

КОРАБЛЕБУДУВАННЯ

УДК 656.61.052

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.2/03>

Яглицький Ю.К.

Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

Кириченко К.В.

Херсонська державна морська академія

СУЧАСНІ КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ І СИСТЕМИ В ЗАДАЧАХ ДОСЛІДЖЕННЯ МОРЕХІДНИХ ЯКОСТЕЙ СУДЕН

Сучасний етап розвитку суднобудування та судноплавства характеризується створенням складних зразків морської техніки, якими все важче управляти і приймати правильні рішення при виникненні небезпечних ситуацій. Аналіз аварій суден свідчить про те, що значна їх частка пов'язана з незначними фактичних показників мореплавства в штормових умовах, тому проблема забезпечення безпеки мореплавства в усі часи зберігається актуальною. Зростаючий вплив системи «людина-судно» в процесі експлуатації суден обумовлює необхідність врахування підвищених вимог до безпеки. Дослідження морехідних якостей виконуються на основі аналізу динаміки судна і вимагає розробки нових підходів, що забезпечують надійні методи прогнозу. Це підкреслює актуальність постановки задачі аналізу і дослідження обчислювальних системоконплексів, що визначають поведінку судна в різних ситуаціях з використанням методів математичного моделювання. Сучасні можливості обчислювальної техніки відкривають перспективи широкого використання засобів і методів математичного моделювання поведінки судна в умовах безперервної зміни зовнішнього середовища. Бортові обчислювальні комплекси (БОК), що створюються в даний час в дослідницькому проектуванні, і повинні забезпечити автоматизовану підтримку прийняття рішень з безпеки мореплавства. Інтегрований БОК – це система інтелектуальної підтримки судноводія, яка призначена для визначення мореплавності судна в даних умовах плавання при режимі руху, який використовується, і як уникнути випадків втрати мореплавства. В сучасних умовах інтегровані БОК можуть бути складовою частиною глобальних комп'ютерних систем, найбільш перспективними напрямками застосування яких є «e-навігація» та безекіпажне судноводіння, які є одними з ключових напрямків розвитку інформаційних технологій у морській галузі.

Вивченню особливостей сучасних комп'ютерних технологій і систем з аналізу та прогнозу морехідних якостей суден та інноваційних технологій «e-навігації» й безекіпажного судноводіння і присвячено представлене дослідження.

Ключові слова: безпека мореплавства, морехідні якості, обчислювальний комплекс, інноваційні комп'ютерні технології та системи, «e-навігація», безекіпажне судноводіння.

Постановка проблеми. В сучасних умовах однією з головних тенденцій мореплавства є забезпечення більш високого рівня морехідної безпеки суден [1, с. 170]. Актуальність цього завдання визначається тим, що частка роботи морського судна в умовах вітру і хвилювання становить в середньому 65-70% його ходового часу. Одним з ефективних засобів підвищення безпеки штормового плавання є комп'ютеризація контролю мореплавства на судні.

Дослідження й удосконалення наявних та впровадження нових інформаційних засобів ана-

лізу і прогнозу мореплавства в поєднанні з можливостями і високою продуктивністю персональних комп'ютерів (ПК) сприятиме підвищенню рівня морехідних якостей судна та дозволить значно знизити кількість випадків втрати мореплавства.

Саме тому це питання залишається **актуальним** і для сучасних дослідників технологій контролю мореплавства судна.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найбільш ефективним напрямком отримання значень показників мореплавства є розрахункові методи, які широко використовуються для

оцінки, прогнозу та оптимізації мореплавства в дослідницькому проектуванні і при визначенні параметрів реакції судна на хвилювання. Вони базуються на працях багатьох вчених: В. Г. Власова, Л. М. Ногіда, Ю. В. Ремеза, Г. Є. Павленко, М. Д. Хаскінда, І. К. Бородая, А. В. Бронникова, І. Г. Захарова, В. О. Некрасова, Ю. І. Нечаєва, Неймана, Конолі, Льюїса, Очі, Тасакі та інших.

Алгоритми розрахунку параметрів морехідності вигідно доповнюють вимірнувальну апаратуру автоматизованих систем контролю морехідності (АСКМ). З їх допомогою підвищується точність і надійність оперативних оцінок безпеки судна, прогноуються параметри хитавиці, навантажень на корпус і вирішуються інші завдання.

