УДК 629.05: 65.011 doi.org/10.33298/2226-8553.2024.1.39.05

Тимочко О.І., Тимощук О.М., Руденко В.М., Сітков О.М.

СИТУАЦІЙНА ОБІЗНАНІСТЬ ОПЕРАТОРІВ БЕРЕГОВИХ ЦЕНТРІВ УПРАВЛІННЯ ЯК ОСНОВНА ПЕРЕДУМОВА БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОНОМНИХ БЕСПІЛОТНИХ СУДЕН

Метою роботи є дослідження ситуаційної обізнаності операторів берегових центрів управління для безпечної експлуатації безекіпажних автономних суден. Поставлена мета досягається шляхом аналізу основних рішень, спрямованих на розширення зони безпілотного режиму плавання автономних безекіпажних суден. Детальний аналіз проекту MUNIN щодо здійснення автономного безпілотного трансокеанського рейсу на великому суховантажному судні показав, що лише на трансокеанському відрізку реалізовано автономне безпілотне управління. Досліджено схему організації управління безекіпажним судном та особливості керування ним у районах входу (виходу) у (з) порт(у). Підкреслено провідну роль інформаційно-телекомунікаційних технологій для передачі інформації на борту суден, між суднами і між суднами і береговими службами. Запропоновані раціональні швидкості руху безекіпажних суден для зменшення викиду відпрацьованих газів. Виявлені особливості і здійснено порівняння властивостей безпілотного й автономного судна. Підкреслено провідну роль людського фактору у системі «безекіпажне судно-оператор-навколишнє середовище», що впливає на досягнення головної мети місії судна. Доведено необхідність підтримання високого рівня ситуаційної обізнаності при перенесенні людського фактору з судна на берег в динамічних безекіпажних системах й більш глибокого врахування людського фактору. Виявлено, що обсяг і період оновлення інформації, що надходить, до берегового центру управління є одним з ключових у плані ситуаційної обізнаності оператора, який керує безпілотним судном. Запропоновано принципи групування інформації, що надходить на судно і забезпечує обізнаність віддаленого оператора про ситуацію. Найбільш суттєвим результатом дослідження є критичний аналіз предметної області та доведення важливої ролі людини у безпечній експлуатації безпілотних суден, можливі помилки, що може припустити оператор, і шляхи їх подолання. Подальшим напрямом роботи є проведення досліджень щодо встановлення особливостей управління безекіпажним судном при застосуванні е-навігації.

Ключові слова: *автономне судно, безпілотне судно, е-навігація, ситуаційна обізнаність, оператор, інформація, управління.*

Постановка проблеми. Останні роки характеризуються активним впровадженням безпілотних систем у різних сферах діяльності людини. Зрозуміло, що провідну роль такі апарати і системи грають у військовій області. Причому вони застосовуються не тільки у повітрі, про що ми чуємо найчастіше, але й на землі, на воді, під водою, та у космічному просторі. Все ширше безпілотні системи знаходять застосування у різних цивільних областях.

Так, ЄС з 2012 року активно працює над проектом MUNIN (Maritime Unmanned Ship through Intelligence in Networks – навігація морського безпілотного судна за допомогою розвідки в мережах). MUNIN досліджує можливість створення і подальшої експлуатації безпілотних (безекіпажних) автономних торговельних суден. На першому етапі особливістю таких суден досліджувався безпілотний режим роботи тільки під час океанських переходів. А на самих відповідальних ділянках маршруту – виходу з порту і входу до нього – однозначно передбачалася наявність пілота. в порт. Подальші дослідження спрямовані на розширення зони безпілотного режиму.

Безпілотний режим роботи судна забезпечуватиметься безперебійним функціонуванням автоматичної системи на основі інформації від бортових датчиків. Така побудова контуру

управління дозволяє судну автономно виконувати стандартні маневри для уникнення зіткнення відповідно до міжнародних правил (COLREGS, МПЗЗС-72). З метою підвищення безпеки судноплавства безекіпажне судно постійно контролюється віддаленим береговим центром. При виникненні збоїв у програмній або апаратній частині автоматичної системи береговий центр бере на себе дистанційне керування. Основними обов'язками операторів берегового центру управління при дистанційному керуванні є підтримання максимальної ситуаційної обізнаності і вирішення стандартних проблем з автоматикою безекіпажного судна. Така постановка завдання управління та запропонований порядок її вирішення має підтвердити однакову безпечність безпілотних і пілотованих суднових систем.

Дослідницький проект MUNIN задумувався з метою здійснення автономного безпілотного трансокеанського рейсу на 200-метровому суховантажному судні від виходу з порту-відправника до входу до порту прибуття. Фактично автономне безпілотне управління планувалося виконувати лише на основній ділянці плавання – на трансокеанському відрізку: від місця висадки пілота у порту-відправнику до місця посадки пілота у порту прибуття. Для реалізації такого безпілотного трансокеанського рейсу звичайне суховантажне судно дооснащується відповідними технологіями управління. Особливості реалізації проекту MUNIN зображені на рис. 1.

