

Національна безпека
Система Управління Безпекою (СУБ) судноплавства

УДК 656.61.052

Рижков Юрій Васильович

*старший викладач кафедри навігації та управління судном
Дунайський інститут Національного університету
«Одеська морська академія»*

Ryzhkov Yuriy

*Senior Lecturer of the Department of Navigation and Vessel Conducting
Danube Institute of the National University
"Odesa Maritime Academy"
ORCID: 0000-0002-0000-5640*

Геращенко Андрій Львович

*асистент кафедри навігації та управління судном
Дунайський інститут Національного університету
«Одеська морська академія»*

Herashchenko Andriy

*Assistant of the Department of Navigation and Vessel Conducting
Danube Institute of the National University
"Odesa Maritime Academy"
ORCID: 0009-0009-0160-4109*

**ШЛЯХИ ТА МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ
ТЕХНІЧНОГО ХАРАКТЕРУ НА РІВЕНЬ БЕЗПЕКИ
СУДНОПЛАВСТВА В УКРАЇНІ
WAYS AND METHODS OF REDUCING THE INFLUENCE OF
TECHNICAL FACTORS ON THE LEVEL OF SHIPPING SAFETY IN
UKRAINE**

Анотація. Безпека мореплавання дуже значною мірою залежить від датчиків первинної інформації – радіолокаційних станцій, гірокомпасів, магнітних та супутникових компасів, логів, систем іншого визначення місця та навігаційних параметрів судна. Конвенція "SOLAS -74" формулює мінімальні вимоги щодо навігаційного обладнання ходового містка. Поточні навігаційні завдання вирішуються із залученням різних технічних засобів та методів судноводіння. Оптимальне вирішення цих проблем знаходиться у покращенні технічних та експлуатаційних характеристик навігаційних засобів судноводіння.

Ключові слова: РЛС, ЗАРП, АІС, УАІС.

Summary. The safety of navigation is very important to rely on primary information view point of the radar stations, gyrocompasses, magnetic and satellite compasses, logs, systems and of other important navigational parameters for the vessel' deals. The "SOLAS -74" convention formulates are the minimum benefits of a well-positioned navigation vehicle. Precise navigation tasks result from the acquisition of various technical features and methods of ship navigation. The best solution to these problems lies in improving the technical and operational characteristics of the navigational capabilities of any ship.

Key words: Radars, ARPA, AIS, UAIS, AIS-EPIRB, AIS-SART, NAVTEX, NAVDAT, VDES.

Вступ. Збереження на морі людських життів, суден і вантажів, що перевозяться ними забезпечується комплексом технічних, організаційних, психофізичних заходів, спрямованих на попередження зіткнення суден, посадки судна на мілину, пошкодження в умовах шторму, пожежі на судні та ін. Технічні засоби судноводіння – це комплекс навігаційного обладнання, які використовуються на судах для забезпечення безпеки

судноплавства, ефективності їх руху та навігації. Вони призначені для допомоги судноводіям у прийнятті рішень при виконанні маневрів, а також для запобігання зіткненням та іншим аварійним ситуаціям. Технічні засоби судноводіння грають важливу роль у забезпеченні безпеки та ефективності судноплавства. Вони дозволяють отримувати інформацію про навігаційну обстановку навколо судна, місцезнаходження, рух інших суден, наявність перешкод, а також контролювати поведінку судна у разі впливу на нього зовнішніх метеорологічних факторів. Це допомагає запобігати зіткненням, знижувати ризики аварій і забезпечувати точність руху заданим маршрутом.

Останнім часом у морському суднопластві, як і багатьох інших видах людської діяльності, відбувається технологічна революція. Частина навігаційних пристроїв, зберігаючи свою назву та принцип дії, стали значно вдосконаленими за принципами обробки та подання графічної та буквено-цифрової інформації.

Судноводії вже не уявляють безпечного плавання судна без сучасних технічних засобів судноводіння. Щоб використовувати ефективно широке розмаїття радіоелектронних та комп'ютеризованих пристроїв на містку судна, необхідно, щоб судноводії були підготовлені, компетентні у питаннях експлуатації технічних засобів судноводіння. Але й самі засоби мають бути максимально автоматизовані і мати поліпшені технічні характеристики, відповідно з останніми науковими розробками.

Мета статті полягає в дослідженні основних сучасних технічних засобів судноводіння, удосконалення їх технічних та експлуатаційних характеристик для вдосконалення національної безпеки судноплавства.

Основний матеріал дослідження.

1. Суднові радіолокаційні станції.