Основним завданням даної роботи є необхідність більш наочно розглянути і проаналізувати можливості основних технологій та засобів контролю мореплавства судна і виділити найбільш перспективні з точки зору морехідної безпеки суден.

Виклад основного матеріалу дослідження. Процес управління судном має циклічний безперервний характер і протікає в часі та просторі. Для управління безпосередньо рухом обов'язково необхідні наступні дані з автоматизованої навігаційної системи судна:

- мета управління і опис її досягнення (правила, настанови, керівні документи) з особливостями руху суден в даних кліматичних умовах;

- система управління з необхідними параметрами (дані про стан корпусу судна, дані про механізми і обладнання, відомості про маневрені та морехідні якості судна, інформацію про встановлені шляхи руху, райони плавання, про системи суднових повідомлень і службах руху суден, про заходи щодо захисту морського середовища, дані про візуальні і радіотехнічні засоби);

- інформація про зовнішнє середовище (відомості про навігаційні та

- гідрометеорологічні умови, відомості про порти, дані про поточну погоду і прогноз, дані про поточне положення судна) з урахуванням відомостей, що надходить з наземних систем ведення руху морських суден.

Обробка даних в автоматизованій навігаційній системі здійснюється за допомогою інформаційних, технічних та програмних засобів, що встановлені на судні. Однак невизначеність вихідної інформації і неповнота даних про фізичні картини взаємодії судна з зовнішнім середовищем призводять до необхідності всебічного вивчення особливостей динаміки судна.

Дослідження морехідних якостей та особливостей задач динаміки суден на хвилюванні показують, що математичні моделі, які описують поведінку судна, володіють специфічними властивостями – єдиною структурою і загальною ознакою нелінійності. Для їх створення необхідні складні математичні розробки і використання сучасних обчислювальних засобів.

В даний час використання обчислювальної техніки для управління

складними динамічними об'єктами стало повсякденною реальністю. Однак переважна більшість бортових обчислювальних систем призначені виключно для автоматичного управління і використовують тільки деякі прості алгоритми, які вбудовані в логічних контролерах.

У якості альтернативи їм можна розглядати бортові консультуючі системи або системи підтримки прийняття рішень оператора динамічного об'єкта на базі однопроцесорних бортових обчислювачів, які призначені для вирішення конкретних завдань (контролю мореплавства судна). Застосування високопродуктивної багатопроцесорної техніки дозволяє об'єднувати функції бортових систем різного призначення, координувати їх роботу і, як результат, давати навігатору повну картину про стан і прогноз поведінки об'єкта, що управляється.

За даними спеціалістів складності, що виникають на шляху вирішення завдання, пов'язані не тільки з відсутністю відповідного математичного апарату, але і з неповнотою вихідної інформації і невизначеністю зовнішніх умов, в яких протікає конкретна ситуація.

Таким чином, для розробки ефективних методів аналізу і прогнозу поведінки судна в штормових умовах необхідно мати досить надійні алгоритми перетворення інформації для прийняття обґрунтованих рішень. Формалізація знань може бути здійснена на основі сучасних підходів до організації бортових обчислювальних комплексів (БОК). Основну увагу необхідно звертати на контроль і прогноз розвитку екстремальної ситуації в умовах безперервної зміни динаміки судна під впливом зовнішніх хвилювань (рис. 1).

При дослідженні процесу функціонування БОК розглядають поточний C^t , початковий C^0 і кінцевий C^k стан судна. Початковий стан відповідає моменту реалізації прийнятого рішення, а кінцевий – стану, який отримується в результаті керуючого впливу (вибір курсового кута хвилі і швидкості судна, баластування та інше). Зазначені стани можна представити у вигляді