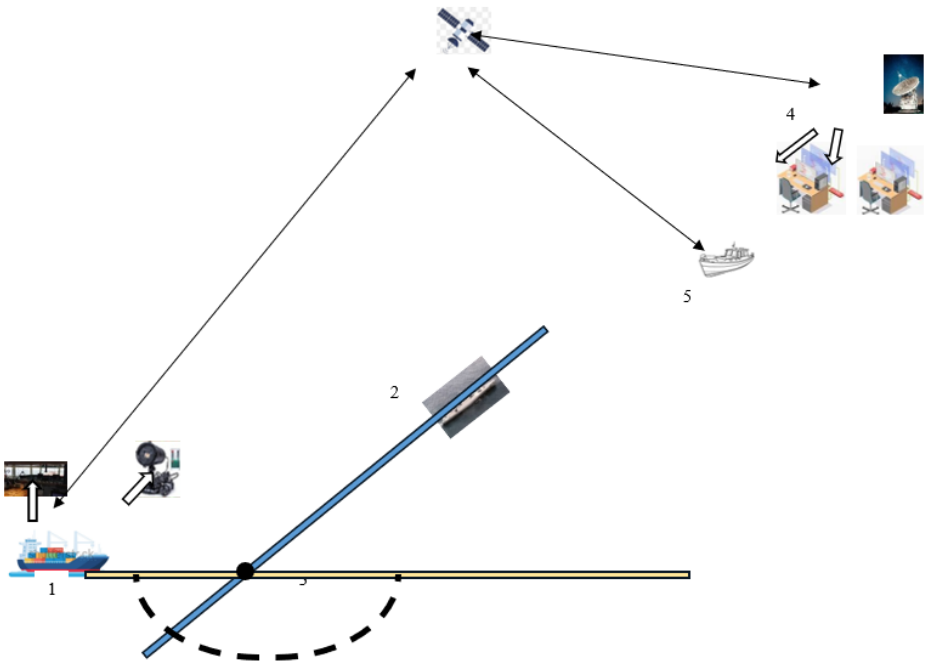

Рисунок 1 – Порядок функціонування проекту MUNIN

Безпілотне судно (1), оснащене автономним судновим контролером, системою двигунів, відеосистемою з інфрачервоним і гіроскопічним стабілізатором денного світла, рухається за визначеним маршрутом. Датчики, що знаходяться на борту судна, виявили на маршруті руху перешкоду у вигляді судна (2). Передана від датчиків й оброблена автономним судновим контролером інформація дозволила йому зробити висновок, що у точці (3) можливе зіткнення суден (1) і (2). Тому судно (1) готується виконати маневр ухилення. За судном дистанційно спостерігають оператори берегового центру управління (БЦУ) (4), які у разі виникнення надзвичайної ситуації у будь-який час можуть взяти на себе дистанційне керування судном. Крім того, дистанційно керувати судном може лоцманський катер (5), що наближається, з лоцманом і командою на борту.

Таким чином, безекіпажні судна очікують на стрімкий розвиток, і необхідно дослідити причини, які будуть надавати самий серйозний вплив на особливості їх експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні роки характеризуються глибокими дослідженнями у сфері розвитку дистанційно керованих, автоматизованих і автономних суден і їх безпечної експлуатації.

Численні роботи були спрямовані на розвиток електронної навігації [1], яка визначена як "гармонізований збір, інтеграцію, обмін і представлення морської інформації на борту і на березі за допомогою електронних засобів з метою поліпшення навігації від причалу до причалу і пов'язаних з нею послуг, безпеки на морі і захисту морського середовища" [2]. Спочатку електронна навігація була запропонована як рішення для навігації у відкритому морі. Однак у роботі [3] визначено, що послуги е-навігації необхідні також і для внутрішнього судноплавства, а довгострокова еволюція і система автоматичної ідентифікації (AIC) є ключовими факторами, що сприяють впровадженню послуг електронної навігації.

У роботі [4] зроблено висновок, що інформаційно-телекомунікаційні технології, впроваджені на сучасних суднах, не є достатніми для автономних повністю електричних пасажирських поромів для міського водного транспорту. Відповідно, в цій роботі пропонується спеціальна архітектура зв'язку, яка має на меті задовольнити потреби різних зацікавлених сторін.

У роботах [5, 6] автори дослідили використання мов моделювання та проектування на основі сценаріїв для опису функціональності автономних суден, довивши, що розглянуті методи підходять для управління складністю системи та передачі системної інформації.

З 2006 року IMO визначила три основні цілі електронної навігації, а саме: розвиток і забезпечення інфраструктури для передачі інформації на борту суден, між суднами і між суднами і береговими зацікавленими сторонами [1].

