

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Тихонов Ілля Валентинович

УДК 629.5.05:004.9

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПОЛІЕРГАТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВІГАЦІЇ
ТА УПРАВЛІННЯ РУХОМ ВОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ (ЦІЛЬОВА
ТЕХНОЛОГІЯ БЕЗПЕКИ)

Спеціальність 05.22.13 – навігація та управління рухом

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державному університеті інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор,
Баранов Георгій Леонідович,
Національний транспортний університет Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри інформаційних систем і технологій

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
Цимбал Микола Миколайович,
Національний університет «Одеська морська академія»
Міністерства освіти і науки України,
декан факультету судноводіння

доктор технічних наук, професор,
заслужений діяч науки і техніки України
Машков Олег Альбертович,
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління Міністерства екології та природних ресурсів України,
проректор з наукової роботи

доктор технічних наук, професор,
Кравченко Юрій Васильович,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри мережевих та інтернет технологій факультету інформаційних технологій

Захист відбудеться 06 грудня 2018 р. о 14.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.062.03 при Національному авіаційному університеті за адресою: 03058, м. Київ, проспект Космонавта Комарова, 1.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного авіаційного університету: 03058, м. Київ, пр. Космонавта Комарова, 1.

Автореферат розісланий 30 жовтня 2018 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
Д 26.062.03, д.т.н.



С. В. Павлова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження. Розвиток промисловості та технологій у світі в останні роки викликає необхідність суттєвого підвищення інтенсивності транспортних перевезень на морських та річкових водних шляхах (ВШ). Збільшення кількості, розмірів, швидкості, типів суден та інших водних рухомих об'єктів (водних транспортних засобів - ВТЗ) підвищує ймовірність аварійних подій та пов'язаних з ними економічних та екологічних збитків. Суттєве розширення перевезень на ВШ неможливі без гарантованого забезпечення безпеки руху ВТЗ, особливо в районах з обмеженими габаритами та іншими зонами підвищеного ризику плавання (ЗПП). В реальних ситуаціях обмеження для руху запланованим маршрутом, напрямком та швидкістю виникають за рахунок дії багатьох природно-соціальних факторів, які постійно змінюються та часто є непередбачуваними. Полієргатична взаємодія в межах складної динамічної системи (СДС) залежить від характеристик ВТЗ як об'єкту управління, інших виникаючих перешкод навколо ВТЗ та зовнішніх природних факторів. Забезпечення функціональної стійкості СДС, в якій знаходиться ВТЗ в ЗПП, може бути здійснено лише за умов безперервної адаптації до небезпечних умов плавання.

Неузгодженість ситуаційної взаємозалежності навігаційних просторово-часових координат рухомих ВТЗ і законів управління їх рухом призводить до того, що рівень аварійності світового морського флоту у ЗПП до цього часу кардинально не знижується, незважаючи на дослідження закордонних та вітчизняних вчених, спрямованих на створення більш ефективних навігаційних програмно-апаратних комплексів (ПАК) ВТЗ. Тому питання побудови транспортних полієргатичних інформаційно-управляючих систем (ТІУС), які обслуговують потоки ВТЗ в ЗПП в умовах невизначеностей та загроз є актуальним. З метою створення систем, які здатні гарантувати безпечно плавання ВТЗ, в роботі сформульовані методологічні основи полієргатичного забезпечення навігації та управління рухом ВТЗ.

Питання застосування сучасних автоматизованих СНУР досліджені Асланяном А.Е., Блінцовим В.С., Горбом С.Г., Горбовим В.М., Збруцьким О.В., Кошовим В.М., Лисенко О.І., Міусовим М.В., Павловим В.В., Павлової С.В., Синеглазовим В.М., Сніжевським М.Б., Харченко В.П., Яновським Ф.І., Ashjaee J., Cai Z., Li L. K., Mark J., Schmidt G. та іншими. Питання підвищення рівня навігаційної безпеки вирішувались в роботах Алексішина В.Г., Баранова Г.Л., Беляєвського Л.С., Вагущенко Л.Л., Гладкіх І.І., Мальцева А.С., Машкова В.А., Машкова О.А., Мухіної М.П., Неділько С.М., Пашкова Д.П., Цимбала М.М. Проблеми функціональної стійкості досліджені Барабашом О.В., Беляєвським Л.С., Кононовим О.А., Машковим О.А.

Незважаючи на значну кількість теоретичних та експериментальних досліджень у напрямку побудови берегових ТІУС, які обслуговують потоки ВТЗ в ЗПП в умовах невизначеностей, на цей час більшість опублікованих результатів закордонних та вітчизняних вчених є розрізненими та несистематизованими. До цього часу не розроблені методологічні основи полієргатичного забезпечення СНУР ВТЗ, у межах якого відбувається взаємодія ТІУС з бортовими багатофункціональними комплексами (ББК).

Кінцевий ефект безпеки судноплавства досягається шляхом інтегрування всіх компонентів систем навігації та управління рухом (СНУР), включаючи методи та засоби автоматизації управління рухом ВТЗ, з використанням інтегрованих

комплексів обробки інформації. Такі ПАК СНУР ВТЗ повинні гарантувати безпеку плавання в будь-яких ЗПРП та гідрометеорологічних умовах. Інтегровані критерії безпеки плавання на ВШ мають бути забезпечені за умов безперервної адаптації до небезпечних умов плавання, що залежать від характеристик ВТЗ, інших рухомих об'єктів та виникаючих перешкод, а також від впливу навколишнього природно-соціального середовища. З урахуванням цього потрібні спеціальні знання з полієргатичного програмно-апаратного забезпечення безпеки судноплавства в умовах невизначеностей та загроз для використання технічних можливостей засобів спостереження, зв'язку, управління та навігаційного обслуговування ВТЗ. Тому вибір теми дисертації є актуальним.

Мета і задачі дослідження

Метою дисертаційних досліджень є розроблення науково-методологічних основ підвищення безпеки судноплавства морських та річкових водних транспортних засобів та їх потоків.

Поставлена мета дисертаційного дослідження досягається вирішенням наступних наукових завдань:

1. Проаналізувати сучасний стан безпеки судноплавства та виявити протиріччя й шляхи покращення процесів навігації та управління рухом ВТЗ.

2. Розробити та обґрунтувати метод гарантування безпечного плавання в умовах неоднорідності фізичних полів у зоні руху ВТЗ.

3. Провести синтез моделей полієргатичних систем з властивостями гарантованого адаптивного управління з контролем індивідуального стану судноводія.

4. Обґрунтувати метод забезпечення неперервного безаварійного полієргатичного управління у випадках проявів загроз в локальній зоні судноводіння з використанням новітніх міжнародних технологій.

5. Формалізувати умови функціональної стійкості полієргатичних систем з метою утримання рівня безпеки руху ВТЗ на внутрішніх водних шляхах.

6. Визначити організацію полієргатичних СНУР ВТЗ з поетапним впровадженням та вдосконаленням інформаційно-комунікативних засобів підтримки оперативних рішень в реальному часі для забезпечення безпеки руху протягом рейсу.

Об'єктом дослідження є процеси в ієрархічних полієргатичних системах навігаційного обслуговування й організації управління рухом ВТЗ та їх потоків.

Предмет досліджень – методи, моделі та засоби комплексної обробки інформації та способи їх застосування в полієргатичних системах спостереження, розпізнавання об'єктів, навігації та управління рухом ВТЗ в ЗПРП

Методи дослідження. Проведені теоретичні дослідження базуються на сучасних теоріях: системного аналізу; ймовірності; прогнозу та ретроспективного аналізу динамічних послідовностей; математичної статистики, ігор та моделювання; діагностики та контролю індивідуального стану оператора ВТЗ; математичної статистики та моделювання для обробки експериментальних даних, нейронних мереж для обробки потоків інформації; функціональної стійкості динамічних систем для вирішення інформаційно-аналітичного забезпечення ефективності руху у ЗПРП. Результати не містять принципових помилок та підтверджуються застосуванням сучасних розрахунково-експериментальних методів, патентом на корисну модель, зареєстрованим в Державному реєстрі патентів України, дослідом практичного

впровадження розробок автора для системи моніторингу надводної обстановки в територіальних водах України та Річкової інформаційної служби на внутрішніх водних шляхах України.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

1. Вперше запропоновані науково-методологічні основи та концепцію ієрархічної цільової взаємодії полієргатичних систем навігації та управління рухом ВТЗ та їх потоків, що дозволяють на відміну від існуючих розробок забезпечувати більш швидкий завчасний ситуативно обумовлений перерозподіл між людиною та ієрархічними адаптивними інформаційно-аналітичними комплексами функцій та ресурсів, спрямованих на підвищення безпеки транспортних перевезень в нестационарному середовищі.

2. Вперше розроблено метод гарантування безпечного плавання в умовах неоднорідності фізичних полів у зоні руху ВТЗ з обґрунтуванням прогнозних змін в складній динамічній системі в водному просторі, який на відміну від існуючих методів дозволяє підвищити швидкість символічно-аналітичних процедур, що скорочують час на оперативне прийняття рішень в маневрених операціях, а також враховувати динамічний вплив неоднорідного нестационарного середовища з використанням багатоконтурних підсистем автоматичного керування силовими виконавчими органами ВТЗ для раціонального безаварійного виходу трансверсальною траєкторією в локально обмежений простір планового маршруту з наперед визначеними просторово-часовими координатами режиму судноводіння та забезпечує своєчасне виконання всіх регламентних дій в процесі реалізації раціонального безаварійного маневру з урахуванням факторів впливу нестационарного середовища.

3. Проведено синтез моделей полієргатичних систем з властивостями гарантованого адаптивного управління з контролем індивідуального стану судноводія, який завдяки дослідженням закономірності діяльності судноводіїв в системах навігаційного обслуговування і управління рухом, використанню моделювання методів керування ВТЗ та запропонованої покрокової процедурі виконання програми навчання судноводіїв забезпечує в ієрархічних системах навігаційного обслуговування конкретного ВТЗ на водних акваторіях в змінних транспортних потоках ефективний рівень гарантованого адаптивного управління та скорочення часу на виконання конкретних задач судноводіння.

4. Вперше обґрунтовано метод забезпечення неперервного безаварійного полієргатичного управління у випадках проявів загроз в локальній зоні судноводіння з використанням новітніх міжнародних технологій, який дозволяє на відміну від існуючих методів здійснити завчасний адекватний загрозам ситуативно обумовлений раціональний розподіл функцій в ієрархічних системах навігації та управління для оперативного підвищення рівня безпеки судноплавства.

5. Формалізовано умови функціональної стійкості полієргатичних систем з дослідженням моделей підвищення ефективності процесів навігації та управління рухом ВТЗ на річкових внутрішніх водних шляхах з метою утримання рівня безпеки руху, що дозволило забезпечити: стає радіопокриття сигналами АІС усієї судноплавної акваторії р. Дніпро; здійснення постійного спостереження, розпізнавання об'єктів та аналізу руху ВТЗ на внутрішніх водних шляхах; підвищення ймовірності безпечного руху ВТЗ на річкових внутрішніх водних шляхах, а також зменшення часу рейсу ВТЗ на р. Дніпро.

6. Набув подальшого розвитку метод організації поліергатичних систем навігації та управління рухом ВТЗ з поетапним впровадженням та вдосконаленням інформаційно-комунікативних засобів підтримки оперативних рішень в реальному часі для забезпечення безпеки руху протягом рейсу, які дозволяють здійснювати спостереження та аналіз руху ВТЗ на встановлених акваторіях плавання в територіальних водах України та проводити упереджені прогностичні розрахунки вірогідності аварійних подій при фактично спостереженої інтенсивності руху та при зростанні інтенсивності руху ВТЗ на цих акваторіях.

Основні положення дисертаційної роботи відображені у 33 опублікованих статтях, з яких 7 статей без співавторів (у тому числі 4 статті в міжнародних фахових журналах за кордоном, 2 статті в наукометричній реферативній базі SCOPUS, 27 статей в збірниках наукових праць, які входять до переліку видань, що визначені ВАК України для публікацій результатів досліджень по технічним наукам, отримано 1 патент на корисну модель), а також 18 роботах у збірниках матеріалів та праць наукових конференцій, які опубліковані в тезах доповідей.

Особистий внесок здобувача. Всі результати досліджень, які наведені у авторефераті і дисертації та виносяться на захист, одержані здобувачем самостійно. При цьому в усіх наукових працях, опублікованих у співавторстві, здобувачем сформульовано проблему та постановку завдання. Здобувачем у роботах [1, 9, 10, 11, 20, 22] досліджені сучасні тенденції з управління системою безпеки судноплавства в Україні та у світовому судноплавстві; у роботі [2] надана методика проведення діагностики та контролю індивідуального стану судноводія для гарантування безпеки судноплавства; у роботі [3] запропоновані нові інформаційно-аналітичні компоненти підвищення безпеки програмно-апаратних комплексів гарантованого адаптивного управління (ГАУ) рухом ВТЗ в ЗПП; у роботі [4] проведено аналіз сучасного стану кібер-безпеки на світовому морському флоті; у роботі [5] надано аналіз та алгебраїчно-символьні визначення умов безпечного руху ВТЗ у нестационарному середовищі; у роботі [6] запропоновано застосування інтелектуальної обробки потоків даних в умовах навігації в зонах підвищеного ризику плавання з використанням нейронних мереж; у роботі [7] наведено шляхи підвищення ефективності космічних систем спостереження Землі; у роботі [8] надана методика оцінювання етапів операційного плану під час руху ВТЗ в ЗПП; у роботі [12] запропоновано технологію гармонізації поліергатичних СНУР ВТЗ методами теорії ігор; у роботі [13] розроблений метод аксіоматики алгоритмічних перетворень в інтелектуальних СНУР ВТЗ; у роботі [14] запропонована конструктивна інформаційна технологія підвищення рівня інтелектуалізації на базі принципів універсального семантичного кодування лінгвістичних повідомлень, що циркулюють між інтелектуальними агентами єдиної системи навігаційного обслуговування руху суден-газовозів; у роботі [15] наведені принципи гарантування безпеки руху ВТЗ, яка зможе забезпечити майже 100% запобігання серйозних аварій за умов системної організації додаткових спеціальних функцій; у роботі [16] формалізовані фактори забезпечення цільової функціональної стійкості процесів навігації та управління рухом ВТЗ у критичних ситуаціях; у роботі [17] наведені методологічні засади поліергатичного гарантування безпеки руху та ефективності функціонування систем навігації та управління рухом ВТЗ для забезпечення безпеки судноплавства; у роботі [18] визначений раціональний розподіл функцій в ергатичних СНУР ВТЗ з метою гарантування підвищеного рівня безпеки в ЗПП; у

роботі [19] запропонована формалізація засобів технічної діагностики та контролю процесів забезпечення функціональної стійкості СНУР ВТЗ; у роботі [21] здійснено структурний аналіз складних динамічних систем траєкторного управління та безпеки руху об'єктів водного транспорту; у роботі [23] здійснено комплексна адаптація швидкості руху ВТЗ у нестационарному середовищі; у роботі [24] запропоновано алгебраїзацію предикативних понять для моделювання динаміки руху ВТЗ в нестационарному середовищі; у роботі [25] представлена комплексна інтеграція інформаційних процесів інтелектуальних транспортних систем для якісного гарантування безпечного руху у нестационарному середовищі; у роботі [26] запропоновано використання стратегії адаптації систем попередження ризиків зіткнення для підвищення якості обслуговування та безпеки руху ВТЗ; у роботі [27] надані результати побудови алгоритму оптимального управління процесом обкатки двигунів ВТЗ; у роботі [28] розроблені методологічні основи побудови ергатичних інноваційних технологій управління рухом ВТЗ шляхом завчасного ситуаційно-обумовленого перерозподілу функцій та ресурсів між людиною та електронною машиною в єдиній ПЕВО; у роботі [29] вирішене завдання щодо експлуатації ВТЗ під час руху в неоднорідному середовищі; у роботі [30] запропоновані процесні перетворення моделей для діагностики й контролю функціонування об'єктів інтелектуальних транспортних систем; у роботі [31] проведено розрахунок визначення нехтовної малості похибки вимірювань без зниження точності врахування отриманого параметру; у роботі [32] запропоновано спосіб визначення статистичної діагностики надійності суднового бортового обладнання; в оформленому патенті на корисну модель [33] запропоновано спосіб забезпечення безаварійного руху ВТЗ в ЗППП в режимі реального часу.

Апробація результатів дисертації. Отримані результати досліджень дисертаційної роботи доповідалися на: 16-ої, 17-ої та 21-ої Науково-методичних конференціях викладачів, аспірантів та студентів Київської державної академії водного транспорту в м. Київ у 2012, 2013 та 2017 р.р.; Міжнародної науково-практичної конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту» (ISDMCI) в м. Євпаторія 27.05.2012 р. та в м. Залізний Порт 28.05.2014 р.; XIX Міжнародної конференції з автоматичного управління «Автоматика-2012» в м. Київ 26.09.2012 р.; XIII Науково-технічної конференції «Практичні проблеми розвитку радіозв'язку та радіонавігації в ГМЗЛБ, в системах АІС, СУРС і РІС» в м. Севастополь 11.10.2012 р.; Третьої міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління» в м. Полтава 11.04.2013 р.; Науково-практичної конференції Державного науково-дослідного інституту авіації НАУ «Актуальні проблеми розвитку авіаційної техніки» в м. Київ 27.06.2013 р.; XI Міжнародної науково-практичної конференції Дніпропетровського нац. університету ім. Олеся Гончара в м. Дніпропетровськ 20.11.2013 р.; LXX, LXXI та LXXII наукових конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів Національного транспортного університету в м. Київ у 2014, 2015 та 2016 р.р.; Третьої міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми інформатизації» в м. Київ 11.12. 2014 р.; III Міжнародної науково-практичної конференції «Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні «2015»» в м. Київ 25.06.2015 р.; Науково-практичної конференції ДП «УкрНДНЦ» «Стандартизація, сертифікація, метрологія та менеджмент» в м. Київ

25.09.2015 р.; Науково-технічної конференції НАУ «Проблеми розвитку глобальної системи зв'язку, навігації, спостереження та організації повітряного руху CNS/ATM» в м. Київ 21.11.2016 р.; XXII науково-методичній конференції Державного університету інфраструктури та технологій в м. Київ 25.03.2018 р.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконані у рамках Транспортної стратегії України на період до 2020 року, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 № 2174-р, та Галузевої програми забезпечення безпеки судноплавства на 2014-2018 роки, затвердженої наказом Міністерства інфраструктури України від 26.06.2013 № 426.