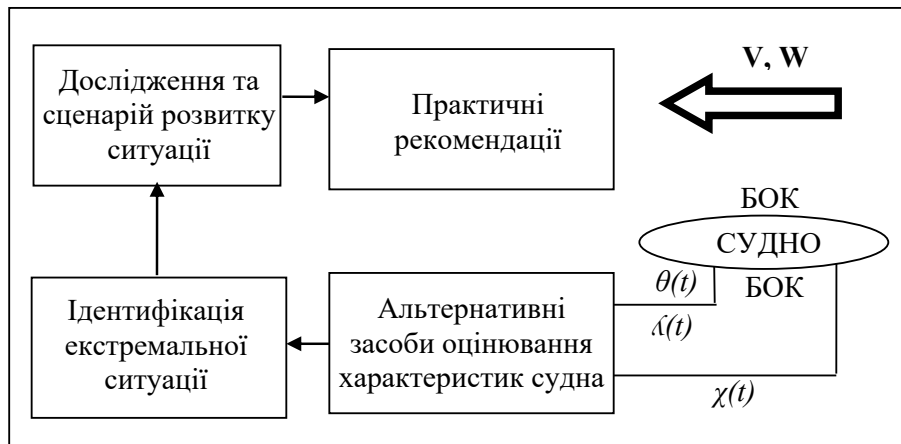


Рис. 1. Загальна схема функціонування БОК (бортових обчислюваних комплексів) дослідження та моніторингу морехідних якостей суден:

V, W – вектори швидкості і напрямку вітру та хвилювання;
 $\lambda(t), \dots, \chi(t)$ – параметри коливального руху судна при хитах

узагальнених (які задовольняють певним критеріям) векторів:

$$C^i = (C^i_j); C^0 = (C^0_j); C^k = (C^k_j); (i = 1, \dots, n).$$

Кожний з цих станів буде відмінним для підсистем, що утворюють БОК, тому можна записати:

$$C_j^i = (C_{ji}^i); C_j^0 = (C_{ji}^0); C_j^k = (C_{ji}^k);$$

$$(j = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n).$$

Функція управління БОК полягає в тому, щоб з безлічі цільових станів (альтернатив) $(C^i)^m$ сформулювати узагальнений (який задовольняє певним критеріям) вектор кінцевого стану C^k відповідно до деякої колективної стратегії W^k .

$$C_j^k = W^k \{ (C^i)^m, C_{fj}^k \} (f = 1, \dots, n; f \neq j),$$

де C_j^k – множина цільових станів БОК.

Ці дані дозволяють на заданому інтервалі часу $[t_0 - t_f]$ визначити розшукуване рішення поставленого завдання. Аналіз повинен вестися в реальному масштабі часу з використанням методів математичного моделювання (ММ).

Розробка управляючих впливів при організації баз знань (БЗ) здійснюється на основі результатів динамічних вимірювань параметрів стану судна та зовнішніх збурень після виконання певних обчислювальних і логічних операцій. Якість роботи БОК при реалізації колективної стратегії визначається функцією неузгодженості, що характеризує розбіжність технічних станів судна для прийнятого рішення C_k (сценарій) і фактичного стану C_f в розглянутий момент часу:

$$\Phi(N) - \Phi(C_k, C_f)$$

Для підвищення надійності вимірювань в режимі нормальної експлуатації судна викорис-

товуються математичні методи планування експерименту. Інформаційна технологія створення БОК передбачає наступні умови організації обчислювального комплексу:

1. Аналіз альтернатив, сценарій розвитку ситуації та прийняття рішень здійснюється в реальному масштабі часу на основі даних динамічних вимірювань, ММ і структурованої БЗ.

2. Алгоритм і програмне забезпечення реалізуються з урахуванням функціонування системи в реальному масштабі часу, виходячи з допустимого часу реакції.

3. БЗ в максимальному ступені пристосована до сприйняття фактичної інформації про поведінку судна на хвилюванні при безперервному зміні динаміки зовнішнього середовища.

Сформульовані положення і підхід визначають можливість здійснювати перетворення інформації про динаміку взаємодії судна із зовнішнім середовищем. Вибір і формулювання вирішальних правил і формування процедур аналізу та інтерпретації даних повинні враховувати особливості поведінки судна, як динамічної системи, під впливом зовнішніх випадкових збурень. В цьому випадку при описі предметної області доводиться враховувати особливості функціонування БОК і відобразити:

- поточний стан судна як складної динамічної системи;
- класи допустимих і екстремальних ситуацій об'єкта і зовнішнього середовища;
- закономірності функціонування об'єкта в рамках конкретного стану;
- управляючі впливи, що змінюють стан об'єкта.