Важливим приладом для оцінки навігаційної обстановки навколо судна є радіолокаційна станція (РЛС). Суднова РЛС є невід'ємною

частиною системи навігаційного обладнання будь-якого судна. Ніякий інший судновий навігаційний прилад, крім РЛС, не здатний надати графічну інформацію про об'єкти, що знаходяться навколо судна. Це означає, що РЛС є необхідним засобом забезпечення безпеки судноплавства. Важливим елементом будь-якої РЛС є генератор надвисоких частот (НВЧ), що формує потужні зондуючі імпульси. Традиційно таким елементом є магнетрон. Революційним напрямом у розвитку потужних компонентів НВЧ став напрямок широкозонних напівпровідникових матеріалів (карбиду кремнію SiC та нітриду галію GaN) та приладів на їх основі [1]. Сьогодні провідні компанії світу з виробництва компонентів, що застосовуються у твердотільних підсилювачах потужності НВЧ, розвивають насамперед технології на основі нітриду галію GaN [4].

Завдяки цьому з'явилася можливість застосовувати твердотільні генератори НВЧ у цивільних суднових РЛС та відмовитись від застосування магнетронів [7].

Передавач РЛС на основі магнетрону є найбільш енергоємним елементом усієї станції. Крім того, магнетрон має певний термін експлуатації, після чого його необхідно замінити. Частота коливань магнетрону незмінна та визначається геометричними розмірами резонаторних камер. Твердотільні генератори щодо цього мають незаперечні переваги:

- використовують малопотужну радіочастотну архітектуру;
- виводять розумний кадр імпульсів передачі у визначеній послідовності;
- використовують доплерівський методи обробки сигналів.

РЛС на основі твердотільних елементів дозволяють суттєво покращити технічні та експлуатаційні характеристики РЛС, застосовуючи іншу структуру побудови всього приймально-передавального тракту. У

твердотільних РЛС є можливість змінювати частоту передавача, що неможливо в передавачах на магнетронах. Приймач цих РЛС теж має переваги, бо він використовує метод стиснення імпульсів ехосигналів [8], тому їх достовірність вище за попередні методи обробки прийнятої інформації.

Застосування твердотільних елементів не дозволяє отримати високу потужність передавача. Отже, для одержання таких же значень потужності, зондуючі імпульси твердотільної РЛС повинні мати більшу тривалість. Однак зі збільшенням тривалості зондувальних імпульсів буде погіршуватися роздільна здатність по дальності. Для її поліпшення у твердотільних РЛС застосовується внутрішньо імпульсна модуляція [8].

Залежно від того, який з параметрів імпульсу (частотний або фазовий) піддається модуляції, зондуючий сигнал можна представити у вигляді окремих частин, кожна з яких має свою частоту або фазу. Відкликання цілі на такий сигнал можна розділити на окремі частини та об'єднати їх у часі для отримання одного короткого імпульсу. Операція стиснення відбитого від об'єкту імпульсу виконується у спеціальних кореляційних фільтрах. Таким чином, стиснення імпульсів дозволяє об'єднати енергетичні переваги довгих імпульсів і переваги просторово роздільної здатності коротких імпульсів. Твердотільні РЛС забезпечують чітке зображення та низький рівень перешкод. Використовуючи «складний» сигнал твердотільні РЛС дозволяють при невисокій випромінюваної потужності (близько 200 Вт) виявляти судна та інші надводні об'єкти на відстанях не менших, ніж при використанні імпульсних приймачів на основі магнетрону потужністю 35 кВт. Твердотільні приймачі мають підвищену завадостійкість від зондуючих сигналів інших РЛС та метеоумов.

В цілому напівпровідникові РЛС мають набагато більше переваг над станціями на основі магнетронів. Екологічна безпека нових моделей РЛС

забезпечується низькою потужністю випромінювання, що означає можливість встановлення подібних систем поблизу майданчиків, де знаходяться люди. Ці моделі складаються з матеріалів, які майже не підлягають регулярному контролю та заміні, що робить їх вигіднішими в економічному плані, до того ж вони мають підвищену надійність. Магнетронний радар вимагає часу прогріву, що може становити до 2,5 хвилин, твердотільні радары готові до роботи на випромінювання майже миттєво. Напівпровідники також дозволили почати використовувати доплерівську технологію, завдяки якій можна отримувати практично миттєву інформацію про судна, що рухаються. Твердотільні РЛС комплектуються так званими безвентиляторними приймачами, що значно знижує витрати на техобслуговування. Фактично напівпровідникові РЛС не мають слабких місць у порівнянні з системами на основі магнетронів.

