

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**Тихонов Ілля Валентинович**

УДК 629.5.05:004.9

## **ДИСЕРТАЦІЯ**

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

Спеціальність 05.22.13 – навігація та управління рухом

Галузь знань – 27 Транспорт (технічні)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ Тихонов І.В.

Науковий консультант Баранов Георгій Леонідович, доктор технічних наук,  
професор

Київ – 2018

## АНОТАЦІЯ

Тихонов І. В. Методологічні основи полієргатичного 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.

Державний університет інфраструктури та технологій.

Національний авіаційний університет.

М. Київ, 2018 рік.

Розвиток промисловості та технологій в останні десятиріччя викликає необхідність суттєвого підвищення інтенсивності транспортних перевезень на морських та річкових водних шляхах. Збільшення кількості, розмірів, швидкості, типів та спеціалізації водних транспортних засобів (ВТЗ) підвищує ймовірність виникнення аварійних подій та пов'язаних з ними економічних та екологічних збитків.

Суттєве розширення перевезень на водних шляхах неможливо без гарантованого забезпечення безпеки руху кожного конкретного ВТЗ, що може бути здійснено лише за умов безперервної адаптації до небезпечних умов плавання. Полієргатична взаємодія в межах складної динамічної системи залежить від функціонування систем навігації та управління рухом, характеристик ВТЗ, інших рухомих об'єктів та виникаючих перешкод навколо ВТЗ, а також від зовнішніх природних факторів.

В реальних ситуаціях обмеження для руху ВТЗ запланованим маршрутом, напрямком та швидкістю виникають за рахунок дії багатьох природно-технічних факторів, які постійно змінюються та часто є непередбачуваними. Тому потрібні спеціальні знання з полієргатичного забезпечення безпеки судноплавства в умовах невизначеностей та ризиків навігаційного обслуговування для використання технічних можливостей засобів спостереження, зв'язку, управління та навігаційного обслуговування ВТЗ.

Дисертаційна робота спрямована на вирішення актуальної науково-технічної проблеми побудови методологічних основ поліергатичного забезпечення навігації та управління рухом ВТЗ шляхом завчасного ситуаційно-обумовленого перерозподілу функцій та ресурсів між людиною та електронною машиною в єдиній поліергатичній виробничій організації з метою підвищення безпеки руху ВТЗ в зонах з підвищеним ризиком плавання.

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

Проаналізовано сучасний стан безпеки судноплавства в світовому судноплаванні та на морському і річковому транспорті України та виявлено протиріччя й шляхи покращення процесів навігації та управління рухом ВТЗ.

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 дозволяє скоротити час на оперативне прийняття рішень в маневрених операціях для раціонального безаварійного виходу трансверсальною траєкторією в зону 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.

Існуючі протиріччя між зростаючими вимогами до ефективності систем навігації та управління рухом та реальними можливостями сучасної науки та технологій усуваються шляхом вирішення обчислювальної складності поточних задач шляхом їх декомпозиції на типові тривіальні підзадачі відповідно до запропонованої в роботі концепції.

На основі розробленої автором моделі безаварійного руху ВТЗ у локально обмеженій безпечній області навігації вперше сформульована постановка задачі формотворення трансверсальних траєкторій у цьому просторово-часовому континуумі,

коли будь-які конкретно ідентифіковані як небезпечні об'єкти з природно-незалежними явищами зміни просторово-часових координат небезпечної області навігації знаходяться на безпечних відстанях від корпусу конкретного ВТЗ, та гарантовано забезпечується відсутність контактної взаємодії.

Удосконалено побудову системи стабілізації управління рухом ВТЗ в неоднорідному середовищі, яка дозволяє враховувати динамічний вплив хвиль при різних режимах хвилювання в морських умовах з багатоконтурними підсистемами автоматичного керування силовими виконавчими органами ВТЗ.