Ідентичне відображення такої різноманітної кількісної та якісної інформації пов'язане з використанням інтегрованих моделей представлення знань з можливостями їх представлення на різних рівнях узагальнень. При цьому логічна структура визначає модель об'єкта управління, а продукційна – модель прийняття рішення щодо забезпечення морехідних якостей судна.

Розроблена на основі такого підходу формалізована БЗ представляє безліч взаємопов'язаних каналами передачі даних і логічними схемами програмних об'єктів, що імітують динаміку поведінки судна як складної системи. Процес імітації в реальному часі підтримується управляючою компонентою, що координує послідовність обробки модельних і тимчасових подій. При необхідності моделювання складних безперервних процесів додатково використовується система імітаційного моделювання, а інтеграція знань здійснюється на основі спеціально розроблених інтерфейсів.

Пропоновані затвердження дозволяють визнати можливим те, що використання виміральної діагностуючої інформації для підвищення достовірності оцінки морехідності поряд з високопродуктивною обчислювальною технікою для реалізації режиму реального часу, а також застосування методів штучного інтелекту, дозволить реалізацію таких структур моделей бортових обчислювальних комплексів (БОК), які зможуть забезпечити достовірний опис досліджуваних ситуацій та надійність прийняття практичних обґрунтованих рішень.

Наведені положення умовно можна віднести до одного з 3-х напрямків автоматизації контролю мореплавства – автоматизація вимірювань і розрахунків. Інтегровані комп'ютерні системи (ІКС), що відносяться до цього напрямку, найбільш повно відповідають цілям забезпечення морехідної безпеки судна, так як здатні ідентифікувати поточну ситуацію; моделювати інші ситуації, які виникнуть при зміні курсу і/або швидкості, баластного стану, погодних умов; виробляти рекомендації щодо оптимальних режимів руху.

На судні ІКС входять до складу автоматизованих комплексів судноводіння (АКС), що виконують різні функції судноводіння і контролю його безпеки та містять засоби інформаційної підтримки рішень судноводія щодо забезпечення мореплавства і безпеки судна в штормових умовах. Сучасні АКС називаються інтегрованими містками (ІБС – Integrated bridge systems).

В сучасних умовах АКС можуть бути частиною глобальних комп'ютерних систем, які дозво-

лять не тільки забезпечити морехідну безпеку судна, а й налагодити ефективний обмін даними між судном та берегом зі створенням єдиної інформаційної мережі, що пов'яже всіх учасників та всі елементи морської галузі, і автоматизує безліч процесів аж до судноводіння та формування наскрізних логістичних процесів.

Найбільш перспективні напрямки застосування глобальних комп'ютерних систем у цій сфері – це «е-навігація» та безекіпажне судноводіння, які є ключовими ініціативами Міжнародної морської організації (ІМО), що регламентує питання, які пов'язані з міжнародним торговим судноплаванням.

Поява терміна «е-Навігація» збігається з часом швидкого розвитку новітніх інформаційних технологій та технологій судноводіння, що ґрунтуються на використанні електронних технічних засобів (супутникові навігаційні системи, автоматичні ідентифікаційні системи, електронні картографічні системи, космічний зв'язок тощо). Впровадження цих технологій на морських судах докорінно змінило практику роботи судноводіїв і вимагало внесення змін до ідеології сучасної навігації, а також у більш широкому сенсі, судноплавання [2, с. 4].

В основі «е-Навігації» (концепції, що розроблена ІМО) лежить координація систем морської навігації та допоміжних берегових служб відповідно до потреб користувачів [3, с. 1]. В якості основ для виконання завдань, визначених користувачами, будуть використані три базові компоненти: судові системи, берегові системи та інфраструктура зв'язку.