Автори у роботі [7] запропонували чотири режими роботи автономних торговельних суден, а саме: а) автономне виконання, б) автономне управління, в) дистанційне управління та г) відмова від безпеки. Доведено, що е-навігація необхідна у всіх режимах роботи, і тому буде підтримуватися запропонованою архітектурою зв'язку. Безперервна передача телеметрії в реальному часі до центру дистанційного керування (ЦДК) необхідна для дистанційного моніторингу під час автономного виконання. У разі незначних змін, таких як зміна маршруту або швидкості для динамічного позиціонування відносно рухомих об'єктів, автономне судно переходить в режим автономного керування, в якому він продовжує працювати автономно, але передає додаткові дані про ситуацію у ЦДК і може очікувати на отримання незначних команд керування. У разі невирішених небезпечних ситуацій судно повинне передавати дані до ЦДК для покращеної та повної ситуаційної обізнаності, а також отримувати команди управління в реальному часі. Нарешті, у разі втрати зв'язку з ЦДК очікується, що автономне судно ініціює відповідну процедуру відмови в безпеці, буде викликана найближча аварійна група, яка наблизиться до судна і візьме на себе контроль над ситуацією, що склалася. Доведено, що ці режими роботи можуть бути досягнуті лише за допомогою послуг е-навігації, заснованих на надійному зв'язку, з низькою затримкою і достатньою пропускною здатністю для обробки обсягу даних, що генеруються і передаються датчиками. У цьому напрямку в літературі запропоновано багато комунікаційних архітектур для морських операцій, включаючи автономні морські судна.

Еталонна архітектура для торговельних суден без екіпажу була запропонована у [7], яка базувалася на чітких припущеннях, пов'язаних із забезпеченням основного, резервного і виділеного каналу зв’язку з ЦДК і дозволила реалізувати автономний судновий контролер, який виконує автономні і дистанційно керовані операції, на додаток до контролю відображення між доступними комунікаційними ресурсами і режимом управління судном.

У статті [8] автори провели огляд зв'язку і мереж для автономних морських суден і підкреслили, що технології мобільного зв'язку і WiFi широко застосовуються в додатках, що вимагають великої пропускної здатності і низької затримки.

У роботі [9] надається варіант вирішення проблеми навігації в портових зонах, схильних до аварій через підвищений трафік і обмежений простір для маневру, що викликає необхідність точного виконання маневрів, щоб уникнути пошкодження причалу.

Інша комунікаційна архітектура, що використовує технологію LTE для морського зв'язку, була запропонована у роботі [10]. Автори стверджували, що LTE можна надійно використовувати для збільшення дальності зв'язку "судно-берег" до 100 км.

Таким чином, невирішеними досі залишаються питання досягнення необхідної ситуаційної обізнаності операторів на берегових центрах при управлінні безекіпажними автономними суднами.

Метою роботи є дослідження ситуаційної обізнаності операторів берегових центрів управління для безпечної експлуатації безекіпажних автономних суден.

Викладення основного матеріалу дослідження. Проведений поглиблений аналіз перспектив розвитку морської галузі, морських вантажних та пасажирських перевезень, екологічних проблем суспільства дозволив сформувати основні причини доцільності застосування безпілотних суден: неприваблиле людське робоче середовище на борту і ризик майбутньої нестачі моряків; прагнення знизити витрати на транспортування; глобальна потреба в скороченні викидів і прагнення підвищити безпеку судноплавства.

На думку багатьох фахівців, у найближчі 5-15 років більшість судноплавних компаній зіштовхнуться з низкою загроз для їхнього ефективного функціонування. Основною загрозою вважається "непривабливість галузі", що зіткнеться з жорстким ринком праці, з періодичною нестачею офіцерів, особливо в міру відновлення судноплавних ринків. Тому безпілотні судна (або малопілотовані судна з підтримкою автономними технологіями) можуть частково вирішити проблему нестачі професійно підготовлених кадрів для морської галузі.

У відповідь на постійне зниження витрат у судноплавній галузі за рахунок комплексної автоматизації різноманітних процесів, скорочення чисельності суднових екіпажів і, відповідно, відносне зниження рівня безпеки і створення менш привабливих умов праці для членів екіпажів реалізація безпілотної суднової системи може показати економічну ефективність проекту.

Для зменшення впливу судноплавної галузі на навколишнє середовище є застосування повільнішої швидкості суден. У роботі [11] доведено, що зниження швидкості типового контейнеровоза на 30% дозволяє на 50% скоротити споживання палива, а отже, і скоротити викиди. З іншого боку, для підтримання необхідного рівня перевезень при повільніших суднах вимагатиме більшої кількості суден, які також потребуватимуть палива. Отже, первісне рівняння перетворюється на більш складне і ні таке однозначне. Проведені розрахунку для контейнерних перевезень показали [11], що повільне пароплавство за умови збільшення кількості суден дозволяє скоротити викиди вихлопних газів приблизно на 11%. Таким чином, повільніші безпілотні судна означають довші рейси без збільшення витрат на заробітну плату судновому екіпажу і не принесуть соціально менш привабливих тривалих умов перебування моряків на борту судна.