Робота пов'язана з наступними галузевими програмами:

1. Стратегічний план розвитку морського транспорту на період до 2020 року, затверджений наказом Міністерства інфраструктури України від 18.12.2015 № 542.

2. Плани імплементації деяких актів законодавства ЄС у сфері безпеки на морському та річковому транспорті, затверджені розпорядженням Кабінету Міністрів України від 31.03.2015 № 297.

3. Плани імплементації деяких актів законодавства ЄС у сфері організації перевезень на внутрішніх водних шляхах, затверджені розпорядженням Кабінету Міністрів України від 31.03.2015 № 298.

4. Стратегія імплементації положень директив та регламентів Європейського Союзу у сфері міжнародного морського та внутрішнього водного транспорту ("дорожня карта"), затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 11.10.2017 № 747-р.

Практичне значення отриманих результатів полягає у ефективності своєчасного гарантованого підтримання рівня безпеки судноплавства за рахунок запровадження новітніх методологічних основ полієргатичного забезпечення навігаційного обслуговування ВТЗ та систем навігації та управління рухом.

При цьому виконані дослідження, розроблені методи, моделі та засоби забезпечили досягнення практично важливих результатів, а саме:

- скоротити час на оперативне прийняття рішень в маневрених операціях ВТЗ за рахунок декомпозиції поточних задач складної динамічної системи не менше ніж на 9 типових підзадач;

- забезпечення більш швидке (у 2,7 разів) здійснення завчасного ситуативно обумовленого перерозподілу між людиною та програмно-апаратними комплексами функцій та ресурсів, спрямованих на підвищення безпеки транспортних перевезень;

- врахування до 7 найбільш загрозливих факторів динамічного впливу неоднорідного ситуативного нестационарного середовища, що безпосередньо впливають на корпус ВТЗ в ЗППП;

- запровадження проведення відповідно до поточного стану та міжнародних вимог моделювання методів керування ВТЗ, діагностику та контроль індивідуального стану судноводіїв для результуючого гарантування безпеки судноплавства та скорочення часу на виконання конкретних задач судноводіння в середньому на 6,2 %;

- посилення взаємодії компонентів програмно-апаратних комплексів ВТЗ за рахунок ідентифікованих процедур самонавчання в перехідних маневрених режимах швидкого реагування автоматизованих засобів навігації та управління з багатоконтурними підсистемами автоматичного керування силовими виконавчими органами ВТЗ;

- адаптація до фактичних умов плавання системи попередження про кваліфіковані загрози зіткнення для підвищення якості обслуговування та безпеки руху ВТЗ на ВВШ та в територіальних водах України;

- забезпечення більш високого значення ймовірності безпечного руху ВТЗ (до 97%) в зонах підвищеного ризику плавання, стале радіопокриття сигналами АІС не менше ніж 98,3% усієї судноплавної акваторії р. Дніпро; зменшення часу кругового рейсу ВТЗ на р. Дніпро на 17,8 %;

- визначення організації поліергатичних СНУР ВТЗ з поетапним впровадженням та вдосконаленням інформаційно-комунікативних засобів підтримки оперативних рішень в реальному часі для забезпечення безпеки руху протягом рейсу, які дозволяють із запізненням не більше ніж 0,5 сек. здійснювати спостереження та аналіз руху ВТЗ на встановлених акваторіях плавання в територіальних водах України та проводити упереджені прогностичні розрахунки вірогідності аварійних подій при фактичній спостереженій інтенсивності руху (1508 ВТЗ за рік в обох напрямках на визначеному конкретному фарватері) та в умовах зростання в 2, 5 та 10 разів інтенсивності руху ВТЗ на цих акваторіях.

Практична застосовність і значимість розроблених у дисертації концептуальних і теоретичних положень підтверджується патентом на корисну модель, зареєстрованим в Державному реєстрі патентів України [33], та актами впровадження в організаціях:

1. Державний університет інфраструктури та технологій;
2. Річкова інформаційна служба філії «Дельта-лоцман» ДП «Адміністрація морських портів України»;
3. державна установа «Держгідрографія»;
4. державне підприємство водних шляхів «Укрводшлях»;
5. Київський центр підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації фахівців водного транспорту.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, шести розділів основної частини, загальних висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи 441 сторінок, у тому числі: 327 сторінок друкованого тексту (288 сторінок основного тексту, 39 окремих сторінок з рисунками і таблицями), анотація на 28 сторінках, список використаних джерел на 32 сторінках (319 найменувань), додатки на 54 сторінках.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

У вступі на основі проведених досліджень і порівняльного аналізу відомих публікацій наводиться: актуальність та обґрунтування вибору теми досліджень; мета дисертаційних досліджень і поставлені наукові завдання дослідження; наукова проблема, об'єкт і предмет дослідження, їх методи; наукова новизна; дані щодо публікацій автора; особистий внесок здобувача та відомості про апробацію результатів дослідження; структура та обсяг дисертації; зв'язок роботи з галузевими програмами; практична значимість отриманих результатів.

Перший розділ

В першому розділі проведено аналіз сучасного стану безпеки судноплавства та виявлені протиріччя і шляхи покращення процесів навігації та управління рухом ВТЗ. Проведено аналіз статистичних даних з аварійності та проблемних питань поліергатичних систем навігаційного обслуговування на світовому флоті і на

морському та річковому транспорту України, надана загальна характеристика сучасного стану безпеки судноплавства з особливостями управління системою безпеки судноплавства на ВШ в зоні відповідальності України та заходах, які були вжиті для забезпечення функціонування Державної системи забезпечення безпеки судноплавства на ВШ України, зокрема запровадження системи моніторингу надводної обстановки вздовж узбережжя Чорного та Азовського морів та Річкової інформаційної служби. Проведений аналіз тенденцій в управлінні системою безпеки судноплавства в Україні в останні роки, проблем галузі морського і річкового транспорту, в першу чергу проблем функціонування системи забезпечення безпеки судноплавства на управлінському та організаційному рівнях. У наслідок втрати функцій управління системою безпеки відмічається суттєве підвищення рівня аварійності на морському та річковому транспорті. Одною з причин цього є відсутність або недостатність комплексного застосування засобів і систем автоматизації судноводіння як на ВТЗ, так і на берегових постах спостереження та регулювання рухом ВТЗ, в першу чергу в районах інтенсивного судноплавства. Крім того, статистика та аналіз аварій на ВШ свідчить про суттєвий вплив на показник рівня аварійності якості процесів навігації та управління рухом ВТЗ, а також функціонування національної системи управлінням безпекою судноплавства. Проведено аналіз міжнародної та вітчизняної нормативної бази та сучасних світових тенденцій направлених на удосконалення безпеки судноплавства, зокрема створення та запровадження в світовому суднопластві комплексної системи електронної навігації «e-Navigation» та її визначальна роль в інтеграції новітніх морських технологій і зменшення впливу людського фактору на судноводіння. Наведено інформацію щодо запровадження системи оцінки ризиків та керування ризиками в сфері безпеки судноплавства. Проведено аналіз відомого науково-методичного апарату і надані пропозиції щодо його вдосконалення для ергатичного розв'язання задач організації та технічного забезпечення управління рухом ВТЗ при впливі зовнішнього середовища. Сформульована гіпотеза трансверсальних траєкторій СДС у нестационарних полях фізичного середовища. На підставі проведеного аналізу поставлені мета та наукові завдання дисертаційного дослідження.

Проблему поліергатичного забезпечення гарантованого адаптивного управління в СДС представлено у вигляді композицій з наступних кортежів:

$$\{X, T, F, S, E\} \rightarrow \{A, G, N(G_{c1}), N(G_{c2})\} \rightarrow \\ \rightarrow \{C, Z, A, Q, U\} \rightarrow \{P, F, \gamma, \rho, V | M_{пр}, M_c | Y_{пр}, Y_c, Y_{прог}\} \rightarrow \{A^*\},$$

де *вихідні дані*: $X = \{x\}$ – модель зовнішнього середовища; $T = \{t\}$ – технології прийняття рішення ергатичною системою; $F = \{F_l\}$ – множина факторів, що впливають на прийняття рішення; $S = \{s\}$ – ситуація, в якій проходить рейс реального ВТЗ; $E = \{e\}$ – умови наявності енергоресурсів для еволюції рейсу ВТЗ;

обмеження за рахунок наявності умов невизначеності: $\Lambda = \{\lambda\}$ – рівень невизначеності задачі прийняття рішення; $G = \{G_1, G_2\}$ – очікувані (неочікувані) умови експлуатації ВТЗ; $N(G_1), N(G_2)$ – дії, що необхідно здійснити в очікуваних (неочікуваних) умовах експлуатації ВТЗ;

розрахункові дані: $C = \{c_i\}$ – множина цілей в околі ВТЗ; $Z = \{z_i\}$ – множина критеріїв прийняття рішень; $A = \{a_i\}$ – множина альтернативних рішень для завершення безпечного рейсу ВТЗ; $Q = \{q_j\}$ – множина наслідків вибору альтернативи завершення безпечного рейсу ВТЗ; $U = \{u_j\}$ – вектор характеристик наслідків $q \in Q$, результатів вибору альтернативи завершення рейсу ВТЗ;

$P = \{p_j\}$ – множина ймовірностей виникнення наслідку прийняття рішення; $\gamma = \{\gamma_r\}$ – моделі еталонної поведінки судноводія; $\rho = \{\rho_r\}$ – переваги ергатичної системи в конкретній ситуації вибору; $V=f(X, \gamma, \rho, F_i)$ – вектор поведінки судноводія, $M_{пр}$ – модель прийняття рішення; M_c – модель розвитку маневреної ситуації; Y_{np} – вектор прийняття рішення; Y_c – вектор розвитку ситуації; $Y_{прог}$ – вектор прогнозування розвитку ситуації; $\{A^*\}$ – множина раціональних стратегій для реалізації безпечного маневру.

Другий розділ

У другому розділі розроблено та обґрунтовано метод гарантування безпечного плавання в умовах неоднорідності фізичних полів у зоні руху ВТЗ. При цьому обґрунтовані принципи існування безпечного руху ВТЗ під час наближення загрозливих факторів зовнішнього навколишнього оточуючого середовища (ЗНОС). Алгебраїчно-символьна формалізація інтелектуальних систем здійснюється за рахунок упередженого спостереження у ПЧК з координатами x, y, t прогнозних Δx та Δy зон маршруту $P(x+\Delta x, y+\Delta y, t_i + \Delta t)$ відносно поточної позиції $P(x_i, y_i, t_i)$ місцезнаходження рухомого ВТЗ. При цьому у разі знаходження ВТЗ в умовах впливу факторів нестационарного ЗНОС зростають ризики опинитись у аварійному (передаварійному) стані.

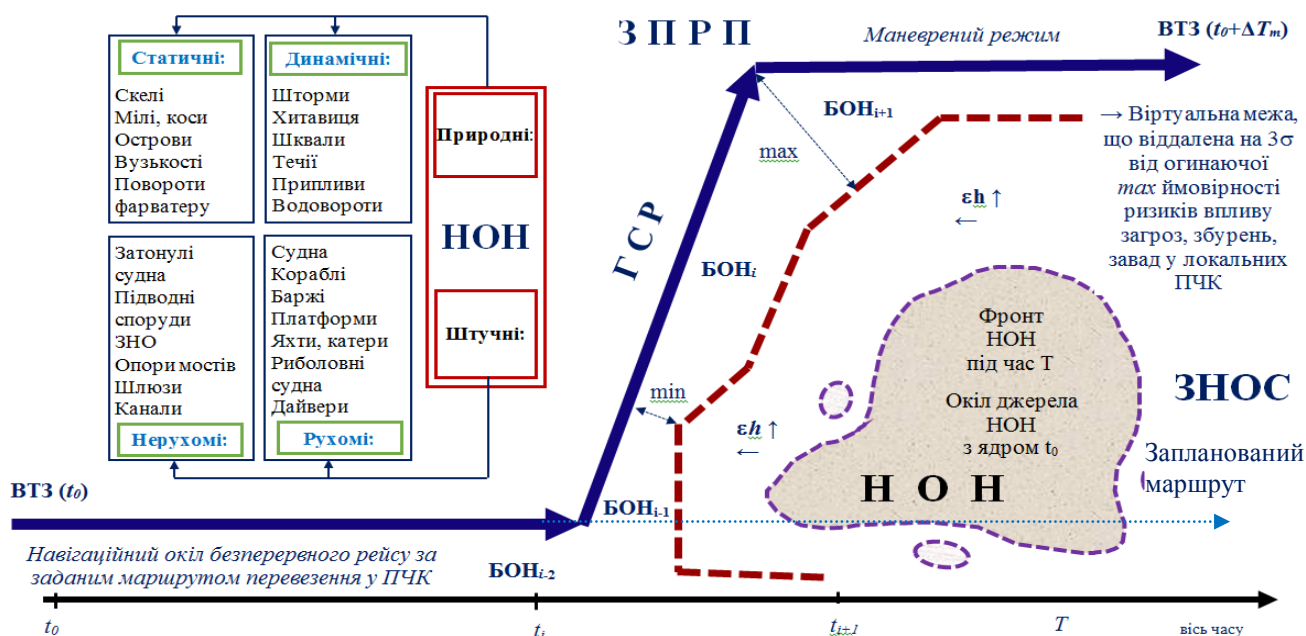


Рисунок 1 – Просторово-часові відношення між БОН та НОН, які змінюються відповідно розвитку подій у зовнішньому навколишньому оточуючому середовищі

Гарантування безпечного та фінансово ефективного рейсу за рахунок повного виключення кінцевих стадій аварій й катастроф забезпечується при реальному здійсненні технології судноводіння, яка інваріантна до форм появи традиційних відомих впливів зовнішніх сил на рухомий ВТЗ. Застосування комп'ютерних телекомунікаційних технологій та методів комплексної обробки інформації в системах підтримки прийняття рішень (СППР) забезпечує гарантоване знаходження рухомих ВТЗ у локально обмеженому безпечному просторі з визначеним просторово-часовим полем (безпечна область навігації - БОН) та знаходження ВТЗ на безпечній відстані від меж небезпечної області навігації (НОН) (рис. 1).

Приклад вирішення конфлікту зустрічі двох конкретних учасників руху (ВТЗ_i та ВТЗ_j) в водному середовищі (ЗПРП) наведено на рис. 2.

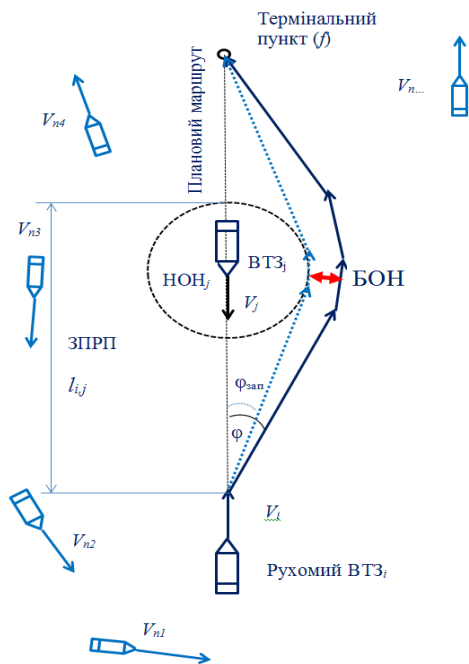


Рисунок 2 – Вирішення конфлікту зустрічі учасників руху в водному середовищі

Формалізація вирішення конфліктів між учасниками руху в водному середовищі (НОН)

$$\dot{z}_i = f(V_i, \varphi_i, \dot{\varphi}_i, z_i)$$

$$\dot{z}_j = f(V_j, \varphi_j, \dot{\varphi}_j, z_j)$$

$$V_i = inv,$$

$$\varphi_i \in (0^0, 360^0)$$

$$V_i \in 0, V_{imax}$$

$$z_{0i}(t_0) \in z_0; \quad z_{fi}(t_f) \in z_f$$

$$z_{0j}(t_0) \in z_{0j} \quad z_{fj}(t_f) \in z_{fj}$$

де V_i, V_j, \dots, V_n – вектор швидкості n -го учасника руху;

z_i, z_j – координати учасників руху;

$z_{0i}, z_{0j}, z_{fi}, z_{fj}$ – стартові та термінальні позиції учасників руху;

.....> – маршрут на ухилення з ВТЗ_j, розрахований засобами автоматизованої прокладки для розв'язання навігаційної задачі.

Поряд з цим необхідно враховувати вірогідну наявність значної кількості ВТЗ та інших загрозливих об'єктів в акваторії плавання (візьмемо наприклад 20 різноманітних ВТЗ ($n=20$), з яких наприклад 3 є загрозливими ($m=3$), що є цілком реально). Відповідно до комбінаторного правила числа поєднань $C_n^{m \equiv 3} = \frac{n!}{m!(n-m)!}$ необхідно вирішувати певну кількість задач одночасно. В наведеному прикладі це одночасне вирішення $C = \frac{20!}{3! \cdot 17!} = \frac{18 \cdot 19 \cdot 20}{1 \cdot 2 \cdot 3} = 1140$ задач. При часі обробки кожної задачі близько 0,5 сек., мінімальний час опрацювання усіх задач буде $1140 \times 0,5 \text{ сек.} = 570 \text{ сек.} \approx 10 \text{ мін.}$

Існуючі протиріччя між зростаючими вимогами до ефективності СНУР та реальними можливостями сучасної науки та технологій необхідно усувати шляхом вирішення обчислювальної складності майбутніх задач СНУР шляхом їх декомпозиції на типові тривіальні підзадачі, яку запропоновано здійснювати відповідно до концепції, наведеної на рис. 3.

Крім того, для гарантованого забезпечення ухилення від зіткнення з ВТЗ_j та не входження в пов'язану з ним зону НОН, необхідно забезпечити наявність просторового та часового запасу безпеки додатково до варіанту розходження, розрахованого засобами автоматизованої прокладки.