– бортові навігаційні системи, що об'єднані в єдиний комплекс бортових датчиків і забезпечують необхідною інформацією користувача, а також єдину систему управління охоронними зонами та оповіщенням. Базовими елементами такої системи є електронні засоби позиціонування з високим рівнем інтеграції (електронне позиціонування), електронні навігаційні картки (ENC) та аналітична функція, що мінімізує вплив людського фактора та дозволяє знизити навантаження на моряка;

– система управління рухом суден та роботою відповідних берегових служб, що використовує схеми підтримки та координації комплексних даних, а також обмін ними у форматах зрозумілих для операторів берегових служб, що забезпечують безпеку та ефективність руху морських суден;

– інфраструктура, що забезпечує авторизовану пряму передачу інформації на борту корабля,

між кораблем і берегом, а також між береговими службами та іншими сторонами з усіма супутніми перевагами, включаючи мінімізацію ймовірності впливу людського фактора [4, с. 2].

Мета впровадження «е-навігації» – підвищення безпеки та ефективності мореплавання за рахунок [3, с. 4]:

- створення єдиного інформаційного середовища для суднових та берегових штурманів;
- обслуговування орієнтованої архітектури всіх систем;
- готовність всіх систем до використання нових сервісів «е-навігації» в міру їх появи.

Безсумнівно, що «е-навігація» підвищить рівень безпеки морського судноплавства за рахунок зниження кількості факторів ризику, що сприятиме запобіганню забруднення навколишнього середовища (наприклад, при зіткненнях кораблів та посадці на мілину) [3, с. 3]. Цілком імовірно, що е-навігація допоможе скоротити обсяг викидів вуглецю, сірки та азоту за допомогою вибору більш ефективного алгоритму прокладання маршруту та обслуговування судна, а також є можливість використовувати «е-навігацію» як фінансовий інструмент для розрахунку позовів про компенсацію збитків.

Ідея створення інтегрованої глобальної електронної системи морської навігації давно обговорювалася в рамках заходів, що проводяться зацікавленими організаціями: ІМО, Міжнародною асоціацією маячних служб

[5], Міжнародної гідрографічної організацією. Після обговорень було прийнято рішення взяти за основу концепцію системи автоматичного залежного спостереження (АЗН-В), що існує у цивільній авіації. Враховуючи положення цієї концепції Міжнародна морська організація розробила основні документи для практичного впровадження стратегії «е-навігації», а також проробила велику роботу з реалізації плану спільних дій для її застосування.

Наразі активні роботи з розвитку стандартів та технологій ведуться у Європейському союзі, де реалізуються науково-дослідні проекти в галузі «е-навігації»: *SafeSeaNet*, *Monalisa*, *Efficient Sea* та ін. Проекти сфокусовані на розробці концепції ефективності управління морським транспортом, на безпеці, на пошуково-рятувальних операціях, та на створенні тестових майданчиків «е-навігації» у Балтійському, Північному та Середземному морях.

В США, Австралії, Швеції, Норвегії, Канаді, Японії, Південній Кореї програми з розвитку

цифрової навігації та створення інфраструктури «е-навігації» виконуються структурами державних органів, які відповідають за забезпечення безпеки мореплавання.

Безекіпажне судноводіння – ще одна ініціатива ІМО, реалізація якої тісно пов'язана з «е-навігацією». Для автоматизації судноводіння необхідна розвинена інформаційна інфраструктура, щоб забезпечити системи навігації необхідною та своєчасною інформацією та надати безекіпажному судну можливість взаємодіяти з іншими учасниками судноплавства.

Зменшення чисельності екіпажу на суднах унаслідок автоматизації відбувається протягом кількох десятиліть внаслідок розвитку технологій і зниження впливу людського фактора. Зниження цього впливу досягається засобами підготовки, сертифікації та контролю дій екіпажу, що неминуче викликає збільшення витрат. Поява безекіпажних суден дозволить знизити експлуатаційні витрати, збільшити місткість суден та знизити вплив людського фактора на безпеку мореплавання. Можна з упевненістю прогнозувати, що впровадження безекіпажних технологій судноводіння (систем безперервного дистанційного управління судном) буде відбуватися послідовно, протягом десятиліть: від тимчасової відсутності екіпажу на вахті у нескладних умовах навігації до повної автоматизації процесу судноводіння у будь-яких умовах [6].

Сьогодні автоматизація судноводіння досягла такого рівня, коли при тривалих переходах у відкритому морі у хорошу погоду на вахті на навігаційному містку і в машинному відділенні може бути один член екіпажу. Для цього використовуються наявні на ринку системи напівавтоматичного керування судном типу *Track Control System*.