Екологічна безпека нових моделей РЛС забезпечується низькою потужністю випромінювання (600/250 Вт). У цих моделей практично відсутні матеріали, що підлягають регулярному контролю та заміні, тому вони обходяться суттєво дешевше. До того ж вони мають підвищену надійність.

Нижче наведено зображення на екрані індикатора РЛС з використанням магнетрону в порівнянні з зображенням на базі твердотільного трансиверу.

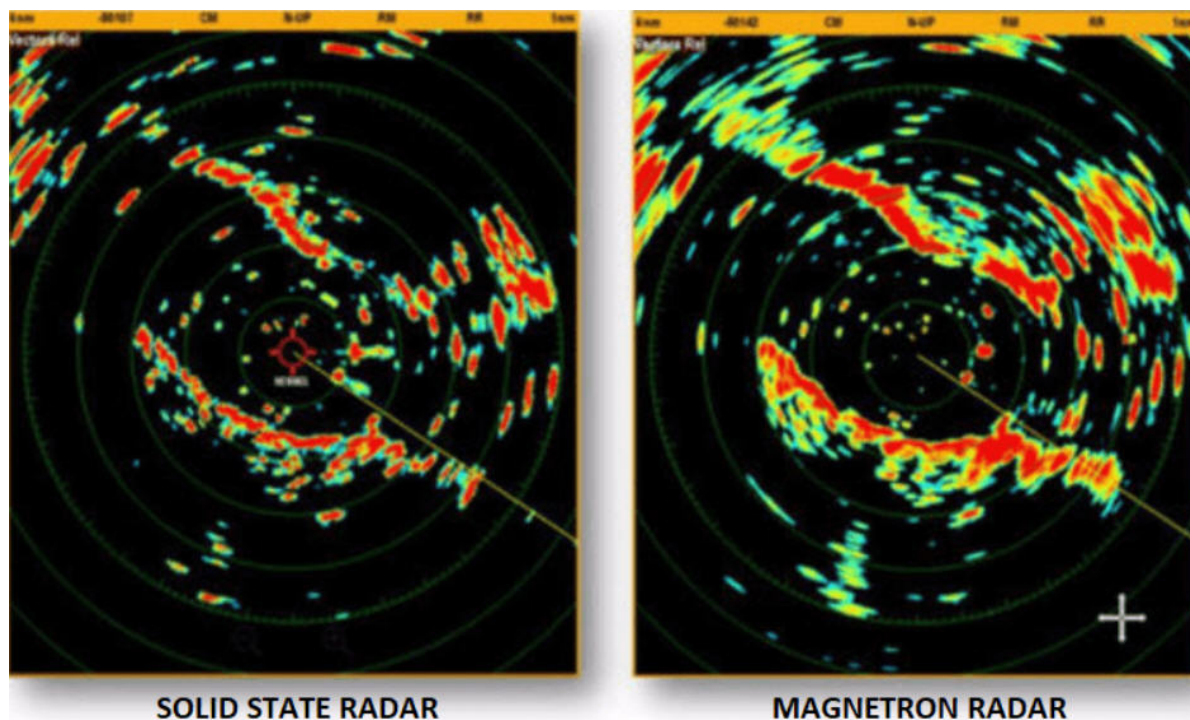


Рис. 1. Порівняльне зображення на екрані індикатора РЛС з використанням твердотільних технологій та на основі магнетрону [14]

Зараз суднові твердотільні РЛС виробляють досить відомі фірми. Наприклад – FURUNO FAR-2x28-NXT (X-Band) FAR-2x38-NXT (S-Band) РЛС Furuno FAR-2238-NXT/2238-NXT-BB відрізняється від інших моделей високою якістю зображення завдяки трьом факторам [8]:

- твердотільний передавач;
- пряма конвертація аналогового сигналу в цифрову;
- бездротова передача зображення по технології Wi-Fi/

Використання твердотільного радара не лише покращує зображення, а й знижує вартість обслуговування обладнання. РЛС мають деякі дуже сучасні функції:

- функція автоматичного пригнічення перешкод (ACE – Active Clutter Elimination). Якщо активована функція ACE, система автоматично набуває фільтр пригнічення перешкод і регулювання посилення, залежно від стану моря і метеорологічних умов.