Гарантована безпека руху ВТЗ в ЗПРП при загрожуючих факторах зон НОН реалізує три категорії захисту судноводіння без зіткнень і аварійних подій для гарантування знаходження ВТЗ в межах БОН. Оперативний рівень забезпечення безпеки на борту кожного ВТЗ активізує і координує власні засоби і ресурси для руху по трансверсальним траєкторіям в єдиної для усіх учасників акваторії. При порушенні багаторівневих співвісно вкладених контурів захисту даного ВТЗ з загальним класом $БОН_i(t)$ має місце аварійна подія. При цьому, чим ближче фактори НОН до корпусу ВТЗ, тим більше ресурсів оперативного управління необхідно витратити для запобігання зіткнення. Захист від реально неминучих, незворотних і

форс-мажорних обставин, а також погіршення умов руху ВТЗ повинен бути здійснено негайно, автоматично, без зайвих витрат часу на індивідуальне емоційне реагування людини-оператора.

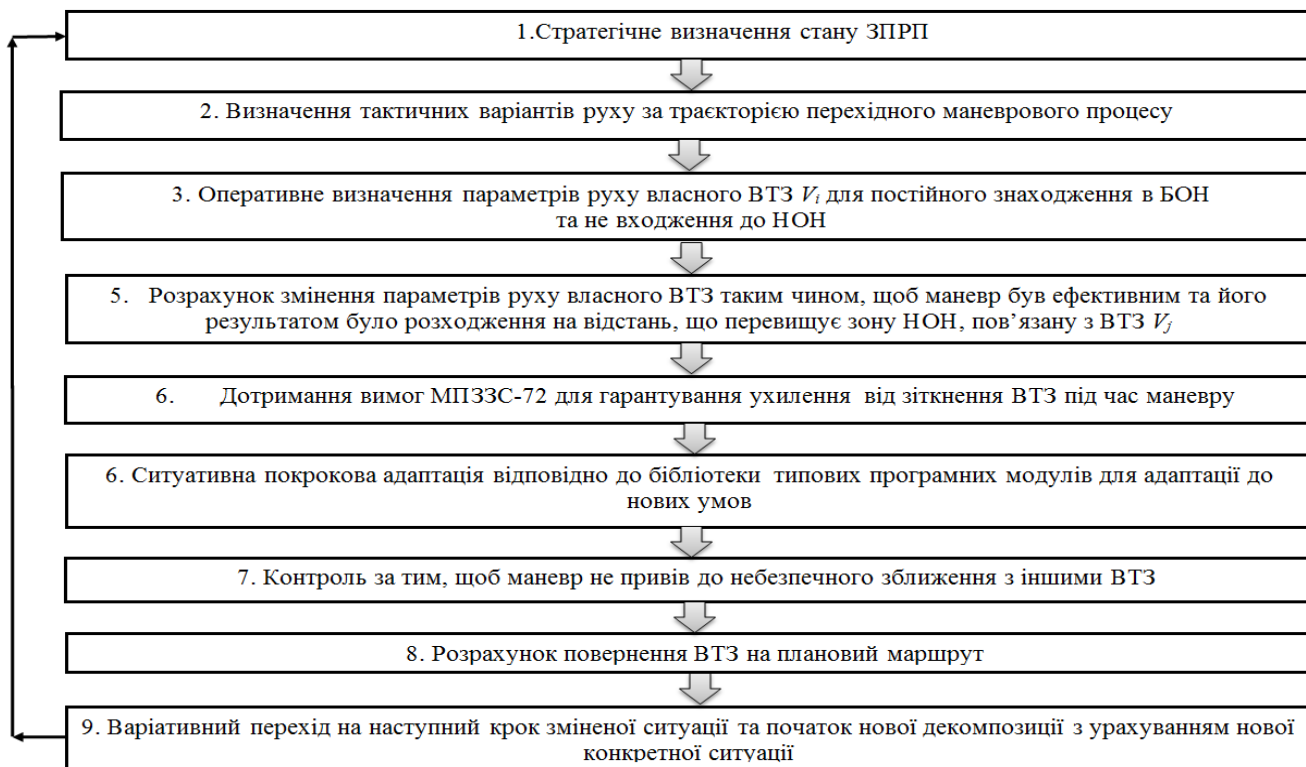


Рисунок 3 – Концепція декомпозиції поточної складної задачі СДС на типові підзадачі

Теорія маневрування ВТЗ розрахована для руху в спокійній воді. Але на рухомий ВТЗ постійно впливають змінні фактори нестационарного середовища, зокрема хвилювання, які необхідно врахувати для розрахунку своєчасного безпечного маневру [5]. У результаті інтерференції хвиль виникає складна система пагорбів і западин, ВТЗ відчуває неупорядковану хитавицю, окремі хвилі можуть досягати гігантських розмірів та з'являтися з несподіваних сторін. Для запобігання пов'язаних з цим аварійних подій потрібна детальна поточна інформація про складові інтерференції системи хвиль (середньої довжини, швидкості фази відносно ВТЗ, тощо), а також прогноз про вірогідну появу особливо великих хвиль. У загальному випадку неоднорідності середовища змінити не можна. Необхідно на самому об'єкті створити адаптивну систему, яка в процесі руху реагувала б на зміни параметрів середовища. При цьому неоднорідність середовища представляють як просторово-часове поле. В реальному масштабі часу необхідна інформації про просторовий розділ неоднорідностей для будь-якого моменту часу, тобто послідовності реалізації елементів замороженого поля [5,29]. Прогнозування рельєфу хвиль в околицях траєкторії та використання дистанційних неконтактних хвилемірів забезпечує передбачення виникнення особливо великих хвиль, що дозволить запобігти їх критичному впливу на корпус ВТЗ та його конструкції.

З метою визначення параметрів безпечного руху ВТЗ під час здійснення реального рейсу запропонована адаптація руху ВТЗ до змінних умов внутрішніх станів ГСР, інтенсивності руху та зовнішніх дій факторів ЗНОС [30]. Розподіл функцій між компонентами СДС неможливий без комплексної конструктивної адаптації за багатьма критеріями стосовно режимів роботи ВТЗ, включаючи

швидкість його руху та реагування на збурення. Багатокритеріальна оптимізація з використанням додаткового ББК (рис. 4) дозволяє ВТЗ реалізувати безаварійний та беззбитковий режим транспортних перевезень з запланованою швидкістю в умовах впливу змінних факторів ЗНОС.

Запропоновано новий підхід до формалізації задач технічної діагностики та контролю станів процесів циркуляції інформаційних потоків у ієрархічних полієргатичних системах з паралельно керованими підсистемами при використанні розподілених у просторі наявних засобів телекомунікації, локальних мереж зв'язку, спостереження, розпізнавання та класифікації об'єктів у зонах навігаційного обслуговування та управління рухом ВТЗ. Запропонована методика оцінювання ефективності усього рейсу або будь-якого фрагменту [8] дозволяє інтегрувати процедури адаптації, навчання та розподілу функцій між людиною та ВТЗ, що швидко рухається та маневрує. Необхідні технічні засоби ПАК реалізуються шляхом автоматизації нових технологічних процесів з автоматичним точним оцінюванням ключових градацій та системою прийняття у реальному часі ключових рішень при потенційних загрозливих ситуаціях СДС у майбутньому.

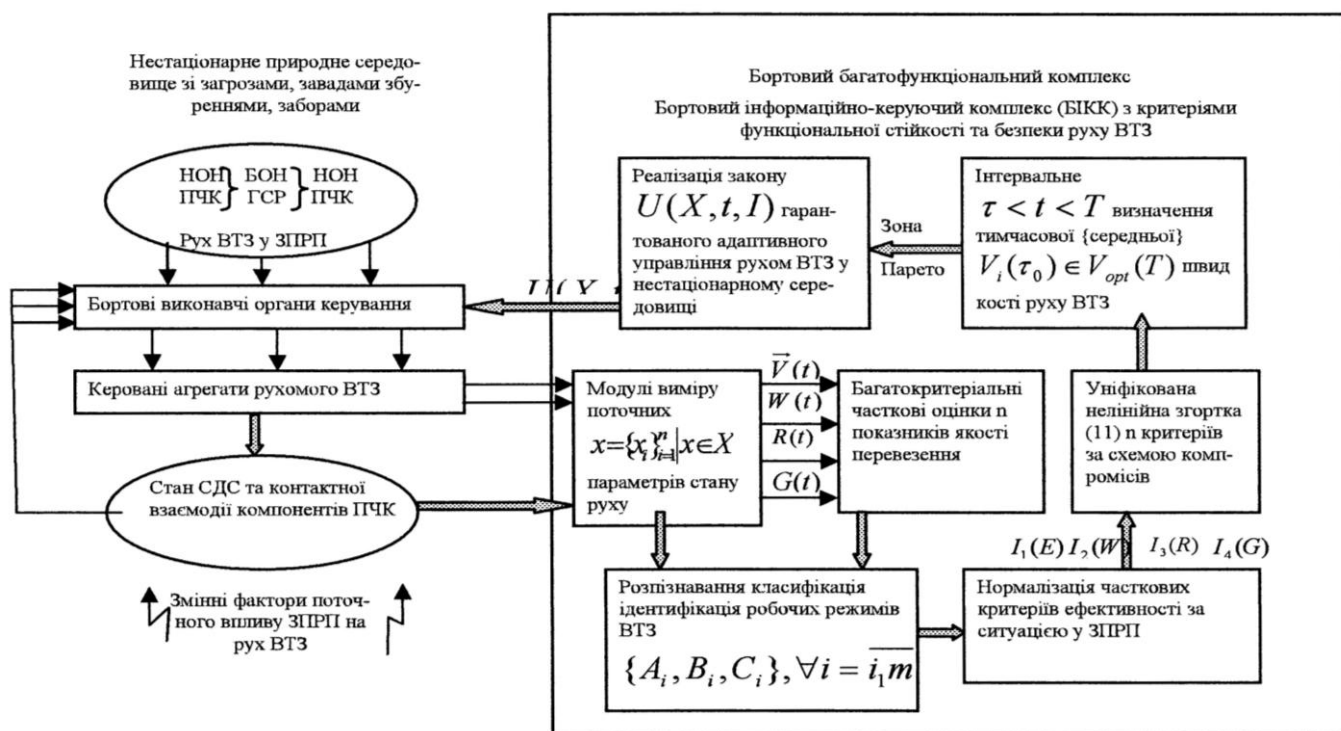


Рисунок 4 – Структурно-функціональна схема додаткового ББК адаптації параметрів руху ВТЗ у нестационарному середовищі

Розроблені предикативні правила подання алгебраїчних поліномів в методах комплексної обробки інформації для підсистем спостереження, розпізнавання об'єктів навігації та управління рухом водних транспортних засобів для моделювання режимів руху транспортних засобів в нестационарному середовищі [24]. Визначено ядро інформаційної системи базових понять для комп'ютерного математичного моделювання. Запропоновані алгебраїчні та предикативні відношення для синтезу базових та розрахункових моделей рухомих ВТЗ.

Третій розділ

У третьому розділі проведено синтез моделей полієргатичних систем, що мають властивості гарантованого адаптивного управління, з контролем

індивідуального стану судноводія. Для діагностики та контролю індивідуального стану судноводія [2] запропонована методика моделювання поведінки та методів керування ВТЗ судноводіями в екстремальних умовах на навігаційному тренажері з послідовністю контрольованих кроків придбання досвіду для оперативного управління в реальних ситуаціях в системах навігації та управління рухом конкретного ВТЗ (рис. 5). Первісна діагностика характеристик конкретного судноводія направлена на визначення реальних індивідуальних особливостей по каналу <сенсорна чутливість – когнітивна обробка отриманих даних – прийняття рішення в поточній екстремальній ситуації – м'язова реалізація раціонального і безпечного закону управління рухом ВТЗ >.

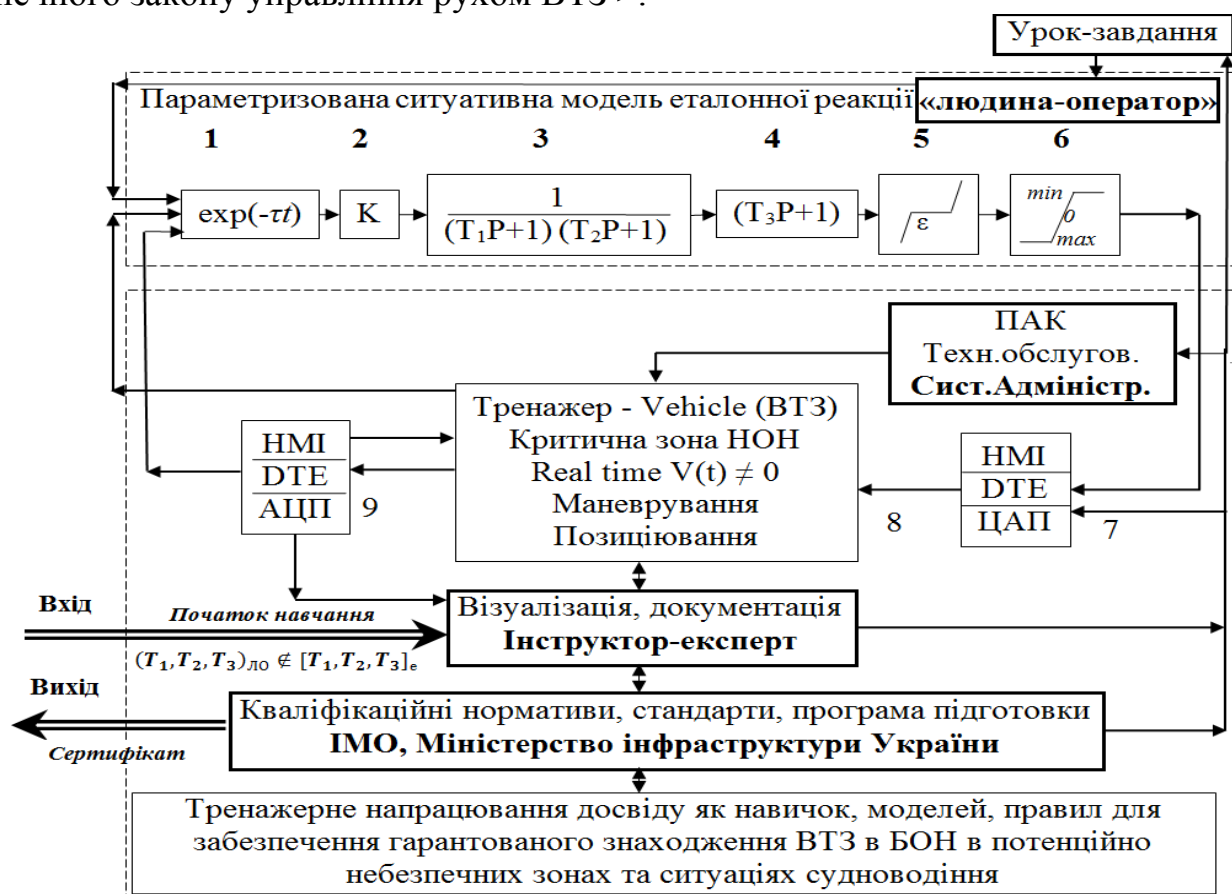


Рисунок 5 – Послідовність моделювання поведінки та методів керування ВТЗ судноводіями в екстремальних умовах на навігаційному тренажері з послідовністю контрольованих кроків придбання досвіду для оперативного управління в реальних ситуаціях в системах навігації та управління рухом ВТЗ

Формалізація і класифікація параметрів уніфікованої моделі ІАС по її індивідуальному діагностуванню дозволяє своєчасно організаційними методами не допускати судноводія до управління ВТЗ до того часу, поки даний ІАС не замінить власні параметри до необхідних. На призупиненому кроці навчання (підвищення рівня кваліфікації) будь-який судноводій, який не відповідає стандартним для цього кроку (курсу, завдання) вимогам, не зможе перейти на наступний крок продовження цільової програми навчання [2] з метою завчасної готовності українських судноводіїв до виконання функції з управлінням усі засоби бортових системи навігаційного обслуговування одраз після призначення на будь-який ВТЗ, за пропозицією автора вимоги щодо моделювання поведінки та методів керування ВТЗ в екстремальних умовах шляхом обов'язкової тренажерної підготовки на повномасштабному багатofункціональному навігаційному тренажері з візуалізацією

(Bridge Recourse Management) та тренажері з використання електронних картографічних та навігаційно-інформаційних систем (ECDIS) були запроваджені як обов'язковий стандарт для отримання сертифікату судноводія на рівнях експлуатації та управління (рис. 6) відповідно до сучасних вимог Міжнародної морської організації (ІМО).



Рисунок 6 – Предикативна послідовність щодо отримання сертифікату судноводія

З урахуванням запровадження зазначених обов'язкових вимог досліджено закономірності діяльності судноводіїв в системах навігаційного обслуговування і управління рухом з використанням моделювання поведінки та методів керування ВТЗ в екстремальних умовах, проведено аналіз якісних та кількісних параметрів засвоєння судноводіями навичок безаварійного проведення ВТЗ в ЗППП з використанням повномасштабному навігаційного тренажеру з візуалізацією Navi-Trainer NTPro-4000. Результати цих досліджень кількісно підтверджують, що комплексне відпрацювання вправ на тренажері суттєво сприяє зменшенню кількості помилок судноводіїв та в середньому на 6,2% зменшує час на оцінку ситуації і виконання маневру конкретного ВТЗ в ЗППП. Це на пряму позитивно впливає на навігаційну безпеку плавання власного ВТЗ та інших об'єктів в його околі, а також людей, що знаходяться на них.

Автором проаналізовано також сучасний стан інформаційної безпеки в ергатичних системах світового морського транспортного сектору, заходи, що вживаються для захисту від кібер-загроз, а також проведено опитування персоналу морських суден та судноплавних компаній щодо усвідомленості з проблемами захисту інформації. У зв'язку із стрімким підвищенням кібер-загроз в останні роки, з урахуванням аналізу результатів опитування визначено необхідність усвідомлення усього персоналу, пов'язаного з інформаційними системами на березі і на борту ВТЗ, з такого роду небезпеками та якомога швидкого запровадження підготовки з питань інформаційної безпеки.