Тим не менш, поки необхідно, щоб на борту судна було кілька вахт та додатковий персонал. Це означає, що значна частина судна зайнята засобами забезпечення життєдіяльності та безпеки екіпажу, а витрати на екіпаж становлять значну частину експлуатаційних витрат.

Загальноприйнятих правил, що регулюють створення та експлуатацію безекіпажних суден не існує. Ринок безекіпажних суден, їх компонентів, умови обслуговування та експлуатації перебувають у стадії формування і на даний час особливе місце приділяється питанням нормативно-правової бази судноплавства, вирішити які необхідно для застосування безекіпажного судноводіння [7].

У світі розробляються численні проекти безекіпажних суден, наприклад, *MUNIN* у Європі,

англійська Rolls-Royce Autonomous Ship Research Project, проекти військово-морської спрямованості існують у США.

Проте найбільше значення має розробка технологій, що застосовуються саме до комерційного морського транспорту, тому що такі технологічні іновачії дозволять отримати пріоритет у створенні та застосуванні технологій безпекажного судноводіння цивільного призначення.

У якості першого кроку для створення технологій безпекажного судноводіння планується використання методів математичного комп'ютерного моделювання (рис. 2), орієнтованих на комплексне відпрацювання запропонованих рішень, а також на підготовку змін нормативно-правової основи на різних рівнях.

Очевидно, що проведення досліджень у цій галузі на реальних судах вкрай небезпечно і вимагатиме дуже тривалого часу внаслідок нестандартних екстремальних ситуацій, тому створення віртуального інформаційного середовища дозволить судноводіям та експертам безпечно та економічно ефективно відпрацьовувати технології безпекажного судноводіння, включаючи взаємодію зі звичайними суднами та навігаційною інфраструктурою.

Результати таких досліджень дадуть можливість оснащення розробленими технічними засобами суден та пілотної зони «е-навігації», де будуть проводитися фізичні випробування безпекажних суден.

Висновки. Проведений аналіз використання комп'ютерних технологій і систем в задачах

дослідження морехідних якостей суден показав, що використовуючи засоби і методи математичного моделювання поведінки судна в умовах безперервної зміни зовнішнього середовища можна обґрунтувати та сформулювати концепцію створення бортового обчислювального комплексу (БОК) із забезпечення безпеки мореплавання. У рамках сформульованої концепції БОК необхідно створити інструментальні та прикладні програмні засоби генерації вітрохвильових обурень, моделювання динаміки взаємодії судна із зовнішнім середовищем, наповнення та тестування бази знань бортової системи аналізу та прогнозу мореплавних якостей суден, що функціонує у реальному масштабі часу.

Використання нових методів обробки інформації пов'язано не лише інтелектуальними бортовими системами, а і з відповідною інфраструктурою берегових сервісів, супутникових систем, а також зміною законодавчої та нормативної основи. Найбільш перспективними напрямками застосування глобальних комп'ютерних систем у сфері динаміки взаємодії судна із зовнішнім середовищем – вважаються «е-навігація» та безпекажне судноводіння, які є одними з ключових напрямків розвитку інформаційних технологій у морській галузі. Успішна реалізація проектів у цих галузях відкриває судноплавним компаніям можливість випереджаючого застосування та комерціалізації нових технологій на світовому ринку і дає можливість підвищити ефективність та безпеку перевезень.