- функція швидкого супроводу цілей (Fast Target Tracking™) для запобігання зіткненням на ранніх етапах. Завдяки цій функції РЛС
 - швидко надає точну інформацію про супроводжувану ціль: потрібно
 - всього декілька секунд, щоб відобразити вектор швидкості і путнього кута, що дозволяє завчасно прийняти необхідні заходи та уникнути зіткнення.
- панель швидкого доступу (InstantAccess bar™) містить контекстні меню часто використовуваних завдань (функцій/дій).
- при модернізації можуть використовуватися існуючий монітор, блок керування та кабелі (при встановленні замість РЛС серії FAR-2xx7).
- додатковий перетворювач сигналів LAN дозволяє здійснювати зв'язок по локальній мережі.

Для запобігання зіткненням сьогодні створені досконалі засоби автоматичної радіолокаційної прокладки – ЗАРП (ARPA – Automatic Radar Plotting Aid). У цих системах сигнал тривоги подається автоматично, відповідно до встановлених судноводієм критичного періоду часу до зіткнення та мінімальну безпечну дистанцію найкоротшого зближення з судном або об'єктом. Це означає, що критерії безпеки, які рекомендовані правилами МПЗЗ-72, можуть бути виставлені у ЗАРП заздалегідь. У морській практиці ці критерії судноводій обирає сам. Природно, що кожен матиме свою оцінку ситуації залежно від підготовки, досвіду, індивідуальних рис характеру, а це у свою чергу означає відсутність єдиного розуміння проблем безпеки. Тому об'єктивна оцінка ситуації і правильне рішення, може мати місце лише з урахуванням оцінки ступеня довіри радіолокаційної та навігаційної інформації у даний час.

Актуальною темою у галузі морських комунікацій є необхідність обміну все більшими обсягами інформації між усіма учасниками

судноплавства і споживачами транспортних послуг. Важливе місце у сфері обміну інформацією займає автоматична ідентифікаційна система.

2. Автоматична ідентифікаційна система (AIS).

Найбільш перспективною системою обміну інформацією є система автоматичної ідентифікації (AIS – Automatic Identification System). Наприклад, суднам необхідно обмінюватися даними з центрами моніторингу руху суден (VTS – Vessel Traffic Services), приймати навігаційну і метеорологічну інформацію, повідомлення про проведення пошуково рятувальної операції (SAR- Search and Rescue), документи комерційного супроводження перевезень та іншу необхідну інформацію.

Останнім часом систему AIS сприймають як автоматичну інформаційну систему. AIS добре задовольняє потреби VTS з надання послуг інформаційного обміну маршрутами між судами та центрами системи моніторингу руху суден. Кінцевою метою цих центрів є оптимізації маршрутів, за допомогою спільного, прийняття рішень між командою містка та береговими операторами, що забезпечується системою обміну даними в діапазоні дуже високих частот (VDES – VHF Data Exchange System) [6]. У прибережних районах точність визначення координат суден може бути підвищена за допомогою передачі диференціальних поправок у середньохвильовому діапазоні (MF) береговими опорними станціями та радіомаяками. Диференціальні поправки можуть також передаватися береговою станцією AIS у діапазоні дуже високих частот (VHF). Розширення зони дії базової станції AIS може використовуватися режим телекомунікації, коли судові дані передаються каналами супутникової системи ІНМАРСАТ-С. У цьому режимі забезпечується автоматична передача інформації від суден на адресу берегових служб з метою моніторингу судноплавства у територіальних водах, виняткових економічних зонах та районах відповідальності

морських рятувально-координаційних центрів (MRCC – Maritime Rescue Coordination Centres).

Хоча на початку розглядався лише обмін даними суднів з берегом на підтримку систем управління рухом суден (VTS), дана концепція згодом була розширена і включає додаткове вимога забезпечення передачі між судами на вирішення задач попередження зіткнень.

У той же час сучасна революція в навігаційних і інформаційних технологій забезпечила можливість вирішення цих нових вимог. Комбінуючи супутникові системи визначення місцезнаходження, електронні засоби картографії, системи зв'язку та архітектуру відкритих інформаційних систем, морська електронна промисловість може тепер поставити робочі зразки того, що називається універсальною автоматичною ідентифікаційною системою (UAIS) чи просто сучасна AIS.

3. Універсальна Автоматична Ідентифікаційна Система (UAIS).

UAIS призначена для підвищення безпеки мореплавання у відкритому морі, прибережних водах та внутрішніх водних шляхах методом автоматичного обміну навігаційною, статичною та рейсовою інформацією між суднами та береговими станціями.

