; *внесок автора: написані глави 1 – 7.*

71. Кошевий В.М., Купровський В.І., Шишкін О.В. Глобальний морський зв'язок для пошуку та рятування (GMDSS) : Підручник для студентів вищих навчальних закладів. Затверджено МОН України / В.М. Кошевий, В.І. Купровський, О.В. Шишкін. – Одеса : Екологія, 2011. – 248 с., іл.; *внесок автора: написані глави 1 – 9.*

72. Shishkin O.V., Koshevyu V.M. Audio Watermarking for Automatic Identification of Radiotelephone Transmissions in VHF Maritime Communication, Watermarking – Vol. 2, pp. 209 – 227. InTech, 2012. ISBN 978-953-51-0619-7; *внесок автора: розроблені модель каналу передавання даних за технологією*

ЦВЗ, алгоритми вбудовування даних в області ДПФ, проведено моделювання в системі Матлаб.

73. Shishkin A.V., Koshevoy V.M. Audio Watermarking in the Maritime VHF Radiotelephony // Weintrit A. (ed.): Navigational Problems. Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. A Balkema Book, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton – London - New York – Leiden, 2013, ISBN: 978-1-138-00107-7. pp. 293 – 298; *внесок автора: розроблені алгоритми внесення і виявлення ЦВЗ в схемі з інформованим кодером, проведені експериментальні випробування прототипу.*

74. Koshevoy V.M., Shishkin A.V. Enhancement of VHF Radiotelephony in the Frame of Integrated VHF/DSC – ECDIS/AIS System // Weintrit A. (ed.): Navigational Problems. Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. A Balkema Book, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton – London - New York – Leiden, 2013, ISBN: 978-1-138-00107-7. pp. 299 – 303; *внесок автора: зроблений порівняльний аналіз технічних характеристик комунікаційних інтерфейсів – кандидатів для використання в інтегрованої системі.*

75. Shyshkin O., Koshevyy V. Hidden Communication in the Terrestrial and Satellite Radiotelephone Channels of Maritime Mobile Services // Weintrit A., Neumann T. (ed.): Information, Communication and Environment. Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. A Balkema Book, CRC Press, Taylor & Francis Group, London, UK, 2015, ISBN: 978-1-138-02857-9. pp. 13 – 19; *внесок автора: розроблені: алгоритм із збереженням норми сигналу, метод внесення/виявлення даних ЦВЗ у асинхронному режимі, запропоновано застосування завадостійких кодів.*

76. Koshevyy V.M., Shyshkin O.V. VHF/DSC - ECDIS/AIS Communication on the Base of Lightweight Ethernet // Proceedings of the International Conference on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation (TransNav 2017), Gdynia, Poland, 21 – 23 June 2017, Editor Adam Weintrit // CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton – London - New York – Leiden, 2017, ISBN: 978-1-138-29762-3 pp. 385 – 390; *внесок автора: обґрунтовано застосування мережевого інтерфейсу LWE для інформаційного обміну даними в інтегрованій системі EKNIC/AIC – UKX/CBB.*

77. Shyshkin O., Koshevyy V. Voice Subtitle Transmission in the Marine VHF Radiotelephony // Proceedings of the International Conference on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation (TransNav 2017), Gdynia, Poland, 21 – 23 June 2017, Editor Adam Weintrit // CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton – London - New York – Leiden, 2017, ISBN: 978-1-138-29762-3 pp. 379 – 384; *внесок автора: запропонований і досліджений метод передавання текстових субтитрів за методом ЦВЗ у складі радіотелефонного повідомлення.*

78. Пашенко О.Л. Радіостанція SAILOR VHF DSC 6222. Експлуатаційні процедури радіозв'язку: навчальний посібник / О.Л. Пашенко, В.І. Купровський, О.В. Шишкін. – Одеса: НУ «ОМА» 2021. – 51 с.; *внесок автора: написані параграфи 2 – 4.*

Інші публікації:

79. Кошевой В.М., Шишкин А.В., Галинский А. Интеграция систем радиосвязи и навигации // Порты Украины, № 01 (123) 2013. С. 40 – 41; *внесок автора: сформульовані переваги з управління зв'язком з використанням графічного дисплея.*

80. Koshevyy V., Shishkin A. DSC operation could be more intuitive // Maritime Information Technologies and Electronics. 2013. February/March, pp. 22 – 23; *внесок автора: викладені принципи управління і моніторингу радіозв'язку з ЦВВ за допомогою EKNIC.*

АНОТАЦІЯ

Шишкін О.В. Інтегрування систем морського радіозв'язку і навігації в рамках розвитку концепції е-навігації. – Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.13 - навігація та управління рухом. Національний університет «Одеська морська академія», Одеса, 2021.

Робота присвячена розробці методів підвищення техніко-експлуатаційних характеристик суднових засобів радіозв'язку і навігації за рахунок їхнього інтегрування і спільної обробки даних в умовах збереження базового складу суднового обладнання, практичних вимог користувачів – вахтових офіцерів і врахування світових трендів розвитку морських технологій за концепцією е-навігації.

Висунуті новітні ідеї спільного використання даних спостереження незалежно розроблених і впроваджених за вимогами міжнародної концепції СОЛАС систем навігації - автоматичної ідентифікаційної системи (AIC), глобальної навігаційної супутникової системи (GPS) і систем наземного радіозв'язку з використанням цифрового вибіркового виклику (ЦВВ) і радіотелефонії, що дозволило отримати нові якості з управління радіозв'язком і навігаційного спостереження.