Гарантований рівень безпеки руху ВТЗ [15] неможливий без визначенні причин початкових факторів впливу на СДС, які завдяки внутрішнім реакціям формуються у наступні наслідки на зовнішніх полюсах СДС взаємодії з довкіллям (рис. 7) та реалізується шляхом забезпечення наступних функцій:

- інформаційно-технологічне впорядкування циркуляції потоків даних, необхідних для засобів СНУР ВТЗ на всіх рівнях ієрархії;
- комп'ютерна реорганізація та підвищення адекватності відображення нормативно-технологічної бази запобігання розвитку аварійних подій на акваторіях судноводіння;
- розвиток розподіленої інформаційної системи на базі мереж телекомунікації автоматизованих робочих місць (АРМ) для ІАС, що є носіями комп'ютеризованого управлінського ресурсу в єдиній системі ГАУ безпекою руху ВТЗ;

- змістовний контроль та поглиблена діагностика процесів: вимірювання первинних даних й показників фактичного стану ВТЗ у ЗПРП; збору та накопичення складових опису складних динамічних процесів та явищ; прогнозування форм та режимів розвитку подій та ситуацій; планування програмування технологічних взаємодій для всіх ВТЗ в ЗПРП; узгодження планів та програм в процесі єдиного державного акту прийняття рішення щодо перспективних форм системного управління з метою гарантування безпеки руху ВТЗ; реалізація прийнятих рішень;



Рисунок 7 –
Схема
причинно-
наслідкових
процесів
еволюційної
трансформації
властивостей
СДС за
різноманітними
фазами
життєвих
циклів

- розвиток мереж логістично-ресурсного забезпечення відновлення необхідних й достатніх потенціалів і ресурсів для своєчасного, швидкого, всебічного реагування з причин визначених загроз для їх усунення та запобігання їх розвитку до рівня лиха або аварій;

- застосування фізичних ресурсів гетерогенних форм зменшення ризику та об'єктивних перешкод шляхом швидкої актуалізації процесів протидії та захисту життєдіяльності ВТЗ;

- постійне зростання професійної кваліфікації судноводіїв на основі: знання нових нормативних та технічних рішень; тренінгу навичок роботи у екстремальних умовах, аналогічних реальним; володіння всім арсеналом ресурсів.

Запропоновані ергатичні технології управління рухом ВТЗ в умовах подолання реальних ризиків наближення аварій за допомогою автоматичних динамічних адаптерів здатні завдяки методам самонавчання, самоорганізації та реконфігурації змінювати розподіл функцій на межі людино-машинного (ЕОМ) інтелектуального інтерфейсу. Це в свою чергу гарантує рівень безпеки руху ВТЗ при загрозливих факторах впливу нестационарного ЗНОС. Завчасний швидкий автоматичний, адекватний поточній ситуації перерозподіл функцій повинен повністю використовувати властивості ITS в нормальних, передаварійних та аварійних режимах експлуатації конкретних ВТЗ.

Четвертий розділ

В четвертому розділі наведено інформацію стосовно методу забезпечення неперервного безаварійного поліергатичного управління у випадках проявів загроз в локальній зоні судноводіння з використанням новітніх міжнародних технологій.

Стратегія «e-Navigation» та системи електронної картографії запроваджуються в світовому морському судноплаванні ІМО як найважливіші засоби навігації і підтримання прийняття рішень [9,10].

До складу судових та берегових засобів і систем забезпечення безпеки судноплавства входять: електронні картографічні навігаційно-інформаційні системи (ECDIS), автоматизовані ідентифікаційні системи (AIS), супутникові навігаційні системи GPS/ГЛОНАСС/Galileo, інтегровані навігаційні системи (INS), інтегровані системи управління навігаційним містком (IBS), радіолокаційні станції (RADAR), засоби автоматичної радіолокаційної прокладки (ARPA), засоби Глобальної морської системи зв'язку у разі лиха та для забезпечення безпеки (GMDSS), реєстратори даних рейсу (VDR), система дальньої ідентифікації та спостереження за суднами (LRIT), судові системи аварійного сповіщення на містку (BNWAS), системи управління рухом ВТЗ (VTS), тренажери з підготовки морських фахівців, тощо. Запропонована інтегрована схема інформаційного обміну в СДС в територіальних водах України, побудованого з урахуванням стратегії «e-Navigation», наведена на рис. 8.

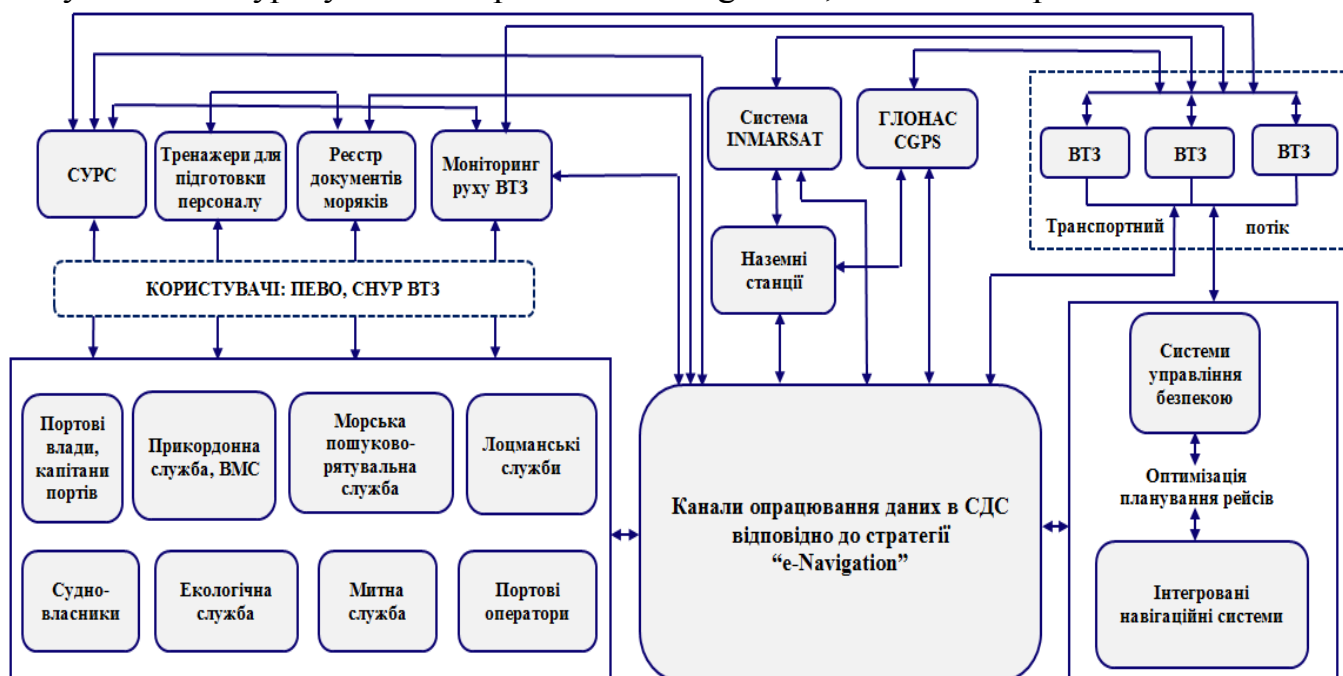


Рисунок 8 – Запропонована інтегрована схема інформаційного обміну в СДС, побудованого на принципі стратегії «e-Navigation»

Передбачається, що внаслідок запровадження «e-Navigation» за рахунок уніфікації, стандартизації, системної і інформаційної інтеграції навігаційного обладнання вже в найближчому майбутньому мають скоротитися загальні витрати з застосування такого обладнання. Питання щодо стандартизації апаратури, програмного забезпечення та інтерфейсу повною мірою застосовуються й до засобів ECDIS для відображення в електронному форматі навігаційної обстановки. Приклад відображення інформації на екрані ECDIS наведено на рис. 9.

Для забезпечення ефективного застосування судноводіями бортової апаратури ECDIS до початку першої ходової вахти сформульовані певні рекомендації. При цьому ключовим фактором на погляд автора є необхідність максимально уніфікувати усіма виробниками бортового обладнання ECDIS системи меню інтерфейсів і вирішення додаткових навігаційних завдань та алгоритми архівування даних. Іншим з важливіших елементів Стратегії «e-Navigation» є запровадження системи AIS, яка дозволяє в

режимі реального часу здійснювати дистанційний постійний моніторинг за рухом усіх ВТЗ в районі плавання (рис. 10).

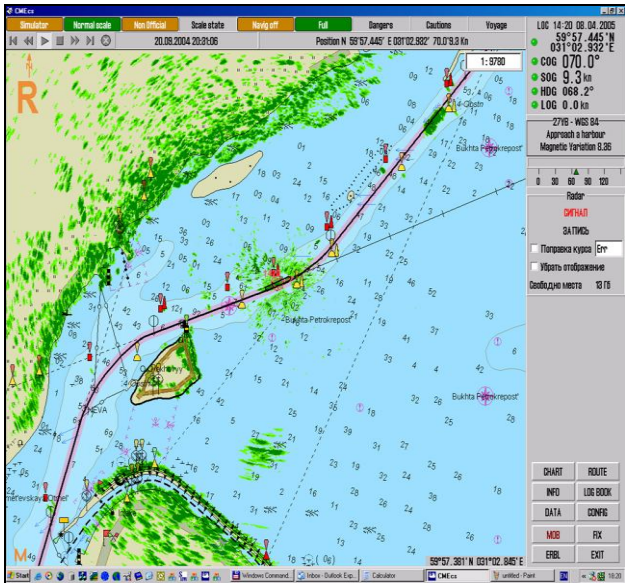


Рисунок 9 – Відображення інформації на екрані ECDIS при плаванні в стиснених навігаційних умовах

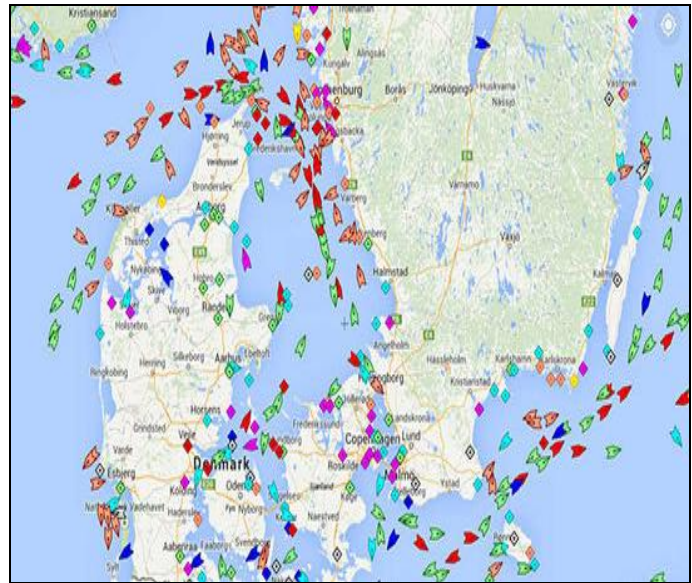


Рисунок 10 – Відображення інформації про рух ВТЗ за даними AIS в районі Датських проливів

З метою полієргатичного гарантування якості СНУР ВТЗ необхідно здійснювати специфічне прийняття рішення стосовно вибору безаварійного варіанту реалізації рейсу ВТЗ [17] в умовах протидії факторам, що підвищують ризики та наближення зони НОН за сема рівнями ієрархії ПЕВО. Розподіл функцій та ресурсів ПЕВО ITS методами теорії ігор забезпечує гарантування структурної якості управління ВТЗ в позаштатних ситуаціях впливу внутрішніх та зовнішніх факторів.

Поточний ситуативний розподіл видів різноманітних ресурсів ГАУ ВТЗ та ПЕВО для функціональної стійкості за критеріями безаварійності та безпеки життя потребує специфічної концентрації засобів, що формують синергетичний ефект протидії загрозливим впливам оточуючого ВТЗ середовища, але пов'язані з відповідним та своєчасним витрачанням наявних та відновлюваних ресурсів ITS, яка у наслідок обумовлює безаварійність плавання ВТЗ.

Для гарантування безпеки руху ВТЗ в ЗПРП та значного зниження показників аварійності запропоновано запровадження перерозподілу функцій між кожним рівнем (табл. 1) ієрархічної організації гетерогенної ПЕВО та між оператором і ПАК, диспетчерськими центрами ТІУС та бортовим обладнанням ВТЗ [18].

Задача гарантування безпеки руху конкретного ВТЗ полягає у застосуванні бортових ЗТДК для зняття невизначеності на короткочасний інтервал прогнозного руху у межах БОН. Умова щодо режиму гарантування безаварійності полягає у тому, що ПЧК БОН та НОН ніколи не перетинаються та не контактують [18].

Створення єдиного інформаційно-метрологічного простору дозволяє ефективно розв'язувати складні задачі з практики ITS, якщо застосувати запропоновані таблиці в пам'яті ПАК, де інтегровані методологічні основи знань транспортної динаміки.

Перерозподіл функцій стимулює ресурси самоорганізації процесів функціонування СНУР ВТЗ (рис. 11), до яких за принципами синергетики ПЕВО належать:

1. Пошук поки що невідомих фундаментальних процесів, технологій, явищ, що сприяють підвищенню ефективності засобами самоорганізації;

2. Використання та застосування гетерогенних ПАК, що мають переваги у чітко визначеній області їх практичної експлуатації при самовдосконаленні;

3. Накопичення знань та даних у системах управління базами даних, правил та закономірностей за єдиною електронною технологією;

4. Функціональна стійкість виконання програмних маршрутів руху ВТЗ за рахунок адаптації, раціональної реконфігурації та розподілу функцій ПЕВО, ТІУС, СНУР у стаціонаризованій гетерогенній СДС з визначеними реальними обставинами.

Таблиця 1 – Приклад адекватного реагування IAS, ПЕВО, ITS на екстремальні впливи середовища з підвищеними ризиками та загрозами безпеки руху ВТЗ

№	Задачі ПЕВО відповідно до рівня ієрархії	наявні ресурси		фактори впливу екстремальних ситуацій		локальні протидії
		реалізації програм	мобілізаційних запасів	внутрішні	зовнішні	оптимальні співвідношення
1	стратегічні цілі ПЕВО ITS правила без конфліктів	фінанси кадри структури	додаткові резерви швидка реорганізація	бюджетні обмеження бюрократія	економічна криза соціальна	пріоритетна мобілізація концентрація
2	координація дій логістика відновлення ресурсів	програми правила баланси	порядок дій в екстремальних ситуаціях	відмови запізнення старіння	конфлікти порушення постачання	прискорення усунення причин
3	синхронізація робочих програм визначення обмежень ресурсів	інтервали часу графіки робіт нормативи	адаптивне оперативне коригування	збої асинхронні процеси	прискорення збільшення збурень	увага своєчасному реагуванню
4	оптимізація диспетчеризація транспортної роботи	запаси ресурсів диспетчерське управління центри відновлення	врахування системних поточних факторів та обмежень	порушення графіків роботи	наближення та рух у ЗПП	запобігання катастроф та форс-мажору
5	коригування маршрутів гарантування живучості	включення засобів захисту від аварій	уточнення зон БОН та НОН коригування маршрутів	ремонти модернізація "пробки"	руйнування перешкоди заборона	кооперативна допомога ресурсами
6	мінімізація ризиків визначення законів управління	зміна швидкості руху запобігання зіткнень	захисні програми локальне маневрування	колізії дефекти шуми	підвищення рівнів завод	зміна каналу підвищення заводостійкості
7	вплив на ВТЗ - відповідна реакція своєчасна реалізація	СНУР ГАУ ВТЗ	засоби функціональної стійкості	відмови модулів керування	замикання обрив пошкодження	включення резервних каналів та обладнання

Загальна проблема безаварійного руху ВТЗ у реальних акваторія плавання в цілому залежить від інтелектуального рівня операторів, де кожний IAS_i виконує своєчасно регламентовані та стандартизовані професійні функції.

Під час побудови ергатичної технології управління рухом ВТЗ визначено три різноміжних фазових стану СДС [23].

Перший стан характеризується нормативним режимом експлуатації, коли акваторія судноводіння разом зі ЗНОС не має загроз, завад та збурень, ВТЗ не має аварійних станів, людина-оператор не знаходиться в стресовому стані. Рух ВТЗ реалізується заданим маршрутом, відповідно плану рейсу.

Другий стан виникає коли засоби розподіленої системи технічної діагностики та контролю поточних процесів формують сигнал «Увага! За означених причин ... потенційний загрозливий наслідок».

Третій стан характеризується безпосереднім реагуванням всіх інноваційних та традиційних засобів гарантування безпеки руху ВТЗ у ЗППІ коли фактор ЗНОС обумовлюють наближення НОН або втрати ресурсів конкретного ергатичного поста.

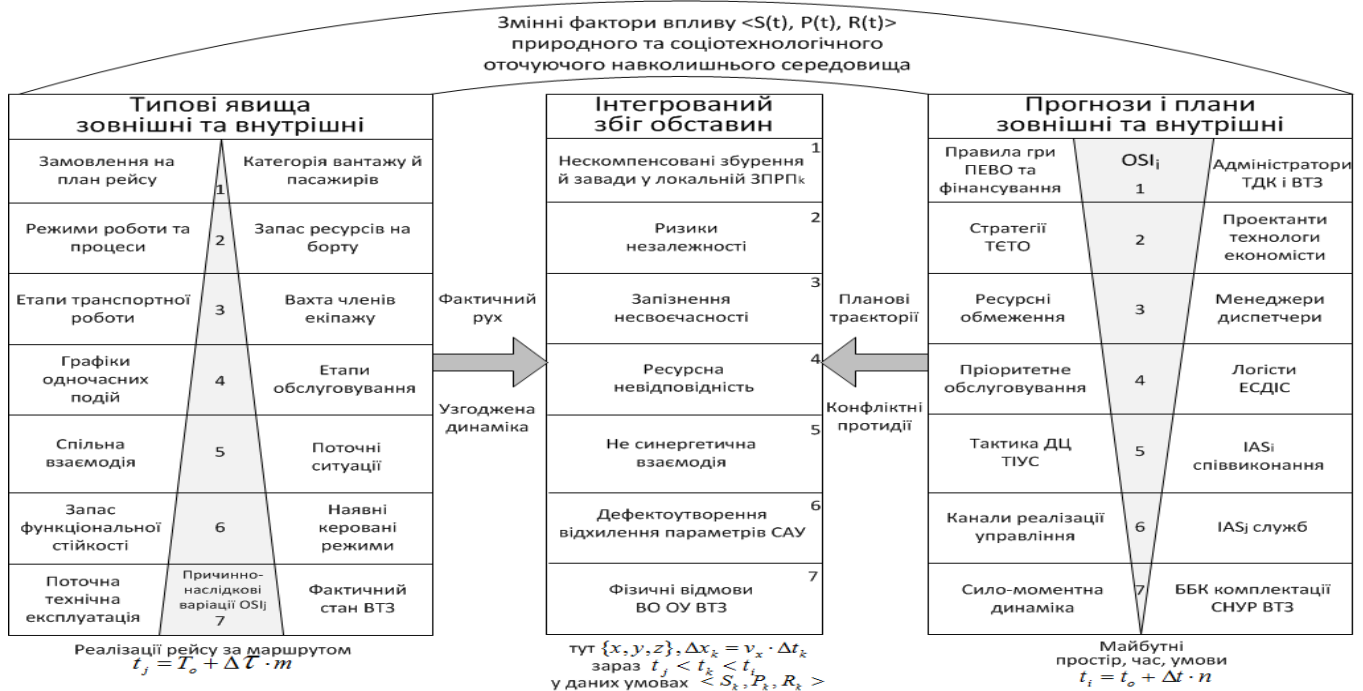


Рисунок 11 – Концепція перерозподілу функцій для інтегрованої адаптації СНУР

Дослідження присвячено другому та третьому фазовим станам, коли сенсори, датчики та вимірювальні засоби сигналізують про відхилення від нормативних режимних параметрів ключових підсистем, агрегатів, механізмів та елементів СДС. Відповідно означеним фазовим станам робота засобів ГАУ виконавчими органами ВТЗ змінюється. Поточна адаптація відбувається покроково, завчасно та упереджуючи для гарантування віддалення на задану відстань від меж НОН.