Чисельні дослідження [1], [2], [3] показали, що людська помилка є причиною 65-96% всіх аварій на морі. Застосування безпілотної системи, тобто усування людини від безпосереднього управління судном, повністю виключає людську помилку [4]. Однак, все не так просто, тому що програми для безекіпажних суден пишуть люди, і там можливі помилки програмування [5]. Крім того, оператори будуть залучені до моніторингу, дистанційного керування та технічного обслуговування суден. Ще однією проблемою слід вважати необхідність виконувати завдання безпілотним суднам не тільки разом з аналогічними апаратами, але й у кооперації з пілотованими суднами. Отже, можливість перенесення прийняття рішення від судноводія на борту судна, який піддається жорсткому впливу стресу і втомі, до людей, що програмують і проводять технічне обслуговування і менш схильні до негативних впливів, може позитивно сказатися на безпеці судноплавства. Тобто необхідно довести, що безпілотне судне, як мінімум, є такою ж безпечною, як і пілотована.

Порівняння властивостей безпілотного й автономного судна.

Автономне судно контролюється автоматичними, заздалегідь запрограмованими, системами для навігації та управління двигунами. Але автономна система також володіє певним рівнем штучного інтелекту (ШІ), який дозволяє виявляти та ідентифікувати інші судна і здійснювати маневри для уникнення зіткнення відповідно до Міжнародних правил запобігання

зіткненням суден у морі (COLREGS). Однак, згідно з введеними на початку обмеженнями, автономне судно не обов'язково буде безпілотним. По-перше, на судні протягом частини рейсу можуть перебувати бригади технічного обслуговування для обслуговування або ремонту систем на борту. По-друге, судно буде пілотованим під час заходу в порт і виходу з нього.

Згідно з визначенням, безпілотним судном називається судно без людей на борту. Насамперед, судна будуть безпілотними під час трансокеанського етапу подорожі. Однак безпілотне судно не обов'язково є автономним: БЦУ, отримуючи раз на 4 секунди важливу інформацію через супутник, буде дистанційно контролювати судно, і у разі потреби дистанційно управляти ним.

Вказане речення висуває дуже серйозні вимоги щодо надійності системи зв'язку. Так, при втраті зв'язку, якщо автономна система одночасно не зможе знайти рішення, судно зможе перейти в аварійний режим [6]. Таким чином, запропоновані рішення також підвищують безпеку на суднах.

Передбачається, що вся сукупність безпілотних суден буде безперервно контролюватися з центру управління. Для цього у БЦУ постійно стікається інформація від різнотипних джерел, за результатами аналізу якої оператори приймають рішення про необхідність втручання. Наприклад, при відхиленні судна від заданого маршруту або графіка руху на величину, що перевищує порогові значення, або при неможливості бортовими сенсорними системами ідентифікувати об'єкт, оператор може втручатися на трьох рівнях:

1. Непрямий контроль: автономна система контролює ситуацію при необхідності з боку оператора БЦУ оновити план подорожі під час рейсу, наприклад, через зміну погодних умов або для уникнути оголошеної зони заборони (наприклад, операції з ліквідації розливу нафти).

2. Пряме управління: автономна система все ще контролює судно, коли оператор наказує судну виконати певний маневр, наприклад, нахилитися, щоб дати підвітряний борт для проведення пошуково-рятувальної операції.

3. Управління ситуацією: вахтовий офіцер на березі безпосередньо керує кермом і підрулюючими пристроями безпілотного судна із "ситуаційної кімнати", схожої на повноцінний симулятор місії на містку, ігноруючи автономну систем.

Для адекватного реагування з боку операторів на ситуацію, що складається в оточуючому середовищі відносно віддаленого судна на основі інформації, що надходить від різнотипних джерел, необхідне визначити тип, обсяг і період оновлення необхідної інформації і правила та особливості її відображення на відповідних засобах берегового центру управління для ситуаційної обізнаності операторів і можливості застосування ними, в найгіршому випадку, прямого управління віддаленим судном.

На мостику пілотованого судна капітан, його помічники та інші посадові особи постійно працюють над підвищенням своєї ситуаційної обізнаності, під якою розуміється сприйняття елементів навколишнього середовища в обсязі часу і простору, розуміння їх значення і прогнозування їх стану в найближчому майбутньому. На містку ситуаційна обізнаність досягається за допомогою засобів моніторингу (радари і системи електронна карт), візуального спостереження за обстановкою за бортом і відчуття рухів і вібрацій судна. Для опису знань судноводія на містку та його відчуттів при управлінні судном використовується термін "відчуття судна" [7], [12].

Вміння орієнтуватися на судні – це не тільки збір і використання інформації, що надається навігаційними приладами. Але є багато ситуацій, коли посадові особи користуються візуальною інформацією, наприклад, на близьких відстанях від інших об'єктів (плавання через архіпелаг або маневрування в порту), тобто в ситуаціях, коли є багато доступних об'єктів, які можуть бути використані як орієнтири.