Основні функції системи:

- автоматична ідентифікація суден;
- самоорганізація системи під час обміну інформацією між судами, управління доступом до радіоканалів;
- використання сигналів системи GPS/ГЛОНАСС/GALILEO для синхронізації прийому/передачі інформації AIS;
- прийом даних по радіоканалу від інших суден, берегових центрів та засобів навігаційного обладнання, встановлених на буї або інших небезпечних для судноплавства місцях;

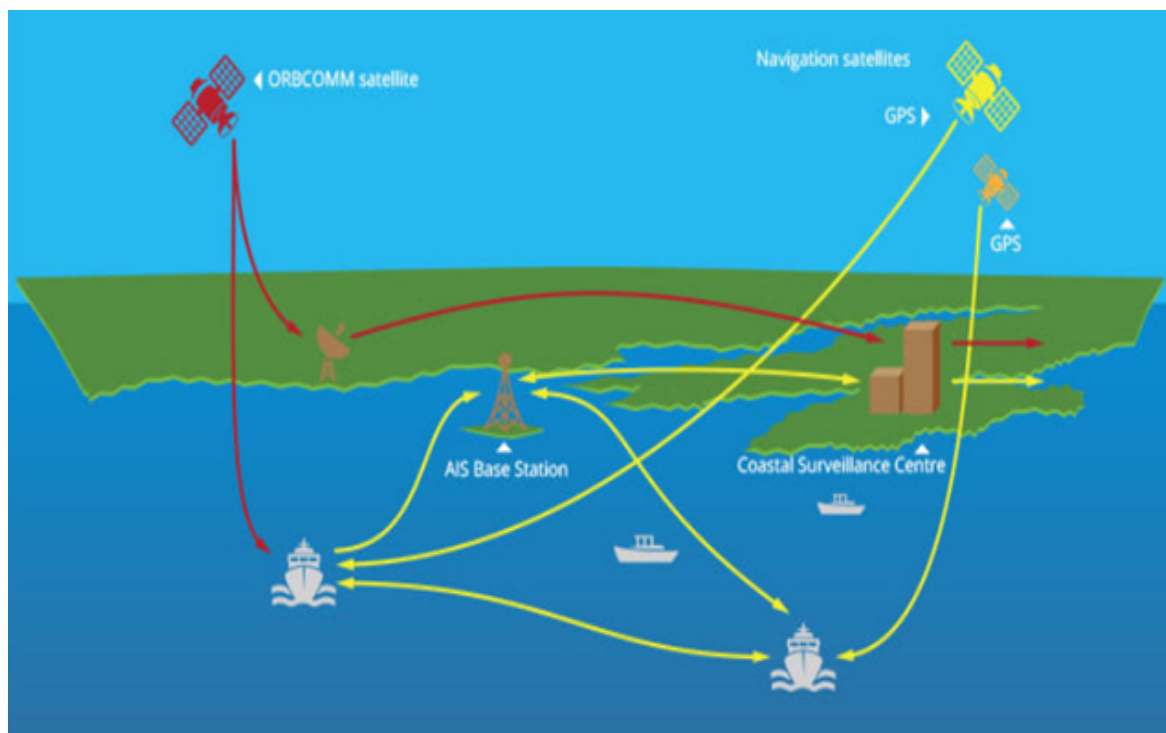


Рис. 2. Структура глобальної U AIS [11]

- передача власних даних по радіоканалу для використання іншими суднами та береговими центрами;
- збереження статичних даних, призначених для автоматичної передачі у радіоканал;
- у разі несправності зовнішнього приймача: визначення координат та параметрів руху судна за допомогою вбудованого приймача GNSS, здатного підвищувати точність визначення координат при використанні диференціальних поправок GNSS каналом AIS і видача їх приймачеві GNSS;
- видача даних, прийнятих по радіоканалу від інших об'єктів AIS, для відображення у пристрої представлення даних;
- обмін даними з іншими об'єктами AIS та судновим обладнанням відповідно до стандартів AIS;
- прийом статичних, додаткових динамічних даних та бінарних повідомлень для передачі радіоканалом;
- видача інформації про працездатність та режим роботи AIS;

- видача на дисплей пеленгів та дистанцій до суден, розрахованих за отриманими координатами в каналі VDL (VHF Data Link) та власними координатами;

- контроль за системою координат WGS-84;
- відображення відносного розташування на мінімальному дисплеї;

4. AIS-EPIRB, AIS-SART.

Система тривожного сповіщення за допомогою радіомаяків – показчиків місця лиха (EPIRB – Emergency Position Indicating Radio Beacon) доступна за допомогою супутникової системи КОСПАС-SARSAT (Космічна Система Пошуку Аварійних Суднів – Search And Rescue Satellite Aided Tracking). Система призначена для виявлення та визначення розташування суден, літаків та інших об'єктів, що зазнали аварії. EPIRB є обов'язковим устаткуванням на суднах, які відповідають вимогам МК СОЛАС-74. При активації вручну або від попадання у воду, аварійний буй випромінює на частоті 406 МГц унікальний 15-ти, 22-х, 30-ти знаковий Hex code (16 розрядний двійковий код). Код містить ідентифікатор країни реєстрації (MID), реєстраційний номер, координати. Додатково може бути запрограмовані дані про судно, судновласника і інша інформація (залежно від довжини Hex-code).