Своєчасна поетапна обробка часових рядів, що характеризують параметри режимів руху ВТЗ та їх обслуговування дозволяє знайти реальні закономірності. Визначення цих об'єктивних закономірностей для конкретного вузла поліергатичної організації дозволяє додатково методами упередженого прогнозування майбутніх подій підвищити ефективність технології ГАУ (рис. 12). Досвід експлуатації засобів навігації свідчить, що найбільша кількість помилок ОПР-IAS припадає на процедури прийняття рішень планування програми робіт [23].

Для поліергатичних вирішувальних систем (ПЕВС) можливі такі ситуації:

1. всі дані відомі для прийняття рішення в умовах визначеності;
2. дані відомі як значення імовірнісних розподілів, що характеризують умови існуючого ризику на час прийняття рішення у ЗППІ;
3. дані відсутні, неможливо зазначити міру, вагу, коефіцієнт щодо ступеня значимості для здійснення процедури прийняття рішення IAS.

Межа між сусідніми зонами навігаційного
обслуговування в локальних ЗПП

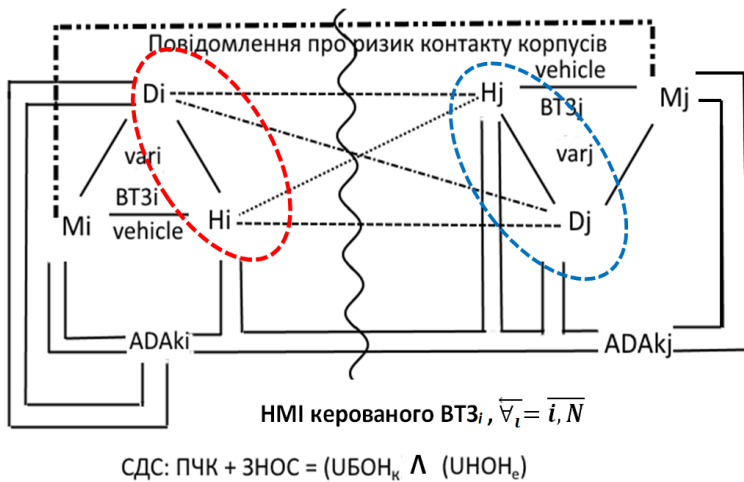


Рисунок 12 – Концепція предикативного відображення цілісності та безперервності взаємодії складових чинників СДС

Запропонована методологія гармонізації поліергатичних СНУР ВТЗ методами теорії ігор [12] включає наступні кроки.

K1. Опис інтегрованої гри та необхідних даних визначає склад організації i -го рівня та кількість учасників на цьому рівні.

K2. Фіксування тривалості гри Θ , інтервалу дискретизації просторових локальних зон h_x та h_t на протязі $T < \Theta$. Задана дискретизація чітко фіксує внутрішні та зовнішні контактні умови, які на обмежених інтервалах рекомендується стаціоналізувати, тобто задавати у вигляді чітко визначених функцій для кожного періоду дії ПЕВС. За цих означених умов гравці роблять власні ходи – акти дії відповідно до прийнятих ними рішень.

K3. Визначення процедур ЦВЕ, завдяки якому кожний гравець згідно власних заходів та критеріїв робить оцінку поточної ситуації у вигляді означення конкретної плати (виграшу чи програшу) у відповідній шкалі та обраних одиницях виміру з похибкою процесу вимірювання.

На кожному ієрархічному рівні організації СНУР ВТЗ визначаються параметри показників якості, вартості та інших цільових переваг, що обумовлюють дії гравців у означених складних ситуаціях. Для кожного рівня ігор визначаються відповідно різні задачі, мета та цілі, форми та механізми послідовного руху для досягнення цільових, термінальних умов при зміні часу протягом $t_0 < t < T \leq \Theta$ функціонування ПЕВС. В дослідження використано 7 рівнів паралельних ігор, для яких справедливі означені умови стаціонаризації та в цілому оцінки ЦВЕ у вигляді наближення рівня безаварійності до бажаного значення. Гармонізація відношень між всіма рангами ієрархічної організації взаємодії поліергатичних СНУР ВТЗ відбувається покрокове за рахунок підвищення ефективності циркуляції інформації. Кожний вищий ранг ієрархії СНУР ВТЗ функціонально є управляючим модулем до підлеглого йому.

П'ятий розділ

В п'ятому розділі здійснено формалізацію умов функціональної стійкості поліергатичних систем з метою утримання рівня безпеки руху ВТЗ на річкових внутрішніх водних шляхах.

D_i , D_j – диспетчери-оператори навігаційно-логістичного обслуговування у конкретній зоні i або j зонах руху;

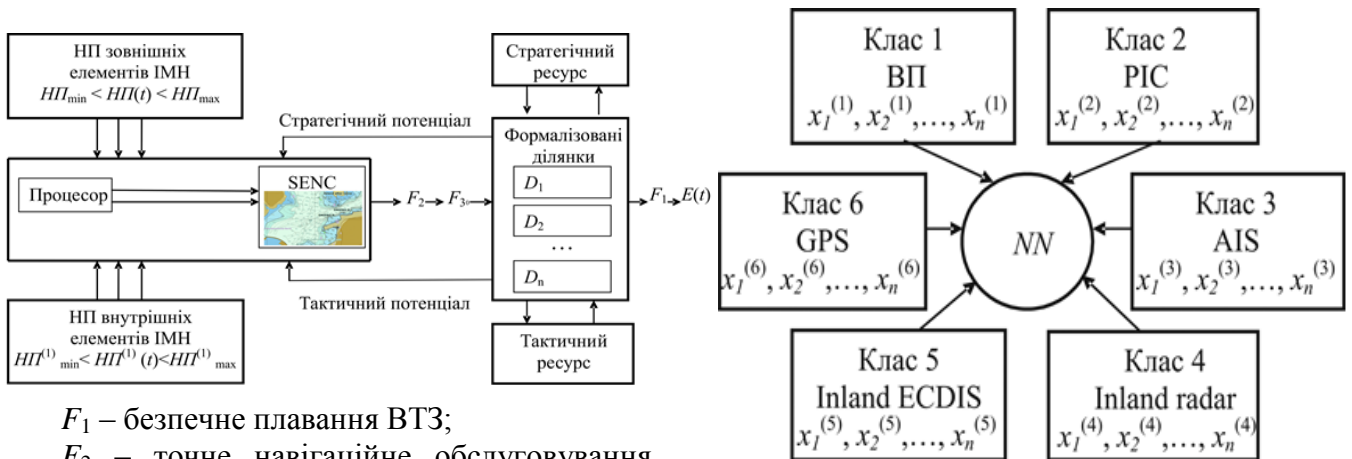
M_i , M_j – механізовані транспортні засоби, що рухаються;

H_i , H_j – оператори реалізації рейсу згідно заданого маршруту;

$АДА_{ki}$, $АДА_{kj}$ – автоматичні динамічні адаптери до впливу ЗНОС та НОН.

$АДА_{ki} \leftrightarrow АДА_{kj}$ – автоматичний зв'язок між інноваційними спеціальними автоматами на випадок потенційних похибок чи помилок людини-оператора, коли необхідно завчасне відновлення якості режимів реагування.

Розроблено метод забезпечення заданого рівня безпеки в полієргатичних СНУР ВТЗ на ВВШ в умовах реального часу, при якому для інтелектуалізації рішень систем прийняття рішень використовується інструментальний метод навігації (ІМН), який включає гармонізовані заходи зі збору, інтеграції, обміну та аналізу інформації на ВТЗ і в берегових службах за допомогою інформаційних технологій [6]. При ІМН відбувається комбінування інформації з численних джерел із знаходженням більш точних і достовірних даних про ситуацію, ніж результати, які отримані від кожного з цих джерел окремо (рис. 13).



F_1 – безпечне плавання ВТЗ;
 F_2 – точне навігаційне обслуговування у межах задач F_1 ;
 F_3 – ГАУ ІМН, у тому числі рухом ВТЗ

Рисунок 13 – Модель, що відображає реальну ієрархію засобів управління

Рисунок 14 – Досліджені класи вхідних сигналів в нейронній мережі при використанні ІМН на ВВШ

Важливим компонентом ІМН в ЗПРП є використання берегових і бортових ергатичних інформаційних систем, які використовуються для руху ВТЗ, до яких відносяться: системи обробки операцій, управлінські інформаційні системи, а також СППР (ECDIS, РІС, АІС, GPS, Radar) [6]. Інформаційні системи нового покоління мають будуватися з використанням штучних нейронних мереж (NN) з процесорними елементами. Ці системи спроможні пристосовуватися до широкого діапазону зовнішніх умов. Ключовим аспектом NN є здатність навчатися в процесі розв'язання навігаційних задач. Мережа нейронів при ІМН складається з групи нейронів, які виконують процедуру розпізнавання, з утворенням шарів і обчислення вихідного вектору Y . Класи вхідних сигналів в NN для ВВШ наведені на рис. 14.

Експериментальні дослідження моделювання запропонованого підходу до інтелектуальної обробки потоків навігаційних даних виконувалися на тренажері системи відтворення електронних карт SeeMYENC. За результатами моделювання отримані графіки залежності при вхідних сигналах класів 1,2,3, 4-6 [6] (рис.15).

Проведено аналіз причин виникнення похибок вимірювань навігаційних параметрів [31] та запропонований метод, за яким можна визначити, якими складовими похибки або невилученими систематичними похибками можна нехтувати та не враховувати їх під час оцінки точності вимірювань, запропоновані критерії визначення нехтовної малості складових похибки вимірювань параметрів.

З метою запровадження Річкової інформаційної служби України (РІС) на р. Дніпро проведено розрахунки радіопокриття в діапазоні УКХ в річкових умовах, залежність умов розповсюдження радіохвиль від профілю рельєфу місцевості (рис. 16), особливості розповсюдження радіохвиль в річкових умовах, оптимальні місця розташування субцентрів і станцій РІС (рис. 17), а також розрахунок ширини

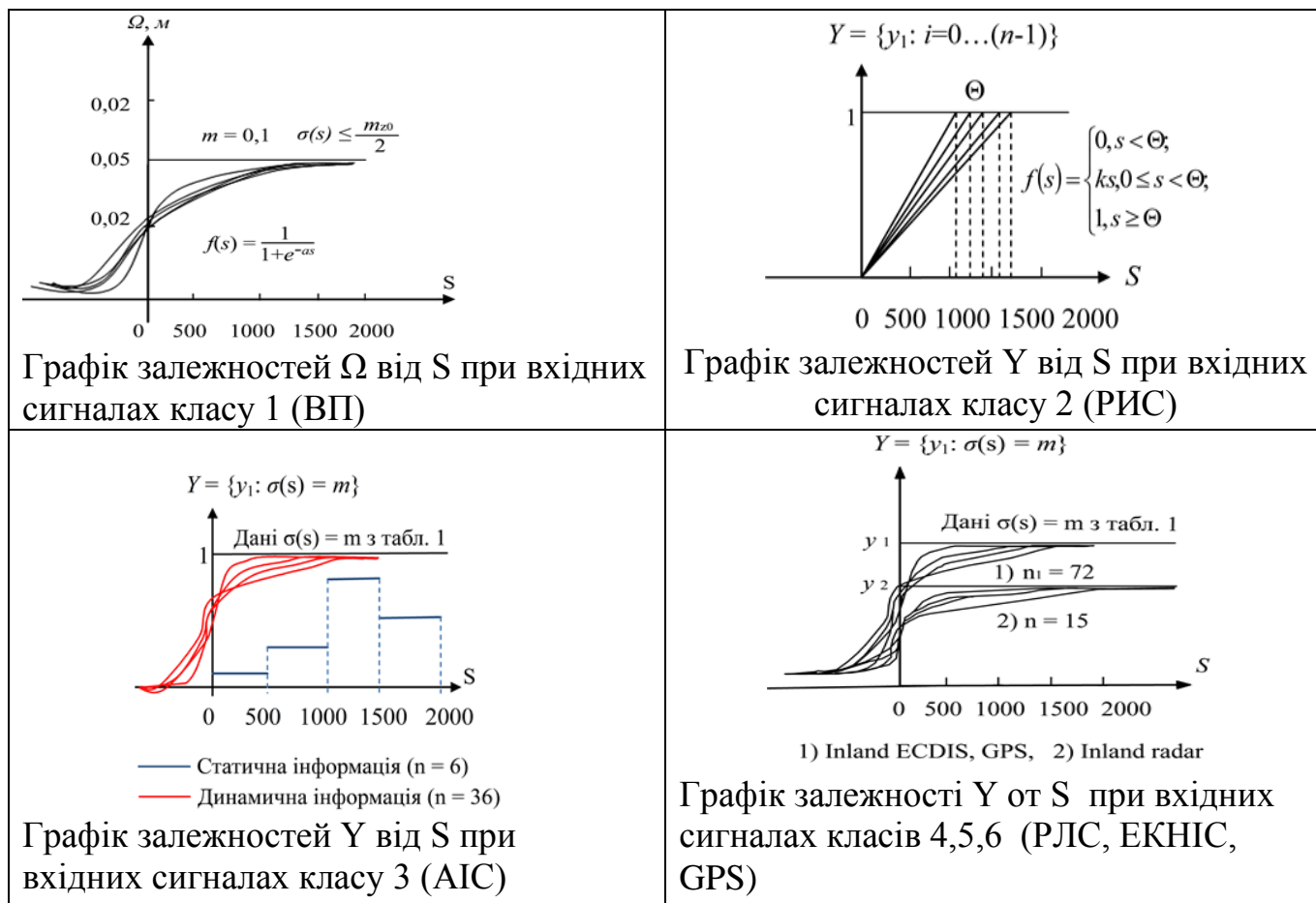


Рисунок 15 – Графіки залежності при вхідних сигналах класів 1,2,3, 4-6.

безпечної смуги річкового водного шляху, необхідної для руху на криволінійних ділянках основних типів ВТЗ, що здійснюють плавання по р. Дніпро. Зазначені дослідження та розрахунки, а також організаційно-технічні і нормативно-правові заходи дозволили запровадити системи антенних пристроїв на березу вздовж

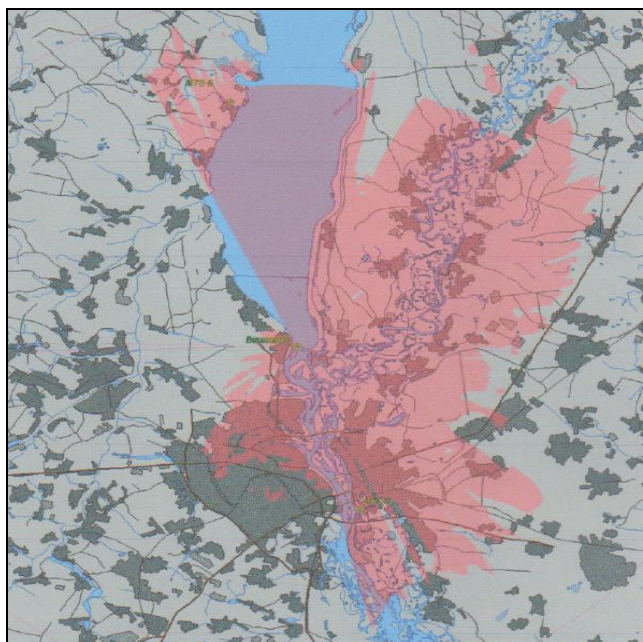


Рисунок 16 – Відображення зон радіо покриття сигналом ДВЧ діапазону на станції в районі м. Києва з урахуванням рельєфу місцевості

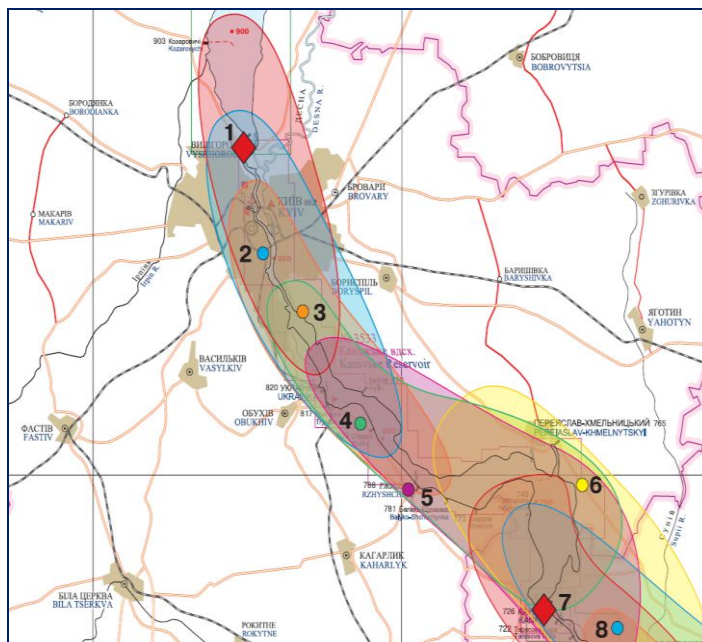


Рисунок 17 – Розташування субцентрів і станцій РІС в районі м. Київ

узбережжя р. Дніпро відповідно до вищезгаданих параметрів та забезпечити повне ефективне покриття усієї судноплавної частини р. Дніпро надійним зв'язком в АІС між береговими станціями та усіма ВТЗ, що здійснюють плавання в неї. Проведені за результатами встановлення практичні дослідження засобів ДВЧ, розташованих на субцентрах РІС і автоматичних постах «РІС-Дніпро», показали, що радіопокриттям АІС забезпечено не менше ніж 98,3% усієї судноплавної акваторії р. Дніпро від устя до м. Вишгород.