Але на трансокеанській фазі плавання посадові особи на судні виконують, в основному, моніторингову функцію, а через брак візуальних орієнтирів для ситуаційної обізнаності основна інформація надходить від морських приладів. Однак несприятлива погода і високий стан моря можуть і часто призводять до відключення автопілоту, коли від моніторингової місії на містку необхідно переходити до ручного керування судном для отримання більш плавного

ходу [7]. У поточному стані моря для забезпечення безпеки судна, його вантажу та екіпажу судноводій повинен знати, коли необхідно виконувати необхідні еволюції, зменшуючи швидкість або змінюючи курс відносно напрямку зустрічних хвиль, тобто відчути рух судна.

Ці знання про ситуаційну обізнаність судноводій отримує не від приладів на борту судна, а від своїх органів чуття, тобто відчуваючи рухи судна в стані хвилювання, слухаючи і відчуваючи стукіт після падіння носу судна в прохід після високого підйому на останній хвилі, а також візуально вивчаючи хвильову картину [12].

Таким чином, судноводій за допомогою свого відчуття судна і знання його маневрених характеристик може активізувати маневрові дії для утримання судна в гармонії з навколишнім середовищем для досягнення безпечного плавання судна, екіпажу і вантажу [12].

Таким чином, у системі «судно-оператор-навколишнє середовище» виділяється людський фактор як одна з головних складових, що впливає на досягнення головної мети місії судна [8-10]. Для пілотованих суден досягнення взаємної гармонії між елементами вказаної соціотехнічної системи залежить від рівня ситуаційної обізнаності судноводія (оператора), яку можна досягти під час маневрування, у тому числі за рахунок інтуїтивного (суднового) відчуття, де сприйняття і пізнання є ключовими з точки зору людського фактору. При виконанні маневрування інформація збирається через органи чуття моряків за допомогою різних рецепторів сприйняття. Далі моряк за допомогою свого досвіду і знань аналізує ситуацію, що склалася, і визначає пріоритети інформації, що надходить. І хоча межі усвідомлення ситуації людиною обмежені, пропуск якоїсь важливої інформації при перебуванні оператора і судна в одному просторовому русі є майже неможливою подією. І тут для комплексної оцінки ризиків головне значення мають, насамперед, чутті візуального, слухового або кінетичного сприйняття. Однак впровадження концепції безпілотних суден докорінно змінює підтримку високого рівня ситуаційної обізнаності. Іншими словами, фактори, що викликають відчуття судна на борту, повинні бути перенесені на берег для безпілотних систем. При цьому виникають ряд проблем, які необхідно вирішувати.

По-перше, відсутність фізичного зв'язку між оператором і судном не дозволить безпосередньо сприймати інформацію з навколишнього середовища, особливо за рахунок візуальних рецепторів, які є найважливішим для екіпажу судна при моніторингу й управлінні. Тому оператор в береговому центрі управління не може однозначно ідентифікувати стан навколишнього середовища у поточний момент часу і необхідну модель поведінки судна. Одним з можливих і, здається, найпростіших рішень у такій ситуації є налагодження безперервного збору і передачі на берег динамічної інформації, пов'язаної з безпекою і навігацією судна. Разом з тим, такий підхід не вирішує питання поглинання інформації через різні рівні її сприйняття при усвідомленні ситуації.

По-друге, інтуїтивна ментальна модель, яка зазвичай використовується для прийняття рішення про пріоритетність інформації, у випадку маневрування безекіпажними суднами не є доступною [13]. Тому користувачі на березі для дистанційного моніторингу й управління безпілотним судном повинні ґрунтуватися на новій моделі, що трансформує традиційну "бортову ментальну модель" у модель, застосовувану до сценаріїв управління судном з берегу за рахунок більш високого рівня ситуаційної обізнаності оператора.

По-третє, обізнаність про ситуацію як результат процесу накопичення продукту [14] постійно розвивається. Інформація, отримана в один конкретний момент часу і миттєво доставлена на берег, не надає високий рівень обізнаності оператору про ситуацію через відсутність передісторії, тобто динаміки розвитку ситуації. З іншого боку, постійне оновлення інформації може привести до інформаційного перевантаження. Таким чином, для берегового центру управління необхідно виявити обсяг і період оновлення інформації, що надходить, в плані ситуаційної обізнаності. Причому створення одномоментної ситуаційної обізнаності є набагато простішим завданням ніж відстеження динаміки розвитку ситуації.

Отже, для підтримання високого рівня ситуаційної обізнаності при перенесенні людського фактору з судна на берег в динамічних безекіпажних системах урахування необхідно більш глибоко враховувати людський фактор. Тому обсяги і період оновлення інформації та

інтерактивні підходи – це основні питання, які необхідно вирішити для використання берегової системи.

Для з'ясування необхідної для ситуаційної обізнаності інформації в БЦУ проведено фокус-групове інтерв'ю з судноводіями, які мають досвід роботи на різних типах суден. Усю інформацію, що надходить на судно і забезпечує обізнаність віддаленого оператора про ситуацію, запропоновано об’єднати у 9 різних груп.