Запропоновано використання графічного інтерфейсу для моніторингу/управління радіозв'язком, який дозволяє підвищити ефективність і надійність адресного радіозв'язку, забезпечити стандартизацію користувацького інтерфейсу на противагу різноманіттю кнопочних приборних інтерфейсів радіообладнання численних виробників.

Обґрунтовано і досліджено вибір комунікаційного інтерфейсу для дистанційного управління модулями радіозв'язку.

Розроблений спосіб автоматичної ідентифікації (AI) радіотелефонних передач і передавання додаткової інформації із залученням сучасної технології цифрових водяних знаків (ЦВЗ). Доведені переваги цього способу AI для своєчасної ідентифікації станції, що передає в порівнянні з існуючими способами мовної ідентифікації і системою ATIS, яка використовується на внутрішніх водах континентальної Європи.

Розроблені і досліджені алгоритми формування і виявлення ЦВЗ, які придатні для практичного використання в реальних радіоканалах за умови врахування впливу усіх можливих перешкод (атак). Вирішена задача оптимізації компромісних параметрів алгоритмів в площині кількість інформації – якість сигналу – завадостійкість. Доведено, що найкращі показники дозволяють отримати алгоритми вбудовування даних ЦВЗ в частотній області дискретного перетворення Фур'є і використання інформованого кодеру.

Виконано математичне моделювання алгоритмів, розроблені експериментальні прототипи апаратно-програмного комплексу інтегрованої системи радіозв'язку і навігації та системи АІ радіотелефонних передач в реальних радіоканалах морського зв'язку.

Ключові слова: цифровий вибірковий виклик, автоматична ідентифікаційна система, радіотелефонія, інтерфейс, ідентифікація, цифрові водяні знаки, інформація.

ABSTRACT

Shyshkin O.V. Integration of marine radio and navigation systems in the frame of the e-navigation concept development. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The thesis for the degree of doctor of technical sciences on a specialty 05.22.13 - Navigation and control of the movement. National University "Odessa Maritime Academy", Odessa, 2021.

The doctoral thesis is devoted to the development of methods to improve the technical and operational characteristics of ship radio and navigation facilities through their integration and joint data processing in the condition of maintaining the basic composition of ship equipment, practical user needs – officer of the watch and taking into account global trends in marine technology.

In the thesis the new ideas for the combined using of observation data from the independently developed and implemented according to the requirements of the international concept of SOLAS navigation systems - automatic identification system (AIS), global navigation satellite system (GPS) and terrestrial radio systems using digital selective call (DSC) and radiotelephony that allowed to obtain new qualities in radio communication control and navigation oversight.

It is proposed to use a graphical interface for monitoring / control of radio communication, which allows increasing the efficiency and reliability of the address radio communication, to provide standardization of the user interface in contrast to the variety of button instrument interfaces of radio equipment from outnumbered manufacturers.

Currently AIS is an obligatory equipment to be carried on board all vessels. AIS provides for the exchange of information which includes vessel's identification number (MMSI). Electronic chart display and information system (ECDIS) or another multifunction information display, while operating with AIS, enables it to

indicate vessels within the AIS operating area, i.e. approximately 30 nautical miles, and to reflect them on ECDIS or information display.

The combination of the very high frequency (VHF) DSC equipment with the AIS – Information display allows:

- to eliminate, practically, the procedure of DSC forming while substituting manual operations by means choosing AIS target of the vessel to be called on the Information display; and
- to provide identification of a calling vessel on the electronic chart and thus to make the process of attachment of the called/calling vessel to the navigation situation automatically. A calling vessel can be indicated on the display by a blinking mark which will allow the officer of the watch quickly estimate the navigational situation and make an effective decision. The unique character of the vessel's identification is provided by the presence of vessel identifier (MMSI) both in DSC and AIS. It gives the ability of automatic attachment the calling vessel to the current navigation situation represented on a navigation display.

The choice of communication interface for remote handling the radio communication modules is grounded and investigated. Standard of International Electrotechnical Committee IEC 61162-1/2 is selected for serial data exchange.

A method of automatic identification (AI) of radiotelephone transmissions and transfer of additional information using the modern technology of digital watermarking has been developed. Audio watermarking refers to inaudible embedding of additional data just into the post microphone signal, using standard marine installations without any additional radio channel resources. The addressed, properly identified VHF radiotelephone communication is very important for safe navigation. AI, in turn, ensures efficient messaging from the very beginning of a radio transmission, while eliminating the human factor inherent in voice identification. AI allows identifying anonymous, intentionally compromised and harmful transmissions such as transmission button falling back in a VHF transceiver. AI makes possible integrating MMSI detected data and AIS data for graphic display of the transmitting station.

Algorithms for audio watermarking were designed application in the real VHF radio channels, provided that the influence of all possible interferences (attacks) is taken into account. The problem of compromise parameters optimization for algorithms in the plane amount of information - signal quality - noise immunity was analyzed. It is proved that the best audio watermarking characteristics may be obtained algorithms for data embedding in the frequency domain of discrete Fourier transform and using an informed encoder.

Mathematical modeling of algorithms is performed. Experimental prototypes of the hardware and software complexes of the integrated radio communication and navigation system and AI system of radiotelephone transmissions in the real maritime VHF channels are developed.

Keywords: digital selective calling, automatic identification system, very high frequency, radio telephony, interface, identification, digital watermarking, information.

Підп. до друку 25.06.2021. Формат 60х84/16. Папір офсет.
Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 2,33.
Тираж 100 пр. Зам. № И21-07-40

Національний університет «Одеська морська академія»
65029, м. Одеса, Дідріхсона, 8.
Тел./факс (0482) 34-14-12
publish-r@onma.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 1292 від 20.03.2003