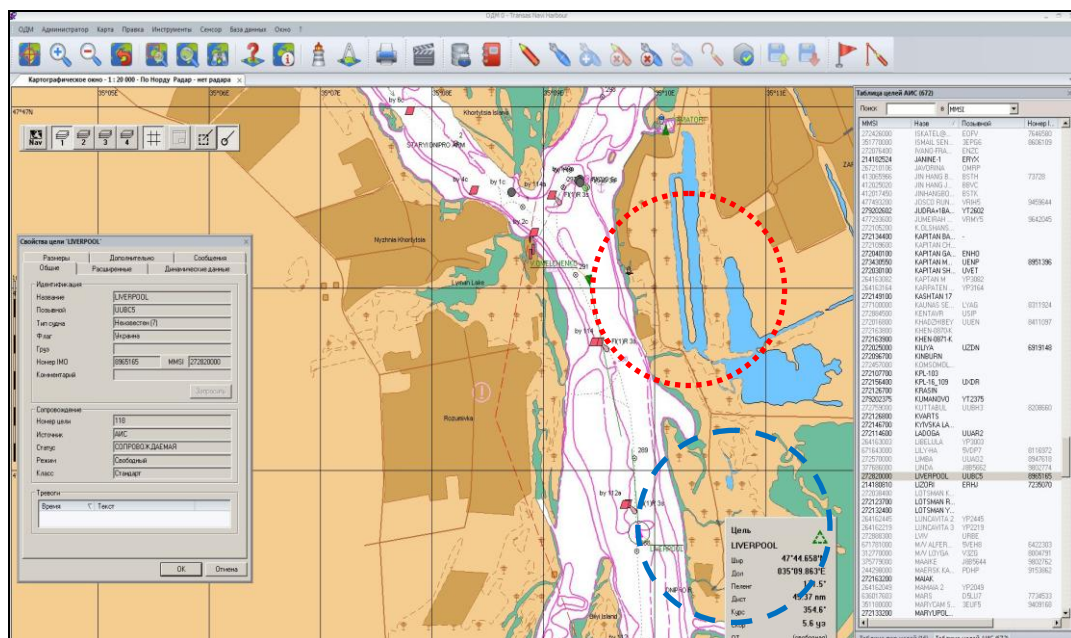


Рисунок 18 – Відображення контролю за рухом ВТЗ засобами ЕКНІС Річкової інформаційної служби

В роботі наведено структуру та функціональні можливості РІС щодо спостереження та аналізу інформації, отриманої від ВТЗ з метою дотримання норм безпеки судноплавства та для аналізу судно- чи вантажопотоків по ВВШ.

Результати запровадження та функціонального розвитку РІС дозволили: здійснювати постійне спостереження, розпізнавання та контроль за рухом ВТЗ, постійний за допомогою ЕКНІС; за рахунок комплексної обробки інформації в системах навігації та управління рухом зменшити час кругового рейсу ВТЗ на річці

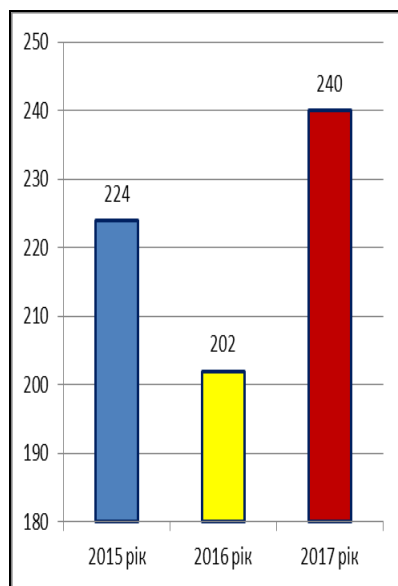


Рисунок 19 – Аналіз проходів іноземних суден у 2015-2017 р.р.

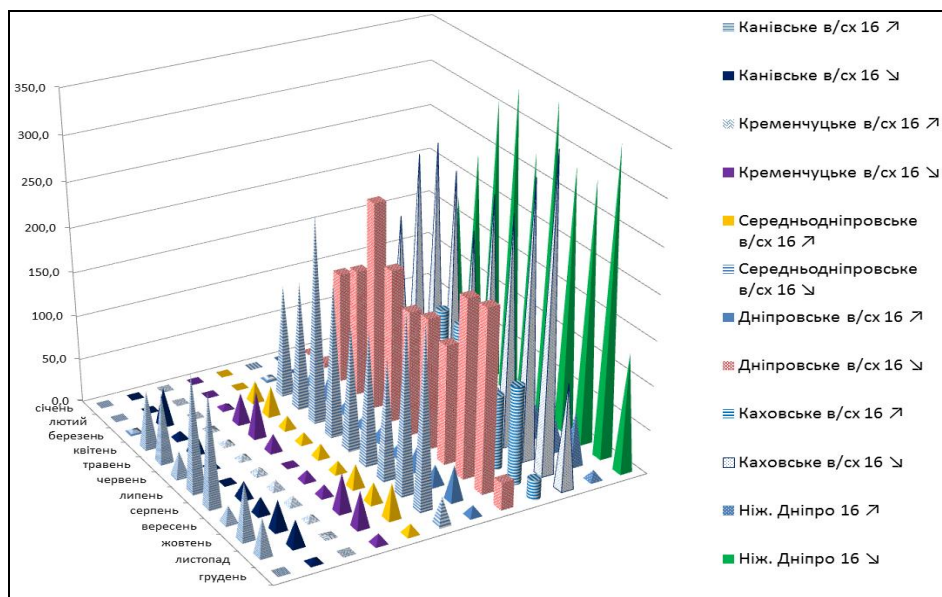


Рисунок 20 – Аналіз вантажоперевезень по дільницях ВВШ за 2016 рік за місяцями

Дніпро на 17,8 %; проводити аналіз щільності графіку руху ВТЗ на окремих ділянках за певний період; здійснювати аналіз суднопроходів, що стосується безпеки судноплавства, за різними критеріями; здійснювати аналіз вантажоперевезення по дільницях ВВШ, аналіз перевезених вантажів за типами та розгорнутий аналіз руху вантажів по окремим шлюзам вверх та вниз по течії; аналіз відвідання сайту РІС за прапорами, а також здійснювати інші види аналізу, зокрема постійний автоматичний аналіз поточного технічного стану системи. Приклади наведені на рис. 18, 19 та 20.

В результаті запровадження Річкової інформаційної служби будь-які користувачі можуть отримати необхідну інформацію на відкритому сайті служби в режимі on-line.

Шостий розділ

В шостому розділі визначені заходи з організації полієргатичних систем навігації та управління рухом ВТЗ з поетапним впровадженням та вдосконаленням інформаційно-комунікативних засобів підтримки оперативних рішень в реальному часі для забезпечення безпеки руху протягом рейсу.

Для застосування систем попередження про ризики плавання для підвищення якості специфіки фазових станів ЗПРП та ризику у пам'яті [24] ПАК запропоновано структурно-функціональна модель ієрархічної взаємодії підсистем діагностики та контролю стану засобів маневрених антикризових дій, яка дозволяє сформулювати програму безпеки життя ВТЗ за такими алгоритмічними кроками:

- К1. зазначити внутрішні та зовнішні джерела – об'єкти ризиків;
- К2. зафіксувати – скласти повну таблицю категорій видів ризиків;
- К3. класифікувати варіанти умов загрозового збігу обставин – угруповань одночасних але й ризиків процедур моніторингу, сприйняття та обробки даних;
- К4. оцінювати ймовірність та ранги кожного виду ризиків у певних умовах;
- К5. відобразити відомі попередні історії минулих подій боротьби з загрозами, завадами та кінцеві наслідки результатів, коли завчасно ризики були відомими;
- К6. синтезувати – побудувати конструктивні дієві програми ефективної протидії ризикам, які виявляються сучасними засобами моніторингу ЗНОС та спостереження ВТЗ у ЗПРП;
- К7. сформулювати стратегічні, тактичні та оперативні органи гарантованого адаптивного управління життєвими циклами СДС за принципом пріоритету безпеки життя та функціональної стійкості у екстремальних експлуатаційних ситуаціях.

При цьому кожний крок антикризового або безпечного управління обов'язково повинен враховувати динаміку змін ситуативної багаторівневої взаємодії: при наближенні ризиків; природних контактних взаємодій гетерогенних збігів обставин у локальному ПЧК; стану захисних дій та витрачення ресурсів й резервів на відповідні рівні оперативної безпеки у межах цілісної програми безпеки руху ВТЗ заданим маршрутом [24]. Захист від реально неминучих обставин погіршення умов руху ВТЗ на акваторії завжди повинно бути здійснено негайно, автоматично, без зайвих витрат часу на індивідуальне емоційне реагування людиною-оператором.

Проведення структурного моделювання СДС траєкторного управління та безпеки руху ВТЗ можна провести за стандартизованою методикою побудови структурної матриці, що далі використовують згідно ергатичного моделювання за допомогою ПАК кожного ІАС на АРМ конкретної ПЕВО має відповідні стандартні етапи [21].

Формування та швидке реагування у вигляді законів оперативного управління рухом ВТЗ за критеріями функціональної стійкості та безаварійності здійснюється інструментальними засобами інформаційних комп'ютерних технологій. Вони реалізують такі процесні перетворення моделей компонентів СДС, що дозволяють на базі своєчасної та точної діагностики технічного стану не лише контролювати та прогнозувати передбачене майбутнє стосовно функціонування всіх об'єктів ITS, а також гарантувати синтез раціональних законів оперативного управління рухом ВТЗ під час реалізації транспортної роботи у ЗПРП [32].

Запропонована принципіальна схема реалізації процесних перетворень Π_i вхідних даних у вихідні згідно послідовності згідно наступних завдань ITS:

ПП1. критичні елементи, блоки, моделі, агрегати, механізми, підсистеми оснащені первинними вимірювальними i приладами (чутливими елементами, сенсорами, датчиками, перетворювачами реальних змін у сигнали);

ПП2. кожний конкретний канал зв'язку вимірювальних приладів з ПАК забезпечує подолання різних відстаней просторової конфігурації та відображення векторів \overline{x}_i у пам'яті комп'ютера;

ПП3. первинне порівняння раніше отриманих знань (прогнозних, планових програмних) $\overline{x}_{ni}(t)$ з фактично вимірюваними $\overline{x}_{fi}(t)$, а також визначення поточного відхилення;

ПП4. визначення зміни ресурсів за цикл T часу, який характеризує дві складові експлуатаційного стану реального ВТЗ;

ПП5. комплексне прийняття рішення стосовно поточної ситуації $S \langle \overline{\varepsilon}_i(t), \Delta N_i(t), \Delta V_i(t) \rangle$ у наслідок сукупності одночасних паралельних процесів впливає на рівень безпеки життя та руху ВТЗ;

ПП6. ситуативно спрямована поглиблена діагностика означеної вище тенденції з класу підвищення (зростання) ризиків, загроз, завад дозволяє за результатами додаткових опосередкованих вимірювань обґрунтувати ланцюг причинно-наслідкових взаємопов'язаних дій;

ПП7. оперативність отримання результатів достовірної діагностики дозволяє ці дані про дефекти (відмови) перетворити у процедуру швидкого реагування засобами ГАУ для повернення у нормований режим руху ВТЗ та досягнення наближення термінального пункту, як кінцевого цільового результату подолання негарездів ЗПРП (визначені у ПП5 та ПП6);

ПП8. комплексний аналіз відповідно принципам системного підходу до відображення режимів функціонування СДС забезпечує необхідні процедури згортки та систематизації вхідних та вихідних залежностей;

ПП9. якість оперативного ГАУ рухом ВТЗ у ЗПРП ПЧК значною мірою визначається процедурами самонавчання та самоорганізації СДС.

Ефект гарантування безаварійності досягається лише за умов відображення у моделях об'єктів усіх впливів внутрішнього та зовнішнього середовищ, з яких на принципах рангування ризиків на кожному рівні ієрархії ITS формується порядок оперативного реагування з витратами необхідних та наявних ресурсів.

У зв'язку з тим, що в Одеській області функціонує спеціалізований морський торговельний порт Южний, в якому здійснюють вантажні операції судна-газовози, для України дуже актуальним є питання забезпечення безпеки перевезень та перевантажень скрапленого газу на цих суднах [14]. Для гарантування безпечного судноводіння на підходах к порту та при швартових операціях, а також при проведенні

вантажних операцій, необхідно вживати додаткових комплексних заходів безпеки у відношенні до звичайних типів ВТЗ. Для розв'язку практичних задач СНУР засобами ПАК суден-газовозів потрібне зняття невизначеності загроз. Це може бути здійснено за допомогою універсального семантичного кодування лінгвістичних повідомлень.

Формалізм семантичного сенсу типового речення полягає у номінації наступних часток: 1. Агент дії X_i . 2. Саме дійство A_j . 3. Інструмент механізм Y_k технологічної системи. 4. Конкретний результат W_l як ресурс, продукт, послуга, товар. 5. Спільна кінцева Z_m ціль, мета. 6. Конкретні умови процесу F_n труда, технології. 7. Конкретна фізична (хімічна, біологічна, соціальна тощо) динаміка та небезпека, пов'язана з перевезенням скрапленого газу D_t взаємодії всіх учасників єдиної СДС під впливом всіх внутрішніх та зовнішніх факторів середовища [14].

Символьний запис речень кожного поняття за стандартизованим форматом має вигляд $\langle X_i, A_j, Y_k, W_l, Z_m, F_n, D_t \rangle$. В конкретних реченнях слід використовувати цільові елементи відповідної множини понять

$$\begin{aligned} X_i &\in X, \forall i \in I; A_j \in A, \forall j \in J; \\ Y_k &\in Y, \forall k \in K; W_l \in W, \forall l \in L; \\ Z_m &\in Z, \forall m \in M; F_n \in F, \forall n \in N; \\ D_t &\in D, \forall t \in T. \end{aligned}$$

Стислий семантичний зміст $\langle \text{запитів} - \text{відповідей} \rangle$ даного типу визначають лише три компоненти у вигляді символічного запису $\langle X_i A_j Y_k \rangle \in \{SAO\}$, де S – множина суб'єктів; A – множина актів дії, взаємодії у явищах; O – множина об'єктів для замикання сутності відміченої взаємодії або зв'язку. Організація додаткових баз знань ПАК навігації і управління рухом, а також врахування потенційних небезпек, пов'язаних з перевезенням скрапленого газу дозволяє швидко, логічно і повно надавати відповіді на запитання, що виникають ситуативно під час змінних умов експлуатації газозовів. Інтелектуальне гарантування безпеки руху та експлуатації газозовів реалізується шляхом інтеграційних, покрокових процесів адаптації, самоорганізації та самовдосконалення засобів єдиної інформаційної технології з цілеспрямованою циркуляцією повідомлень в носіях семантичної організації інформаційно-образних динамічних моделей. Зазначена технологія може використовуватися не тільки для суден-газовозів, а й для інших ВТЗ, що здійснюють перевезення небезпечних вантажів.

З метою створення та запровадження системи спостереження та моніторингу надводної обстановки за даними АІС в Чорному та Азовському морях в територіальних водах України з урахуванням [1,8,11] на виконання Транспортної стратегії України на період до 2020 року, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 року № 2174-р, та в рамках виконання обов'язків прибережної держави у зоні своєї відповідальності, був проведений розрахунок дальності дії радіозв'язку в межах діапазону частот АІС, розрахунок необхідної потужності радіосигналу на виході передатчика АІС та визначення місць установлення антен з прийомо-передавачами АІС з метою повного покриття сигналами АІС територіальних вод України. Ці заходи дозволили створити зазначену систему моніторингу та забезпечити постійний доступ до неї підрозділам Міністерства інфраструктури та українським і іноземним морським рятувально-координаційним центрам для виконання функцій з морського пошуку та рятування.

Запроваджена система моніторингу дозволяє візуально оцінити фактичне знаходження кожного ВТЗ в зоні контролю в режимі on-line (рис. 21), фактичні маршрути ВТЗ в морі, розподіл інтенсивності руху ВТЗ, райони концентрації руху ВТЗ, а також окремі райони, інтенсивність руху в яких потребує вжиття додаткових заходів державного та міжнародного значення для забезпечення безпеки судноплавства в них.

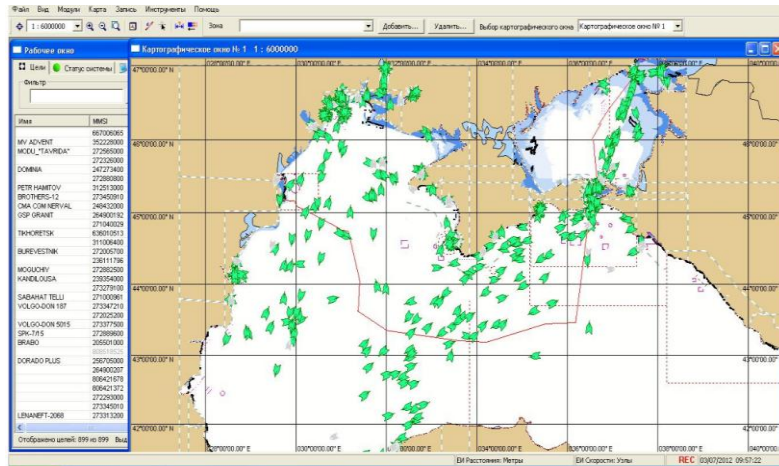


Рисунок 21 – Контроль за ВТЗ у Чорному морі за фактичними даними АІС

Ця система за допомогою засобів АІС забезпечує постійний доступ до інформації щодо моніторингу надводної обстановки відповідних підрозділів Державної прикордонної служби та Військово-морських сил Збройних сил України, а також інших уповноваженим службам за їх запитом. Результати запровадження цього моніторингу наведено на прикладах схем інтенсивності руху суден в північно-західній частині Чорного моря (рис. 22(а)) та на підходах до Керченської протоки з Чорного моря (рис. 22(б)) за результатами спостережень за сигналами АІС у 2011 р.