Координати радіобуїв першого покоління визначалися наземним сегментом системи допомогою ефекту Доплера. При цьому затримка визначення координат могла досягати двох годин. З розвитком супутникових навігаційних систем в радіобуй стали вмонтувати власний приймач GPS, а прийняті координати передавалися в загальному пакеті сповіщення (EPIRB другого покоління). У червні 2019 Морський Комітет з Безпеки ІМО збільшив вимоги до EPIRB приладів [10]. Нові правила вступили в силу з 1 липня, 2022 і з того часу, кожен EPIRB, встановлений на судні, що будується, повинен мати внутрішню частоту AIS разом з частотою 406 МГц і модулем GNSS (GPS). У відмінності від традиційного

EPIRB радіобуй, оснащений транспондером AIS дає більш детальнішу інформацію про судно, що терпить лихо і дозволяє пошуково рятувальним центрам і довколишнім суднам прийняти більше зважені рішення в наданні допомоги.

До поширення AIS ще одним аварійним радіопристроєм на судах був пошуково рятувальний транспондер – SART (РЛО – радіолокаційний відповідач). Він є пристроєм, що працює на частотах 9,2-9,5 ГГц. Після того, як автоматична ідентифікаційна система довела свою ефективність, було розроблено новий тип обладнання – аварійно-рятувальний передавач AIS-SART. Це компактний пристрій з вбудованим GPS-приймачем, який після включення протягом 4 діб безперервно передає в ефір координати судна, рятувальної шлюпки або плоту де він встановлений. Перевага передавача в порівнянні з РЛО такі ж, як у бортової AIS у порівнянні з радаром. Він передає радіосигнал на більшу відстань і одночасно на двох каналах, а також уточнює координати судна, що зазнає лиха. Сьогодні нормативні акти дають змогу використовувати AIS-SART як альтернативу традиційному радіолокаційному відповідачу. Після модернізації системи GMDSS з 2024 року AIS-SART буде обов'язковим устаткуванням на борту судна [10].

5. Від NAVTEX до NAVDAT

Для оповіщення і попередження про навігаційний та метеорологічний стан прибережних районів зараз використовується система NAVTEX (NAVigational TELeX). Це система наземного морського радіо телексного зв'язку, яка працює в смугах частот MF (518 кГц, 490 кГц) та HF (4209,5 кГц). У морській навігації служить для прийому інформації по безпеці мореплавства (MSI – Maritime Safety Information) і служить компонентом «Глобальної морської системи зв'язку у разі лих і для забезпечення безпеки» (GMDSS – Global Maritime Distress and Safety System). Система працює в режимі прямого виправлення помилок (FEC –

Forward Error Correction), тобто вона використовується тільки в режимі прийому. Повідомлення приймаються у вигляді текстів. NAVTEX відноситься до систем передачі даних, відомих як вузько смуговий цифровий друк (NBDP – Narrow Band Direct Printing). NBDP заснований на модуляції з частотним ключем (FSK), а швидкість передачі складає приблизно 100 біт/с. Через таку низьку швидкість передача даних NAVTEX може розглядатися як застарілий, не може передавати великі обсяги даних у режимі реального часу, що зараз потребує морська навігація. Тому дуже зручною є нова система обміну навігаційними даними (NAVDAT) [5; 6]. Це морська рухома служба, прилади якої працюють в смузі частот 500 кГц, які служать для цифрової передачі даних про безпеку і метеоумови у напрямку від берега до судна. Оскільки NAVDAT за своєю глобальною архітектурою схожа на систему NAVTEX, тому також буде координуватися ІМО. Це знижує витрати та полегшує перехід від NAVTEX до NAVDAT.