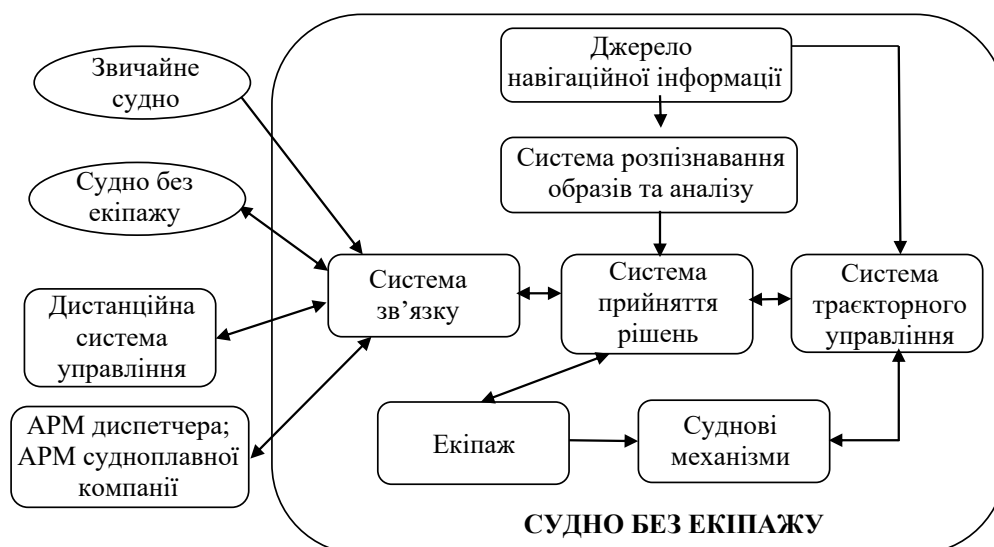


Рис. 2. Орієнтовний варіант принципової схеми систем управління безпекажного судна

АРМ – автоматизоване робоче місце

Список літератури:

1. Yahlytskyi Y.K., Kyrychenko K. V. Systemic issues of navigation safety. Proceedings of the I International scientific-practical conference «Current transport safety issues, in energy, infrastructure (STEI-2021)». pp. 170-172.
2. Вагущенко Л.Л. Современные информационные технологии в судовождении [Электронное учебное пособие]. Одесса: ОНМА, 2013. 135 с.
3. Patraiko D. Introducing the e-navigation revolution. Seaways. The Nautical Institute. March 2007. 5 p.
4. Гарнагин Ю. С. Базовые принципы, развитие и внедрение концепции e-Навигации [Электронный ресурс]. Государственный морской университет им. адм. Ф. Ф. Ушакова. – Режим доступа: <http://www.diktan.ru/docs/91/index-204623.html>.
5. International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities [Электронный ресурс]. <https://www.iala-aism.org/>
6. Business Insurance, Underwriters get ready for crewless ships. Five-year timeframe for unmanned vessels Posted On: Feb. 14. 2016 12:01 AM CST by Donna Mahone.
7. European commission research and innovation DG Project No.: 314286 Ref: 314286-MUNIN-Final-Report-12-20151222-144137-CET.pdf.

Yahlytskyi Yu.K., Kyrychenko K.V. MODERN COMPUTER TECHNOLOGIES AND SYSTEMS IN THE PROBLEMS OF RESEARCH OF SEA QUALITIES OF SHIPS

The current stage of development of shipbuilding and shipping is characterized by the creation of complex models of marine technology, which are increasingly difficult to manage and make the right decisions in dangerous situations. Analysis of ship accidents shows that a significant proportion of them is due to ignorance of the actual performance of navigation in stormy conditions, so the problem of ensuring the safety of navigation at all times remains relevant. The growing influence of the «man-ship» system in the operation of ships necessitates the need to take into account the increased safety requirements. Research on seaworthiness is based on the analysis of ship dynamics and requires the development of new approaches that provide reliable forecasting methods. This emphasizes the relevance of the problem of analysis and study of computer systems that determine the behavior of the ship in different situations using the methods of mathematical modeling. Modern capabilities of computer technology open up prospects for the widespread use of tools and methods of mathematical modeling of ship behavior in conditions of continuous change in the environment. On-board computing systems (OBCS), which are currently being developed in research design, and should provide automated support for maritime safety decision-making. Integrated OBCS is a system of intellectual support of the navigator, which is designed to determine the seaworthiness of the vessel in these conditions of navigation in the mode of movement used, and how to avoid loss of navigation. In modern conditions, integrated OBCS can be an integral part of global computer systems, the most promising areas of application of which are «e-navigation» and unmanned navigation, which are one of the key areas of information technology development in the maritime industry.

The present study is devoted to the study of the features of modern computer technologies and systems for the analysis and forecasting of seaworthiness of ships and innovative technologies of «e-navigation» and unmanned navigation.

Key words: maritime safety, seaworthiness, computer complex, innovative computer technologies and systems, «e-navigation», unmanned navigation.