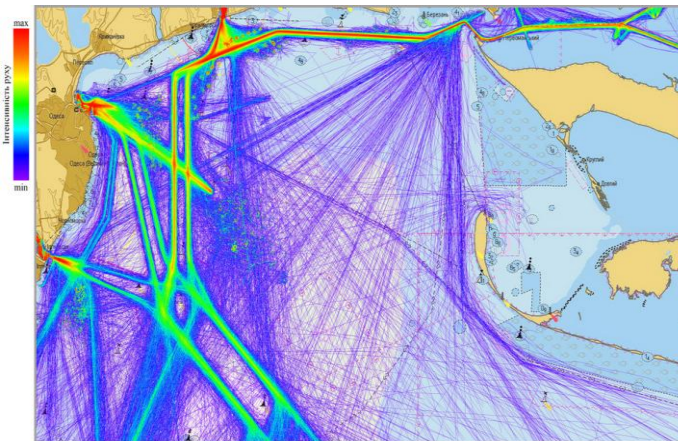


Рисунок 22 (а) – Інтенсивність руху ВТЗ в північно-західній частині Чорного моря

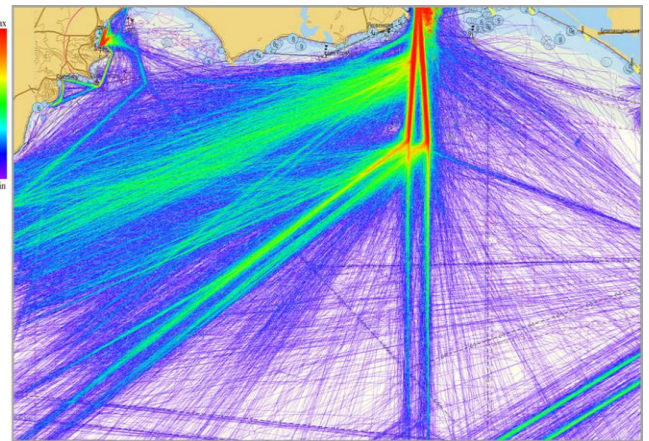


Рисунок 22 (б) – Інтенсивність руху ВТЗ на підході до Керченської протоки

Після вводу в експлуатацію системи моніторингу фактичну інформацію щодо поточного місцезнаходження та руху усіх ВТЗ, обладнаних АІС, в цій зоні можна отримати в режимі on-line (рис. 21).

За результатами моніторингу після графічної візуалізації інтенсивності руху з метою аналізу фактичного стану інтенсивності судноплавства та визначення потенційних ризиків аварійних подій проведений аналіз руху ВТЗ в окремих регіонах прибережній зоні за даними АІС за 2013 р., а саме: побудовані коліна - ділянки

прямолінійного руху ВТЗ між географічними маркерами; для цих колін проведено розрахунок кількості ВТЗ, що проходили протягом року по кожному напрямку вздовж відповідних колін; побудовані криві розподілення інтенсивності руху вздовж колін в районах: підходу до Керченської протоки з Чорного моря, в Азовському морі, на підходах до п. Южний, в якому завантажуються спеціалізовані ВТЗ, що перевозять особливо небезпечні вантажі - скраплений газ (судна-газовози) (рис. 23(а), 23(б)).

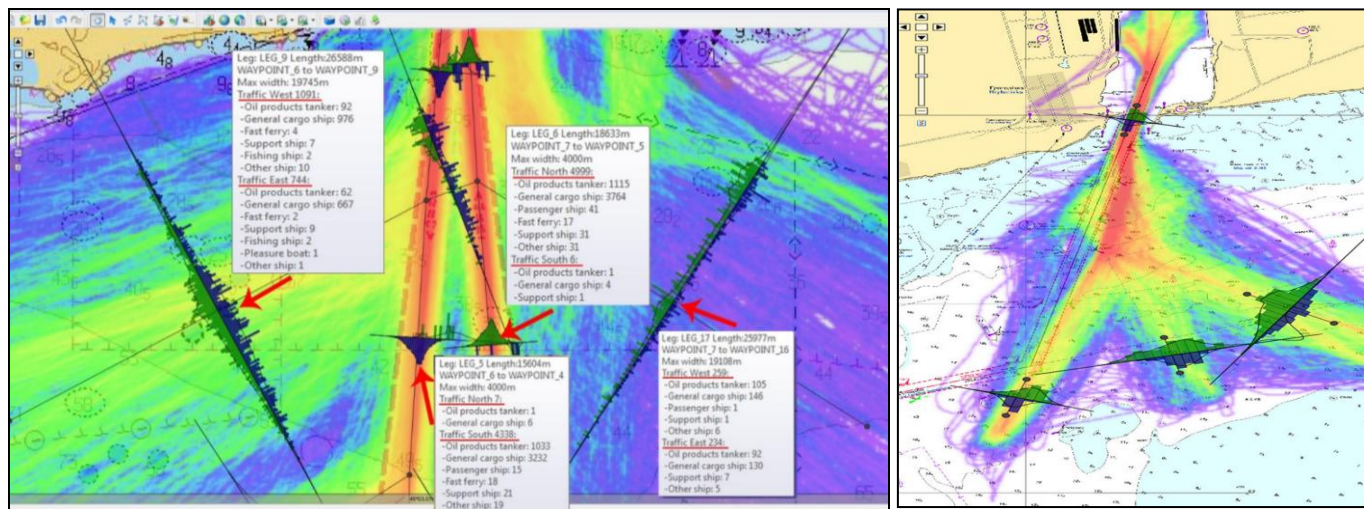


Рис. 23 (а) – Розподіл інтенсивності руху ВТЗ по колінам на підходах до Керченської протоки з Чорного моря

Рис. 23 (б) – Розподіл інтенсивності руху ВТЗ по колінам на вході в порт Южний

За результатами моніторингу та подальшого аналізу інтенсивності руху проведено прогнозні розрахунки ймовірності аварійних подій при існуючому характері та інтенсивності руху ВТЗ в трьох регіонах: підходу до Керченської протоки з Чорного моря, Азовському морі, на підходах до порту Южний.

Як приклад в роботі наводиться прогнозні упереджені розрахунки ймовірності аварійних подій в центральній частині Азовського моря на коліні Керч-Єнікальський канал – п. Маріуполь при фактичній інтенсивності руху (1508 ВТЗ за рік в обох напрямках) та при зростанні у 2, 5 та 10 разів інтенсивності руху на цих акваторіях.

ВИСНОВКИ

У результаті дисертаційних досліджень розв'язано важливу науково-технічну прикладну проблему розроблення методологічних основ поліергатичного забезпечення навігації та управління рухом ВТЗ в нестационарному середовищі, яка має ключове значення для завчасного дистанційного виявлення та розпізнавання небезпечних об'єктів на траєкторії руху за критеріями ефективного та безаварійного використання водного простору та виводу рухомих об'єктів в локально обмежений простір з визначеними просторово-часовими координатами.

Відсутність упереджених прогнозних рішень відповідно динаміки змін впливу зовнішнього нестационарного середовища в нашій країні та за кордоном робить результати досліджень пріоритетними для морського та річкового транспорту.

У дисертації отримані такі основні теоретичні та практичні результати.

1. На підставі аналізу сучасного стану безпеки судноплавства, досліджень закономірностей процесів навігації і управління рухом ВТЗ та виявлення протиріч і шляхів їх покращення автором сформульована постановка задачі щодо завчасного ситуативно обумовленого перерозподілу між людиною та адаптивними інформаційно-аналітичними комплексами функцій та ресурсів, спрямованих на підвищення безпеки транспортних перевезень в нестационарному середовищі, та запропоновані науково-методологічні основи та концепцію ієрархічної цільової взаємодії поліергатичних систем навігації та управління рухом ВТЗ і їх потоків.

2. Розроблено метод гарантування безпечного плавання в умовах неоднорідності фізичних полів у зоні руху ВТЗ з обґрунтуванням прогнозних змін в складній динамічній системі в водному просторі, що дозволяє підвищити швидкість символічно-аналітичних процедур та скоротити час на оперативне прийняття рішень в маневрених операціях ВТЗ шляхом декомпозиції поточних задач складної динамічної системи не менше ніж на 9 типових підзадач, а також враховувати до 7 найбільш загрозливих факторів динамічного впливу неоднорідного ситуативного нестационарного середовища, що безпосередньо впливають на корпус ВТЗ в ЗПП, з використанням багатоконтурних підсистем автоматичного керування силовими виконавчими органами ВТЗ. При цьому для раціонального безаварійного виходу ВТЗ трансверсальною траєкторією в зону планового маршруту забезпечується своєчасне виконання всіх регламентних дій в процесі реалізації раціонального безаварійного маневру з урахуванням факторів впливу нестационарного середовища.

3. Проведено синтез моделей поліергатичних систем з властивостями гарантованого адаптивного управління з контролем індивідуального стану судноводія, який завдяки дослідженням закономірності діяльності судноводіїв в системах навігаційного обслуговування і управління рухом, використанню моделювання методів керування ВТЗ та запропонованої покрокової процедурі виконання програми навчання судноводіїв забезпечує в ієрархічних системах навігаційного обслуговування конкретного ВТЗ на водних акваторіях в змінних транспортних потоках ефективний рівень гарантованого адаптивного управління та скорочення часу на виконання конкретних задач судноводіння в середньому на 6,2 %.

4. Обґрунтовано метод забезпечення неперервного безаварійного управління з використанням ієрархічних поліергатичних систем у випадках проявів загроз в локально обмеженому просторі судноводіння з використанням новітніх міжнародних технологій, комплексної обробки інформації, який дозволяє швидше (у 2,7 разів) здійснювати завчасний адекватний загрозам ситуативно обумовлений раціональний розподіл функцій в системах навігації та управління ВТЗ для оперативного підвищення рівня безпеки судноплавства.

5. Формалізовано умови функціональної стійкості поліергатичних систем з дослідженням моделей підвищення ефективності процесів навігації та управління рухом ВТЗ на річкових внутрішніх водних шляхах з метою утримання рівня безпеки руху, що дозволило забезпечити: стає радіопокриття сигналами АІС не менше ніж 98,3% усієї судноплавної акваторії р. Дніпро; здійснення постійного спостереження, розпізнавання об'єктів та аналізу руху ВТЗ на внутрішніх водних шляхах; більш високе значення ймовірності безпечного руху ВТЗ (до 97%) на річкових внутрішніх водних шляхах, а також за рахунок комплексної циркуляції інформації в запровадженій річкової інформаційній службі зменшення на 17,8 % часу кругового рейсу конкретного ВТЗ на р. Дніпро.

6. Визначено організацію поліергатичних СНУР ВТЗ з поетапним впровадженням та вдосконаленням інформаційно-комунікативних засобів підтримки оперативних рішень в реальному часі для забезпечення безпеки руху протягом рейсу, які дозволяють із запізненням не більше ніж 0, 5 сек. здійснювати спостереження та аналіз руху ВТЗ на встановлених акваторіях плавання в територіальних водах України та проводити упереджені прогностні розрахунки вірогідності аварійних подій при фактично спостереженої інтенсивності руху (1508 суден за рік в обох напрямках на визначеному конкретному фарватері) та при зростанні в 2, 5 та 10 разів інтенсивності руху ВТЗ на цих акваторіях.

7. Мета досліджень та практичне впровадження поліергатичних систем навігації та управління для забезпечення безпеки руху ВТЗ на протязі всього рейсу досягнута і всі поставлені часткові завдання вирішені повністю.

Практичне значення отриманих результатів полягає у поетапному запровадженні та розвитку сучасних СНУР з метою підтримання рівня безпеки судноплавства і поліергатичного забезпечення навігаційного обслуговування СНУР ВТЗ в ЗППП та формуванні директивних нормативних документів, що регламентують поетапний розвиток цих СНУР відповідно до результатів даної дисертації.

Таким чином, дисертація є завершеною науковою роботою, в якій на базі досліджень та розрахунків розроблено нові компоненти, які охоплюють усі задіяні сторони СДС та дозволяють комплексно запровадити методологічні основи поліергатичного забезпечення навігації та управління рухом ВТЗ в умовах невизначеностей та нестационарного середовища.

Результати дисертаційної роботи рекомендуються до використання під час комплексного застосування засобів систем автоматизації судноводіння на ВТЗ та на берегових СНУР ВТЗ в зоні відповідальності України, а також при розробці та запровадженні інтегрованої системи інформаційного обміну в територіальних водах України на принципах стратегії «e-Navigation».

Результати проведених в роботі досліджень, що отримані для морського та річкового транспорту, рекомендовано застосовувати в інших сферах транспорту, в яких існуючі системи навігації та управління рухом поки ще не гарантують необхідний рівень безпеки.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в закордонних наукових журналах:

1. Тихонов И.В. Интегрированные навигационные технологии для управления объектами водного транспорта на внутренних водных путях / С.В. Козелков, Г.Л. Баранов, И.В. Тихонов, С.М. Кучерук // Научно-технический журнал по проблемам навигации Научно-технического центра «Интернавигация» Межгосударственного совета «Радионавигация». – М., 2010. – Вип.2. – С. 25-29.

2. Тихонов И.В. Применение методики проведения диагностики и контроля индивидуального состояния судоводителя для гарантирования безопасности судовождения / И.В. Тихонов // УДК 681.3:62.50:004:942. (04.04.2015 р.) Видання Азербайджанської державної морської академії – Баку: Азербайджанская ГМА, 2015. – Вип. № 1. – С. 124-130.

3. Тихонов И.В. Судовождение без столкновений и катастроф при эксплуатации на акваториях с рисками / И.В. Тихонов, Г.Л., Баранов,

А.Н. Прохоренко // Видання Азербайджанської державної морської академії – Баку: Азербайджанская ГМА. – 2016. – Вип. № 2. – С. 61-68.

4. Tykhonov I.V. Cyber-security problems in maritime shipping and in ships' ergatic navigational systems / I.V Tykhonov // Issue of Azerbaijan State Maritime Academy, 2018. Issue XIII. – P. 128-136.

Статті у виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз даних SCOPUS:

5. Tykhonov I.V. Analysis and algebraic-symbolic determination of conditions for safe motion of a vessel in a non-stationary environment / I. Tykhonov, G. Baranov, V. Doronin, A. Nosovskyi // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Issue 1/3 (91). – P. 40–49.

6. Tykhonov I. The application of intellectual processing of data flows in river navigation conditions / V. Panin, V. Doronin, I. Tykhonov, M. Alieinikov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Issue 3/5 (93). – P. 6-18.

Статті у наукових фахових виданнях, рекомендованих МОН України:

7. Тихонов І.В. Пути повышения эффективности функционирования украинских космических систем наблюдения Земли / В.И. Богомья, В.С. Давыдов, А.Н. Загорулько, С.В. Козелков, В.В. Панин, И.В. Тихонов // «Водний транспорт». Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту. – К: КДАВТ, 2010. – Вип. 11. – 135 с. – С. 5-11.

8. Тихонов І.В. Оцінювання ефективності етапів операційного плану під час руху суден в районах з обмеженими габаритами / І.В. Тихонов // Наукове періодичне видання Центрального науково-дослідного інституту навігації і управління. – К: ЦНДІНіУ, 2011. – Вип. 3(19). – С. 19-21.

9. Тихонов І.В. Развитие системы комплексной электронной навигации “e-Navigation” на мировом флоте в целях обеспечения безопасности судоходства / І.В. Тихонов // «Водний транспорт». Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту. – К: КДАВТ, 2012. – Вип. 1(13). – С. 121-129.

10. Тихонов І.В. Подготовка судоводителей для работы на аппаратуре ЭКНИС в современных условиях// «Водний транспорт». / І.В. Тихонов // Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту. – К: КДАВТ, 2012. – Вип. 2(14). – 161 с. – С. 61-65.

11. Тихонов І.В. Функціональна стійкість навігаційного обслуговування безпеки судноплавства на внутрішніх водних шляхах : монографія / Г.Л. Баранов, А.М. Носовський, І.В. Тихонов. – К: КДАВТ, 2012. – 212 с.

12. Тихонов І.В. Гармонізація поліергатичних систем навігації та управління рухом високошвидкісних транспортних засобів методами теорії ігор / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, В.Л. Міронова // Наукове видання Центрального науково-дослідного інституту навігації і управління. – К: ЦНДІНіУ, 2012. – Вип. 3(23). – С. 2-6.

13. Тихонов І.В. Аксиоматика алгоритмічних перетворень в інтелектуальних системах навігації та управління рухом суден / Г.Л. Баранов, В.Л. Міронова, І.В. Тихонов // Автоматизация судовых технических средств: научно-технический сборник, 2012. – Вып. 18. – Одесса: ОНМА. – С. 3-12.

14. Тихонов І.В. Інтелектуалізація поліергатичних систем навігації та управління рухом морськими танкерами-газовозами / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, Г.О. Джиджула, В.Л. Міронова // «Системи озброєння і військова техніка» Щоквартальний науковий журнал Харківського університету Повітряних Сил імені

Івана Кожедуба Міністерства оборони України. – Харків: ХУПС, 2013. – Вип. 2(34). – 188 с. – С. 59-63.

15. Тихонов І.В. Принципи гарантування рівнів безпеки руху ВТЗ в сучасних умовах / Г.Л. Баранов, Г.Г. Соколовський, І.В. Тихонов // «Водний транспорт». Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту. – К: КДАВТ, 2013. – Вип. 1(16). – 214 с. – С. 7-13.

16. Тихонов І.В. Формалізація факторів забезпечення цільової функціональної стійкості процесів навігації та управління рухом транспортних засобів у критичних ситуаціях / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, Г.Г. Соколовський // «Водний транспорт». Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту. – К: КДАВТ, 2013. – Вип. 2 (17). – 252 с. – С. 229-237.

17. Тихонов І.В. Поліергатичне гарантування якості систем навігації та управління рухом високошвидкісних транспортних засобів / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, О.М. Прохоренко // «Водний транспорт». Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту. – К: КДАВТ, 2013. – Вип. 3(18). – С. 26-34.

18. Тихонов І.В. Рациональний розподіл функцій в ергатичних системах навігації та управління рухом високошвидкісних транспортних засобів з метою гарантування підвищеного рівня безпеки у кризових ситуаціях / Г.Л. Баранов, В.Л. Міронова, Г.Г. Соколовський, І.В. Тихонов // «Наука і техніка Повітряних Сил Збройних сил України». Науково-технічний журнал Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба Міністерства оборони України. – Харків: ХУПС, 2013. – Вип. 1(10). – 217 с. – С. 189-193.