Нова система використовує модуляцію мультиплексування з ортогональним частотним поділом каналів (OFDM – Orthogonal Frequency-Division Multiple Access) у смузі 10 кГц (тобто 495-505 кГц). Він припускає два основних режими передачі: загальний – ширококомовний (тобто на всі судна) та вибіркового – багатоадресний або одноадресний (тобто за географічним регіоном, за групою суден чи конкретним судном). Крім текстових файлів NAVDAT дозволяє передавати схеми, графіки, малюнки і т.д. Ці дані включають метео-оценографічну інформацію у вигляді діаграм (наприклад, ізобаричних ліній), числові дані (регулярні оновлення інформації про положенні «ока» (центру) тропічного циклону, припливи та течії тощо), звіти, що показують нанесені на карту позиції льоду та айсбергів, попередження через небезпеку піратства, SAR-повідомлення та іншу інформацію, що стосується безпеки на морі. Швидкість передачі значно збільшена у порівнянні з NAVTEX і становить 15-25 кбіт/с.

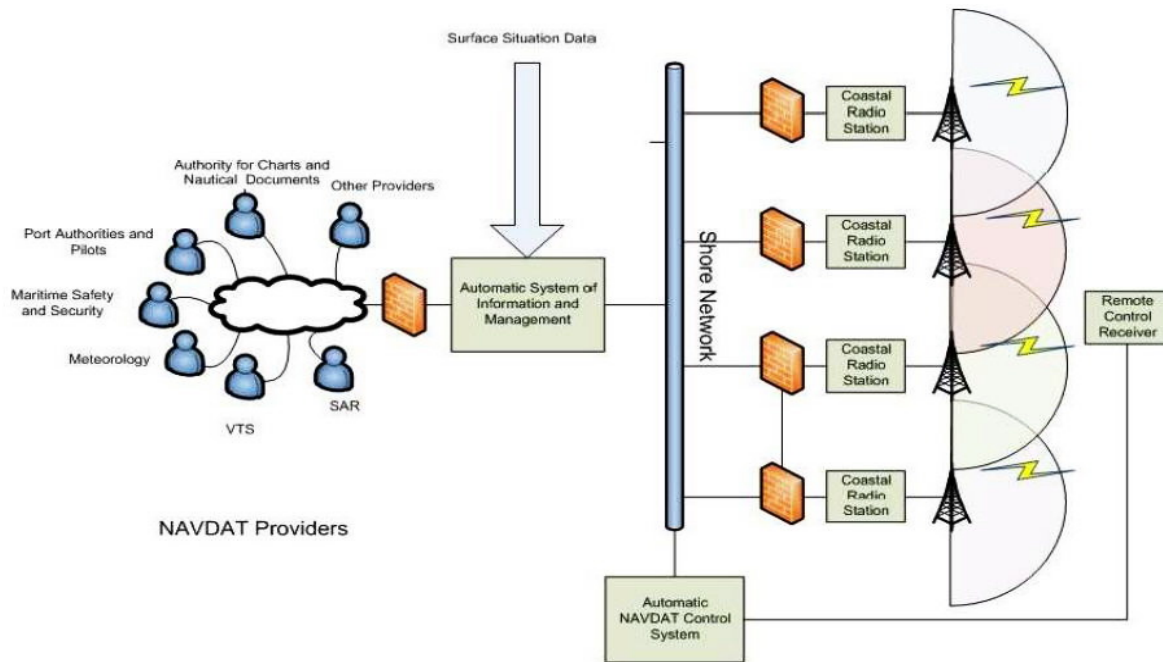


Рис. 3. Архітектура NAVDAT [13]

NAVDAT забезпечує дистанцію покриття приблизно 250-350 морських миль від берегової станції. З погляду управління інформаційними та комунікаційними технологіями (ІКТ). еволюція морських систем радіозв'язку NAVTEX та AIS у відповідні NAVDAT та системи VDES. NAVDAT та VDES, безперечно, підтримають розробку концепцій «Maritime Cloud» та «e-Navigation».

Найближчими роками планується розгорнути низку наземних станцій системи NAVDAT для передачі інформації щодо безпеки мореплавання на судна біля узбережжя Європи та у країнах Азії. Станції NAVDAT є своєрідним полігоном для впровадження інноваційних цифрових технологій у системі передачі даних на судна.

На Всесвітній конференції з радіозв'язку WRC-12 [6] системі NAVDAT було виділено частота 500 кГц зі смугою +/-5 кГц. Частоти високочастотного діапазону для NAVDAT були підтверджено на WRC-19. Частота 4226 кГц буде другою міжнародною частотою NAVDAT.