1. Подорож – дані про план рейсу та маршрут, перелік пунктів звітності, контроль за огинаючою рейсу, встановлення порогових параметрів для тривог, які будуть змінюватися під час рейсу (наприклад, мінімально допустима глибина, мінімально допустима відстань до інших суден, землі і т. д.), оновлення статичних повідомлень суднової АІС, паливної ситуації, щоденні оновлення від погодних маршрутних служб тощо.

2. Плавання – це стандартна інформація, відображувана на містку судна: місцезнаходження, курс, кут нахилу керма, швидкість повороту, швидкість по воді, основна навігаційна інформація "всередині навігаційного ящика" тощо. При русі судна за запланованим маршрутом розглядається "безпечна гавань" – прямокутник, що рухається вздовж запланованої траси і являє очікувану позицію і часовий інтервал, в межах якого судно має перебувати, якщо рейс буде проходити за планом. Якщо судно з якихось причин виходить за межі цього прямокутника, оператор отримує відповідне повідомлення.

3. Спостереження – бортова система датчиків об'єднує інформацію з радара, AIS і денних та інфрачервоних відеокамер в автономну систему ідентифікації об'єктів, яка ідентифікує інші судна, їх курс, швидкість і положення і надсилає цю інформацію автономному судновому контролеру, який буде діяти відповідно до МПЗЗС-72, і на картографічну систему в БЦУ. Автономна система ідентифікації об'єктів має виявляти об'єкти не гірше, ніж і людина, що спостерігає, але з цілодобовою пильністю, що перевищує людські можливості. При неможливості ідентифікувати об'єкт системою зображення надсилається на берег для ідентифікації.

Але автономна система ідентифікації об'єктів і віддалений оператор мають проблеми при плаванні в "обмеженій видимості" і з "безпечною швидкістю", які не мають числового визначення в COLREGS. Для отримання інформації про рух безекіпажного судна пропонується на борту мати певні прилади (еквіваленти гіроскопа), що можуть відчувати диферент, крен і вібрації, небезпечні для структурної цілісності корпусу, що виникають внаслідок ударів і зеленої води на палубу, відстежуватися і надсилатися до берегового центру для відображення зрозумілим для оператора способом, щоб він мав повне уявлення про стан судна.

4. Безпека і надзвичайні ситуації – інформація про пожежогасіння, потрапляння води, трюмні насоси, водонепроникні двері, поводження з якорями, внутрішні системи гучномовців для зв'язку з командою технічного обслуговування тощо.

5. Безпека – інформація про секретний вхід на безпілотне судно; записи про стан дверей, що дозволить оператору відстежувати авторизованих осіб (наприклад, команду технічного обслуговування), а також можливих зловмисників або безбілетників на борту, які можуть поставити під загрозу цілісність судна в рамках Міжнародної системи охорони суден і портових засобів; зображення з камер відеоспостереження з судна (машинне відділення, лоцманський трап, вантажні трюми, загальні внутрішні та палубні простори тощо).

6. Вантаж, остійність і міцність – інформація про автономну систему остійності і списки рівнів в танках; дані про ручне управління баластними водами; інформація про стан вантажу (моніторинг температури, вологості та вентиляції для всіх вантажних трюмів, моніторинг водотоннажності).

7. Технічні – дані про параметри двигуна, який контролюється бортовою автономною системою управління. двигуном, При нормальній роботі двигуна на берег надсилається лише дуже обмежений обсяг інформації. Інженер у БЦУ може запитувати і контролювати всі доступні параметри і доступні точки, а також планувати технічне обслуговування і ремонт.

8. Береговий центр управління – голосовий зв'язок з іншими суднами, Navtex, навігаційні попередження, текстові повідомлення АІС, інформація про оперативний режим роботи

безпілотного судна тощо. Безпілотне судно чітко розпізнається за допомогою розпізнавальних знаків, спеціальних ліхтарів, спеціального позначення АІС і т. д., але воно зобов'язане слухати і відповідати на всі радіоканали і канали лиха так само, як і пілотоване судно, через берегового оператора з розрахунковою затримкою, як і при звичайному супутниковому виклику.

Судно, з точки зору берега, може перебувати в ручному, автономному, дистанційному або аварійному режимах.

У ручному режимі судном керує бортова команда або пілот, який прямує з порту до точки автономного плавання, в автономному – автономна бортова система, при дистанційному керуванні – береговий центр управління. В аварійний режим (наприклад, дрейф у відкритому морі, хитавиця в обмеженому просторі або зняття з якоря, якщо судно знаходиться близько до підвітряного берега) судно переходить через певний час, якщо зв'язок з берегом втрачено або якщо трапляються інші надзвичайні ситуації.

Через достатньо високу вартість супутникового зв'язку береговий оператор повинен відстежувати доступні супутникові канали і пропускну здатність, а передача всіх параметрів у режимі реального відбуватиметься лише за умови їх необхідності.

Для збирання статистики, побудови довіри на початкових етапах експлуатації безпілотного судна передбачається надсилання журналу подій автономного суднового контролера.