19. Тихонов І.В. Формалізація засобів технічної діагностики та контролю процесів забезпечення функціональної стійкості систем навігації та управління рухом об'єктів транспорту / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, Г.Г. Соколовський // «Проблеми транспорту». Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2013. – Вип. 4(37). – 252 с. – С. 82-86.

20. Тихонов И.В. Системы динамического позиционирования судов как эргатический инструмент повышения безопасности мореплавания / Д.Н. Гудков, И.В. Тихонов // Системы обработки информации: збірник наукових праць. – Х.: ХУПС ім. Івана Кожедуба, 2013. – Вип 8 (115). – 324 с. – С.32-36.

21. Тихонов І.В. Структурний аналіз складних динамічних систем траєкторного управління та безпеки руху об'єктів водного транспорту / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, Г.Г. Соколовський // «Водний транспорт». Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту. – К: КДАВТ, 2014. – Вип. 1(19). – 244 с. – С. 71-79.

22. Тихонов І.В. Структурне моделювання та символічні перетворення для управління рухом транспортних засобів: монографія [авт.кол.: Г.Л. Баранов, В.В. Панін, І.В. Тихонов, А.М. Носовський та ін.]; М-во освіти і науки України. – К: ДП «Інформ.-аналіт.агенство», 2014. – 310 с.

23. Тихонов І.В. Комплексна адаптація швидкості руху високоманеврених транспортних засобів у нестационарному середовищі / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, В.Р. Косенко, О.М. Прохоренко // Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті. – К.: НТУ, 2014. – Вип. 1 – С. 158-165.

24. Тихонов І.В. Алгебраїзація предикативних понять для моделювання динаміки руху об'єктів водного транспорту / Г. Л. Баранов, І. В. Тихонов, О. М. Прохоренко // Науково-виробничий збірник «Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку», 2015. – К: УНДІЗ. – вип. 6 (40). – С. 78-88.

25. Тихонов І.В. Комплексна інтеграція інформаційних процесів інтелектуальних транспортних систем для якісного гарантування безпечного руху у нестационарному середовищі / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, Р.А. Габрук, В.Р. Косенко, О.М. Прохоренко // Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті. Науково-технічний журнал Національного транспортного університету. – К. НТУ, 2015 – Вип. 3. – 172 с. – С. 85-92.

26. Тихонов І.В. Стратегія адаптації систем попередження про ризики зіткнення для підвищення якості обслуговування та безпеки руху водних транспортних засобів / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, О.М. Прохоренко // «Водний транспорт». Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту. – К: КДАВТ, 2016. – Вип. 1(24). – 217 с. – С. 41-50.

27. Тихонов І.В. Алгоритм автоматичного регулювання для коригування режиму обкатки двигуна судна / Д.М. Гудков, І.В. Тихонов // Системи обробки інформації: збірник наукових праць. – Х.: Харківський університет Повітряних сил імені Івана Кожедуба, 2016. – Вип 1 (138). – С.15-17.

28. Тихонов І.В. Ергатичні інноваційні технології управління рухом суден / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов // «Судноводіння». Збірник наукових праць Національного університету «Одеська морська академія». НУ «ОМА». – Вип. 26. – Одеса: ВидавІнформ», 2016. – 244 с. – С. 10-19.

29. Тихонов І.В. Постановка завдання щодо руху об'єктів в неоднорідному середовищі і шляхи його вирішення при експлуатації засобів водного транспорту / Д.М. Гудков, І.В. Тихонов // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил. – Х.: Харківський університет Повітряних сил імені Івана Кожедуба, 2016. – Вип 1 (46). – 168 с. – С.112-116.

30. Тихонов І.В. Процесні перетворення моделей для діагностики й контролю функціонування об'єктів інтелектуальних транспортних систем / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, Г.Г. Соболевський, О.М. Прохоренко // Стандартизація, сертифікація, якість. – К.: Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості», 2016. – № 6(103). – С. 51-57.

31. Тихонов І.В. Визначення нехтовної малості складових похибки вимірювань навігаційних параметрів / І.В. Тихонов // Стандартизація, сертифікація, якість. – К.: ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості», 2016. – № 5(102). – С. 44-53.

32. Tykhonov I.V. Method of the statistical diagnostic of reliability of ships' equipment / I.V.Tykhonov // Proceeding of the National Aviation University. – Kyiv: NAU. 2018, – No. 1 – С. 68-74.

33. ПАТЕНТ на корисну модель № 124298 Україна. МПК (2018.01); G06F 7/00, G06F 17/00, B63H 25/00. Спосіб забезпечення безаварійного руху водного транспортного засобу в зоні підвищеного ризику в режимі реального часу / І.В. Тихонов, Г.Л. Баранов, В.В. Доронін, А.М. Носовський (м. Київ). – № u 2018 00506; заявл. 18.01.2018.; опубл. 26.03.2018 Бюл. № 6.

Апробація результатів дисертації на наукових конференціях:

34. Тихонов И.В. Рекомендации по изготовлению аппаратуры ЭКНИС и подготовке судоводителей для работы на ней в современных условиях / И.В. Тихонов // Київська державна академія водного транспорту / Збірник тез 16-тої Науково-методичної конференції викладачів, аспірантів та студентів КДАВТ. – К: КДАВТ 26-30 березня 2012 р. – 2012.– 80 с. – С. 22.

35. Тихонов І.В. Аналіз та моделювання методами теорії ігор складних динамічних систем навігації і управління рухом суден / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, В.Л. Міронова // «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту». Збірник наукових праць міжнародної науково-практичної конференції 27-31 травня 2012 року в Євпаторії. – Херсон: ХНТУ, 2012. – 562 с. – С. 461-463.

36. Тихонов И.В. Стандартизация подготовки судоводителей по использованию аппаратуры ЭКНИС на тренажерах и бортовом оборудовании морских судов / И.В. Тихонов // «Практичні проблеми розвитку радіозв'язку та радіонавігації в ГМЗЛБ, в системах АІС, СУРС і РІС/ Збірник тез XIII Науково-технічної конференції 11-12 жовтня 2012 року в м. Севастополі. – О: ОНМА, 2012. – 29 с. – С. 14-16.

37. Тихонов І.В. Безпека об'єктів водного транспорту при застосуванні інтегрованих систем навігації і управління рухом суден / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, В.Л. Міронова // «Автоматика-2012». Доповіді XIX Міжнародної конференції з автоматичного управління 26-28 вересня 2012 року. – К:НУХТ. – 2012. – С. 309-310.

38. Тихонов І.В. Інтелектуальні комплекси прийняття рішень у поліергатичних системах навігації та управління рухом високошвидкісних транспортних засобів / І.В. Тихонов, Г.Л. Баранов, О.М. Прохоренко // Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем: XI Міжнародна науково-практична конференція Дніпропетровського національного університету ім. Олеся Гончара 20-22 листопада 2013. – Дніпропетровськ: ДНУ. – С. 284.

39. Тихонов І.В. Використання методів теорії ігор для гармонізації поліергатичних систем навігації та управління рухом суден / І.В. Тихонов // Збірник тез 17-ої науково-методичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Київської державної академії водного транспорту 25-27.03.2013 р. Частина II. – К: КДАВТ. – 2013. – С.105.

40. Тихонов І.В. Комплексне моделювання та прийняття оперативних рішень у процесах навігації та управління рухом високошвидкісних транспортних засобів / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, В.Л. Міронова // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління: Матеріали третьої міжнародної науково-практичної конференції 11-12 квітня 2013 року. – Полтава: ПНТУ; Білгород НДУ «БілДУ»; Харків: ДП ХНДІ ТМ; Київ: НТУ; Кіровоград: КЛА НАУ, 2013. – 88 с. – С. 76-77.

41. Тихонов І.В. Функціональна стійкість поліергатичних процесів систем навігації та управління рухом високошвидкісних транспортних засобів / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов // Науково-практична конференція Державного науково-дослідного інституту авіації НАУ «Актуальні проблеми розвитку авіаційної техніки» 27.06.2013 р. Тези доповідей і виступів. – К: ДНДІА НАУ. – 2013. – С.19.

42. Тихонов І.В. Моделювання процесів управління траєкторним рухом на акваторіях судноводіння в умовах невизначеності / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, В.Л. Міронова // Міжнародна наукова конференція Херсонського національного технічного університету в м. Залізний Порт 28-31 травня 2014 «Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту - ISDMCI'2014». – Херсон: ХНТУ, 2014. – 382 с. – С.32-34.

43. Тихонов І.В. Самоорганізація за критеріями адаптації інтелектуальних технологій забезпечення безаварійного руху транспортних засобів / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, В.Л. Міронова // Проблеми інформатизації: Матеріали третьої міжнародної науково-технічної конференції 11-13 грудня 2014 року. – Київ: ДУТ, НТУ; Полтава: ПНТУ; Катовице: КЕУ; Париж: Університет Париж VII Венсант-Сен-Дені; Орел: ОДУННВК. – Харків: ХНДІТМ, 2014. – 84 с. – С. 18.

44. Тихонов І.В. Удосконалення системних функцій поліергатичних систем навігації та управління рухом об'єктів транспорту / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов // Збірник тез доповідей LXX наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів Національного транспортного університету. – К: НТУ, 2014. – С. 369-370.

45. Тихонов І.В. Забезпечення безаварійного руху транспортних засобів шляхом системної інтеграції автоматизованих інформаційних технологій / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, В.Л. Міронова // Збірник тез доповідей LXXI наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів Національного транспортного університету. – К: НТУ, 2015. – С. 408-409.

46. Тихонов І.В. Ергатичні інноваційні технології безпечного управління рухом суден на водних шляхах нестационарних акваторій / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, В.В. Доронін // Збірник тез доповідей LXXII наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів НТУ. – К: НТУ, 2016. – 547 с. – С. 370.

47. Тихонов І.В. Особливості перспективної системи технічного діагностування суднового обладнання / В.І. Богомья, Д.М. Гудков, І.В. Тихонов // Наукова-практична конференція «Стандартизація, сертифікація, метрологія та менеджмент»: тези доповідей, 21-25.09. 2015 р. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2015.– С.11.

48. Тихонов І.В. Методика застосування програмних засобів діагностування індивідуального стану операторів високошвидкісних транспортних засобів / І.В. Тихонов // Тези доповідей науково-технічної конференції «Проблеми розвитку глобальної системи зв'язку, навігації, спостереження та організації повітряного руху CNS/ATM 21-23 листопада 2016 р. – К: НАУ, 2016. – С. 50.

49. Тихонов І.В. Реалізація практичної готовності судноводіїв використовувати бортову апаратуру ЕКНІС / І.В. Тихонов // Київська державна академія водного транспорту / Збірник тез 21-тої Науково-методичної конференції викладачів, аспірантів та студентів КДАВТ. – К: КДАВТ 27-29 березня 2017 р. – 2017.– 196 с. – С. 102-103.

50. Тихонов І.В. Технології розробки програмного забезпечення засобів навігації і управління рухом мобільних транспортних засобів на основі символічних перетворень / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, С.М. Васько // Збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції «Глобальні та регіональні проблеми

інформатизації в суспільстві і природокористуванні «2015»» 25-26 червня 2015 року, НУБіП України, Київ. – К.: Glyph Media, 2015. – 170 с. – С.119-121.

51. Тихонов І.В. Проблеми кібер-безпеки в морському судноплаванні / І.В. Тихонов // Збірник тез ХХІІ науково-методичної конференції ДУІТ в м. Київ 25 березня 2018 р. – К: ДУІТ. – 2018. – С. 10.

АНОТАЦІЯ

Тихонов І.В. Методологічні основи поліергатичного забезпечення навігації та управління рухом водних транспортних засобів (цільова технологія безпеки)

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.13 – навігація та управління рухом. Київ, 2018 р.

Дисертаційна робота спрямована на рішення актуальної наукової проблеми побудови методологічних основ поліергатичного забезпечення навігації та управління рухом водних транспортних засобів (ВТЗ) шляхом завчасного ситуаційно-обумовленого перерозподілу функцій та ресурсів між людиною та електронною машиною в складній динамічній системі з метою підвищення безпеки руху ВТЗ в зонах з підвищеним ризиком плавання.

Досліджено та визначено вирішальну роль в безпечному судноплаванні комплексної системи управління безпекою судноплавства, створення інтегрованих систем електронної навігації, запровадження новітніх морських технологій та зменшення впливу людського фактору.

Запропоновано комплексну інтеграцію інформаційних процесів інтелектуальних транспортних систем для якісного гарантування безпечного руху у нестационарному середовищі. Розроблено методику проведення діагностики та контролю індивідуального стану судноводія для гарантування безпеки судноплавства, яка дозволяє визначати причини похибок судноводія, що призводить до скоєння типових аварій. Запропоновані та обґрунтовані процесні перетворення моделей для діагностики й контролю функціонування об'єктів інтелектуальних транспортних систем.

Розроблено концепцію гармонізації ефективності функціонування поліергатичних СНУР ВТЗ методами теорії ігор.

Розроблено інформаційну технологію підвищення рівня інтелектуалізації на базі принципів універсального семантичного кодування лінгвістичних повідомлень, що циркулюють між інтелектуальними агентами єдиної СНУР ВТЗ на водних шляхах.

Проведено структурний аналіз складних динамічних систем траєкторного управління та безпеки руху ВТЗ. Запропонована технологія структурного моделювання складних динамічних систем, які визначають такі закони траєкторного оперативного управління, що гарантують безпеку руху ВТЗ у зонах з підвищеним ризиком плавання під час виконання реальних транспортних перевезень.

Практичне значення отриманих результатів полягає у формуванні поліергатичного забезпечення навігаційного обслуговування ВТЗ та систем навігації і управління, а також своєчасного підтримання безпечного рівня судноплавства в зонах з підвищеним ризиком плавання за рахунок запровадження комплексної інтеграції інформаційних процесів інтелектуальних транспортних систем.

Ключові слова: навігація, управління рухом, водний транспортний засіб, поліергатичне забезпечення, безпека судноплавства, судові навігаційні комплекси, функціональна стійкість, інтелектуальне обслуговування, неоднорідне середовище.

АННОТАЦИЯ

Тихонов И.В. Методологические основы полиергатического обеспечения навигации и управления движением водных транспортных средств (целевая технология безопасности)

Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на получение научной степени доктора технических наук по специальности 05.22.13 – навигация и управление движением. Киев, 2018 г.

Диссертационная работа направлена на решение актуальной научной проблемы построения методологических основ полиергатического обеспечения навигации и управления движением судов путем своевременного ситуационно-обусловленного перераспределения функций и ресурсов между человеком и электронной машиной в сложной динамической системе с целью повышения безопасности движения судов в зонах с повышенным риском плавания.

Исследовано и определено решающую роль в безопасном судоходстве комплексной системы управления безопасности судоходства, создания интегрированных систем электронной навигации, внедрение новых морских технологий та уменьшения влияния человеческого фактора в судоходстве.

Предложена комплексная интеграция информационных процессов интеллектуальных транспортных систем для качественного гарантирования безопасного движения в нестационарной среде. Разработана методика проведения диагностики и контроля индивидуального состояния судоводителя для гарантирования безопасности судоходства, которая позволяет определить причины ошибок судоводителя, что приводит к типовым авариям.

Предложены та обоснованы процессные преобразования для диагностики и контроля функционирования объектов интеллектуальных транспортных систем.

Предложено концепцию гармонизации эффективности функционирования полиергатических систем навигации и управления движением методом теории игр.

Разработано информационная технология повышения универсального семантического кодирования лингвистических извещений, которые циркулируют между интеллектуальными агентами единой системы навигации и управления движения судов. Проведен структурный анализ сложных динамических систем траекторного управления и безопасности движения судном. Предложена технология структурного моделирования сложных динамических систем, которые определяют такие законы траекторного оперативного управления, которые гарантируют безопасность движения судов в зонах с повышенным риском плавания при выполнении реальных транспортных перевозок.

Практическое значение полученных результатов состоит в доказательстве использования полиергатического обеспечения навигационного обслуживания судов и систем навигации и управления, а также своевременного поддержания безопасного уровня судоходства в зонах повышенного риска плавания за счет внедрения комплексной интеграции информационных процессов интеллектуальных транспортных систем.

Ключевые слова: навигация, управление движением, водное транспортное средство, полиергатическое обеспечение, безопасность судоходства, судовые навигационные комплексы, функциональная устойчивость, интеллектуальное обслуживание, неоднородная среда.

ABSTRACT

Methodological basis for polyergatic provision of navigation and traffic management of water transport vehicles (goal safety technology)

Qualification scientific work as a manuscript.

Dissertation for the Engineering Doctor Degree in the specialty of 05.22.13 - navigation and traffic control. Kyiv, 2018.

This dissertation is aimed at solving the actual scientific problem of constructing the methodological basis of polyergatic provision of navigation and vessel traffic management by the way of timely situationally determined redistribution of functions and resources between a human and an electronic machine in a complex dynamic systems with the aim of improving the vessel traffic safety in areas with an increased risk of navigation.

The decisive role in the safe navigation of an integrated navigation safety management system, the creation of integrated electronic navigation systems, the introduction of new marine technologies and the reduction of the human factor influence in shipping were explored and determined.

A complex integration of information processes of intellectual transport systems for the qualitative guarantee of safe traffic in a non-stationary environment is proposed. The methodic of diagnostics and control of the navigators' individual condition for guaranteeing the safety of navigation is developed. It is allows to determine the errors' of the human-operator causes, which leads to typical accidents. The process transformations for the diagnostics and control of the functioning of intellectual transport systems objects are proposed.

The conception of efficiency harmonization of the polyergatic navigation systems functioning and the vessel traffic management by the game theory method has been developed.

An information technology of enhancing of the universal semantic coding of linguistic notices that circulate between intellectual agents of a navigation system and the management of ship traffic was developed. A structural analysis of complex dynamic systems of trajectory management and ships' traffic safety is carried out. The technology of structural modeling of complex dynamical systems is proposed, which define such laws of trajectory control, which guarantee the vessel traffic safety in areas with an increased risk of navigation during real transport operations.

The practical significance of the results is to prove the possibility of polyergatic provision of navigation services for navigation and management systems, and the timely maintenance of a safe level of navigation in increased navigation risk areas by introducing a comprehensive integration of intellectual transport systems information processes.

Key words: navigation, traffic management, water transport vehicles, polyergatic provision, safety of navigation, ship navigation complexes, functional stability, intellectual service, heterogeneous environment.