Висновок. РЛС на основі твердотільних технологій, а також їх інтуїтивно зрозумілий дизайн, інтерфейс користувача, підвищують

ситуаційну поінформованість і забезпечують максимальну безпеку навігації та судноплавства. Відмова від магнетронних генераторів НВЧ – це веління часу, технологічний прорив, що сприяє зниженню експлуатаційних витрат, витрат на технічне обслуговування, зниженню енергоспоживання, зростанню безпеки навколишнього середовища, простоті конструкції тощо.

Система обміну даними в діапазоні дуже високих частот (VDES), що є удосконаленням існуючої Автоматичної ідентифікаційної системи (AIS). VDES забезпечує двосторонню передачу більшого обсягу та номенклатури даних між суднами, наземними станціями та супутниками.

NAVDAT і VDES, як нові системи морського зв'язку, повинні підтримувати динамічні, гнучкі, масштабовані, орієнтовані на легке обслуговування та інтуїтивно зрозумілі інтерфейси. Ці системи доповнять такі платформи морського зв'язку як електронна навігація для майбутньої розробки автоматизованого використання без екіпажних суден.

Література

1. Why Choose Solid State Technology? *Crescend Technologies*. URL: <https://crescendrf.com/microwave-generators-systems/why-solid-state/> (дата звернення: 26.04.2024).
2. Recommendation ITU-R M.2058-0 (02/2014). Characteristics of a digital system, named navigational data for broadcasting maritime safety and security related information from shore-to-ship in the maritime HF frequency band. Geneva, 2014. URL: <https://dokumen.tips/documents/recommendation-itu-r-m2058-0-recommendation-itu-r-m2058-0-022014-characteristics.html?page=1> (дата звернення: 26.03.2024).
3. GaN Technology for Radars. CS MANTECH Conference, April 23rd-26th, 2012. Boston, Massachusetts, USA.

4. Wang X., Liu J., Liu Z. Experimental Research on Marine Digital Navigation System. *International Society of Offshore and Polar Engineers: The 29th International Ocean and Polar Engineering Conference*. 2019.

5. Bauk S. A Review of NAVDAT and VDES as Upgrades of Maritime Communication Systems. *Advances in Maritime Navigation and Safety of Sea Transportation*. London: CRC Press, 2019. P. 81. doi: 10.1201/9780429341939.10.

6. Ustinov Y. M., Pripotnyuk A. Gorobtsov V. A. P. NAVDAT digital broadband system for high-rate data transmission from coast stations to ships. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*. 2020. Vol. 12(3). P. 450-458. doi: 10.21821/2309-5180-2020-12-3-450-458. URL:

https://www.researchgate.net/publication/347286865_NAVDAT_DIGITAL_BROADBAND_SYSTEM_FOR_HIGH-RATE_DATA_TRANSMISSION_FROM_COAST_STATIONS_TO_SHIPS
(дата звернення: 23.03.2024).

7. *Radartutorial.eu*: вебсайт. URL: <https://www.radartutorial.eu> (дата звернення: 23.03.2023).

8. Внутрішньоімпульсна модуляція та стискання імпульсу. *Radartutorial.eu*: вебсайт. URL: <https://www.radartutorial.eu/08.transmitters/tx17.uk.html> (дата звернення: 23.03.2024).

9. URL: https://www.aisukraine.net/titul_en.php (дата звернення: 23.03.2024).

10. *AIS of Ukraine: official website*. URL: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/NCSR-6th-session.aspx> (дата звернення: 24.03.2024).

11. Automatic Identification System (AIS) and the Monitoring of Marine Protected Areas and Exclusive Economic Zones. *Pacific Islands Protected*

Area Portal. URL: <https://pipap.sprep.org/content/automatic-identification-system-ais-and-monitoring-marine-protected-areas-and-exclusive> (дата звернення: 26.03.2024).

12. The FAR22X8 radar series is specially designed for Solas vessels. *FURUNO*. URL: https://www.furuno.it/lang--en--art--IMD0347800C--FAR2238SNXTBB_PM.html (дата звернення: 26.04.2024).

13. Jean-Yves Ch. NAVDAT: Navigational Data – Présentation du système. De l’analogique au numérique pour les Radiocommunications Maritimes. Les modulations analogiques utilisées aujourd’hui: Limitent le débit utile Exemple: 50 bds pour le TELEX ou le NAVTEX. 2014. URL: <https://www.slideserve.com/fuller-santana/navdat-navigational-data-pr-sentation-du-syst-me> (дата звернення 24.03.2024).

14. Advantages of Solid State Radar over Magnetron Radars. *Citimarine Store*. 2021. URL: <https://citimarinestore.com/citiguide/advantages-of-solid-state-radar-over-magnetron-radars/> (дата звернення: 26.04.2024).