9. Адміністративна – реєстрована на судні інформація, наприклад, VDR – Voyage Data Recorder.

Інші виняткові ситуації, з якими важко впоратися на безпілотних суднах, – це обмерзання судна, зміщення вантажу, кран, що капає, двері, що не зачиняються належним чином, сміттєвий бак, що впав, тощо, які на безпілотному судні можуть перерости в серйозні неприємності.

Отже, залишена важлива роль у людини у безпілотних суднах може привести до можливості появи помилок.

1. Нерозуміння або помилкове розуміння справжньої ситуації на судні від електронної карти з інформацією АІС і прогнозованими параметрами маневрування, радара і системи камер.

2. Непорозуміння при взаємодії з пілотованими суднами: відставання в УКХ-зв'язку, поганий зв'язок, мовні проблеми, аналогічні, як і для пілотованих систем, але погіршені через недостатню обізнаність про ситуацію через незнання оператором БЦУ місцевих умов.

3. Затримки в прийнятті рішень оператором через його знаходження "поза циклом" і необхідність певного часу для того, щоб увійти в курс справи.

4. Можливе інформаційне перевантаження і стрес через зосередження уваги оператора на декількох суднах одночасно.

5. "Ефект перенесення" між двома суднами через необхідність стеження оператора за кількома суднами одночасно.

6. Неможливість засобами автоматизації впоратися з погодними умовами і можливими проблемами зі зв'язком для забезпечення належного відчуття судна при ручному управлінні.

Положення безпілотного судна та інших суден поблизу нього, план рейсу судна (запланований шлях і запланований часовий інтервал, "навігаційний ящик"), огинаюча маневрування постійно передаються на береговий пульт управління і відображається на електронній карті.

Бортова система ідентифікації об'єктів у звичайному режимі роботи обробляє інформацію з радарів і дані АІС, а за запитом – радіолокаційні зображення з суднових радарів передаваються на береговий пульт управління.

Висновки. Безпілотна система є щонайменше не менш безпечною, ніж пілотована.

Автономна система не усуває людську помилку як причину аварій, а лише змінює роль оператора і складність його діяльності в автономних системах.

Як відомо з теорії експлуатації, на початковому етапі впровадження безекіпажних суден технічні поломки, ймовірно, відіграватимуть велику роль, яка суттєво знизиться в міру накопичення досвіду.

ЛІТЕРАТУРА

1. SANDQUIST, T. F., ‘Human Factors in Maritime Applications: A New Opportunity for Multi-Modal Transportation Research’, Proceedings of the Human Factors 36th Annual Meeting.1992.
2. BLANDING, H. C., ‘Automation of Ships and the Human Factor’, Ship Technology and Research Symposium of The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Philadelphia, PA, 1987.
3. ROTHBLUM, A. M., ‘Human Error and Marine Safety’, US Coast Guard. http://www.bowles-langley.com/wp-content/files_mf/humanerrorandmarinesafety26. pdf. 2002. [acc. 2024-02-04].
4. FISCHER, E. (2011), ‘Justifying automation’, Railway-technology.com, 2011. http://www.railway-technology.com/features/feature127703. [acc. 2024-02-04]
5. STEPHENSON, A. G., LAPIANA, L. S., MULVILLE, D. R., RUTLEDGE, P. J., BAUER, F. H., FOLTA, D.; DUKEMAN, G. A., SACKHEIM, R.; NORVIG, P. ‘Mars Climate Orbiter Mishap Investigation Board Phase I Report’. NASA 2010.
6. RODSETH, O. J., KVAMSTAD, B., PORATHE, T., AND BURMEISTER, H.-C., ‘Communication Architecture for an Unmanned Merchant Ship’, Proceedings of OCEANS, Bergen, 2013 MTS/IEEE, 2013, pp. 1-9.
7. PRISON, J., DAHLMAN, J., and LUNDH, M. ‘Ship sense – striving for harmony in ship manoeuvring. WMU Journal of Maritime Affairs, 12(1), 115-127, World Maritime University, 2013
8. INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION: http://www.iea.cc/whats/index.html [acc. 2014-01-10].
9. KOESTER, T., ‘Terminology work in maritime human factors. Situations and sociotechnical systems’, Copenhagen: Frydenlund Publishers, 2007.
10. EDWARDS, E., ‘Man and machine: Systems for safety’, Proceedings of the British Airline Pilots Associations Technical Symposium, 21-36. 1972.
11. CARIOU P. ‘Is slow steaming a sustainable means of reducing CO_2 emissions from container shipping?’, Elsevier, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 16 (3), pp. 260–264. 2011.
12. PRISON, J., ‘Ship sense – exploring the constituents of shiphandling’. Licentiate thesis, Technical report no. 13:146, ISSN 1652-9189, Chalmers University of Technology 2013.
13. ENDSLEY, M. R. (2012). Designing for Situation Awareness: an Approach to User-Centered Design. Boca Raton, FL: CRC Press.
14. ENDSLEY, M. R. Theoretical underpinnings of situation awareness: A critical review. In M. R. ENDSLEY & D. J. GARLAND (Eds), Situation awareness analysis and measurement (pp. 3-32). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum. 2000

REFERENCES

1. SANDQUIST, T. F., ‘Human Factors in Maritime Applications: A New Opportunity for Multi-Modal Transportation Research’, Proceedings of the Human Factors 36th Annual Meeting.1992.
2. BLANDING, H. C., ‘Automation of Ships and the Human Factor’, Ship Technology and Research Symposium of The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Philadelphia, PA, 1987.
3. ROTHBLUM, A. M., ‘Human Error and Marine Safety’, US Coast Guard. http://www.bowles-langley.com/wp-content/files_mf/humanerrorandmarinesafety26. pdf. 2002. [acc. 2024-02-04].
4. FISCHER, E. (2011), ‘Justifying automation’, Railway-technology.com, 2011. http://www.railway-technology.com/features/feature127703. [acc. 2024-02-04]
5. STEPHENSON, A. G., LAPIANA, L. S., MULVILLE, D. R., RUTLEDGE, P. J., BAUER, F. H., FOLTA, D.; DUKEMAN, G. A., SACKHEIM, R.; NORVIG, P. ‘Mars Climate Orbiter Mishap Investigation Board Phase I Report’. NASA 2010.
6. RODSETH, O. J., KVAMSTAD, B., PORATHE, T., AND BURMEISTER, H.-C., ‘Communication Architecture for an Unmanned Merchant Ship’, Proceedings of OCEANS, Bergen, 2013 MTS/IEEE, 2013, pp. 1-9.

7. PRISON, J., DAHLMAN, J., and LUNDH, M. ‘Ship sense – striving for harmony in ship manoeuvring. WMU Journal of Maritime Affairs, 12(1), 115-127, World Maritime University, 2013
8. INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION: http://www.iea.cc/whats/index.html [acc. 2014-01-10].
9. KOESTER, T., ‘Terminology work in maritime human factors. Situations and sociotechnical systems’, Copenhagen: Frydenlund Publishers, 2007.
10. EDWARDS, E., ‘Man and machine: Systems for safety’, Proceedings of the British Airline Pilots Associations Technical Symposium, 21-36. 1972.
11. CARIOU P. ‘Is slow steaming a sustainable means of reducing CO_2 emissions from container shipping?’, Elsevier, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 16 (3), pp. 260–264. 2011.
12. PRISON, J., ‘Ship sense – exploring the constituents of shiphandling’. Licentiate thesis, Technical report no. 13:146, ISSN 1652-9189, Chalmers University of Technology 2013.
13. ENDSLEY, M. R. (2012). Designing for Situation Awareness: an Approach to User-Centered Design. Boca Raton, FL: CRC Press.
14. ENDSLEY, M. R. Theoretical underpinnings of situation awareness: A critical review. In M. R. ENDSLEY & D. J. GARLAND (Eds), Situation awareness analysis and measurement (pp. 3-32). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum. 2000

Tymochko O.I., Tymoshchuk O.M., Rudenko V.M., Sitkov O.M.

SITUATIONAL AWARENESS OF OPERATORS OF COASTAL CONTROL CENTRES AS A BASIC PREREQUISITE FOR THE SAFE OPERATION OF AUTONOMOUS UNMANNED VESSELS

The aim of the study is to investigate the situational awareness of operators of coastal control centres for the safe operation of unmanned autonomous vessels. This goal is achieved by analysing the main solutions aimed at expanding the area of unmanned navigation of autonomous unmanned vessels. A detailed analysis of the MUNIN project for an autonomous unmanned transoceanic voyage on a large dry cargo ship has shown that only the transoceanic segment has autonomous unmanned control. The scheme of organising the management of an unmanned vessel and the peculiarities of its management in the areas of entry (exit) to (from) the port(s) are investigated. The leading role of information and telecommunication technologies for the transfer of information on board ships, between ships and between ships and coastal services is emphasised. Rational speeds for crewless ships to reduce exhaust gas emissions are proposed. The features of unmanned and autonomous vessels are identified and compared. The leading role of the human factor in the system "unmanned vessel-operator-environment" is emphasised, which affects the achievement of the main goal of the vessel's mission. The necessity of maintaining a high level of situational awareness when transferring the human factor from ship to shore in dynamic unmanned systems and a deeper consideration of the human factor is proved. It has been found that the volume and period of updating the incoming information to the shore-based control centre is one of the key factors in terms of situational awareness of the operator who controls an unmanned vessel. The principles of grouping the information received by the vessel and ensuring the remote operator's situational awareness are proposed. The most significant result of the study is a critical analysis of the subject area and proof of the important role of humans in the safe operation of unmanned vessels, possible mistakes that an operator may make, and ways to overcome them. The future direction of the work is to conduct research to establish the peculiarities of managing an unmanned vessel when using e-navigation.

Keywords: *autonomous vessel, unmanned vessel, e-navigation, situational awareness, operator, information, control.*