Проведено синтез моделей поліергатичних систем з властивостями гарантованого адаптивного управління з контролем індивідуального стану судноводія, який завдяки запропонованій покроковій процедурі виконання програми підготовки судноводіїв та взаємодії суб'єктів системи навігації та управління рухом в СДС забезпечує ефективний рівень гарантованого адаптивного управління в ієрархічних системах навігаційного обслуговування конкретного ВТЗ за умов змінних транспортних потоків на водних акваторіях.

Запропоновані та обґрунтовані процесні перетворення моделей для діагностики й контролю функціонування об'єктів інтелектуальних транспортних систем.

Проведено розрахунок визначення нехтовної малості складових похибки вимірювань без зниження точності отриманого параметру, що дозволяє визначити, якими складовими похибки або невилученими систематичними похибками можна нехтувати.

Розроблені предикативні правила подання алгебраїчних поліномів в методах комплексної обробки інформації для підсистем спостереження, розпізнавання об'єктів навігації та управління рухом водних транспортних засобів.

Запропонована методика оцінювання ефективності усього рейсу або будь-якого його фрагменту дозволяє інтегрувати процедури адаптації, навчання та розподілу функцій між людиною та ВТЗ, що швидко рухається та маневрує.

Обґрунтовано метод забезпечення неперервного безаварійного поліергатичного управління у випадках проявів загроз в локальній зоні судноводіння з використанням новітніх міжнародних технологій, який дозволяє здійснювати раціональний розподіл

функцій в ієрархічних системах навігації та управління ВТЗ для оперативного підвищення рівня безпеки судноплавства, адекватного загрозам. Запропонована інтегрована схема інформаційного обміну в складній динамічній системі, побудованого на принципі стратегії “e-Navigation”.

Розроблено метод забезпечення заданого рівня безпеки в полієргатичних систем навігації та управління рухом ВТЗ на внутрішніх водних шляхах в умовах реального часу, при якому для інтелектуалізації рішень систем прийняття рішень використовується інструментальний метод навігації.

Формалізовано умови функціональної стійкості полієргатичних систем з метою утримання рівня безпеки руху ВТЗ на внутрішніх водних шляхах, що надає можливість забезпечити асимптотичне покращення взаємодії компонентів системи за рахунок нейромережних процедур самонавчання в перехідних маневрених режимах швидкого реагування автоматизованих засобів навігації та управління, а також здійснювати контроль та аналіз руху ВТЗ на внутрішніх водних шляхах, що дозволяє забезпечити більш високе значення ймовірності безпечного руху ВТЗ (до 97%) в зонах підвищеного ризику плавання та зменшити час кругового рейсу ВТЗ на р. Дніпро на 17,8 %.

Розроблено концепцію гармонізації ефективності функціонування полієргатичних систем навігації та управління рухом ВТЗ методами теорії ігор.

З метою запровадження додаткових заходів безпеки під час перевезення небезпечних вантажів запропоновано інформаційну технологію підвищення рівня інтелектуалізації на базі принципів універсального семантичного кодування лінгвістичних повідомлень, що циркулюють між інтелектуальними агентами єдиної системи навігації та управління рухом суден-газовозів.

Визначено організацію 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 ВТЗ протягом рейсу, які дозволяють адаптувати спостереження та аналіз руху ВТЗ на встановлених акваторіях плавання в територіальних водах України—та проводити

упереджені прогнози розрахунки вірогідності аварійних подій в умовах зростання суднопотоків на цих акваторіях.

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

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

Зазначені практичні результати, а також теоретичні рішення, одержані в дисертаційному дослідженні, результати моделювання та синтезу моделей і методів управління, що підтверджують ефективність розроблених методів для вирішення практичних задач методології поліергатичного забезпечення навігації та управління рухом ВТЗ, дозволяють здійснити принципове вирішення нового класу задач, спрямованих на підвищення безпеки судноплавства на ВШ України.

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.

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

## **СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:**

### **Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:**

1. [2] Тихонов И.В. Применение методики проведения диагностики и контроля индивидуального состояния судоводителя для гарантирования безопасности судовождения / И.В. Тихонов // Видання Азербайджанської державної морської академії – Баку: Азербайджанская ГМА, 2015. – Вип. № 1. – С. 124-130.

2. [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.

3. [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.

4. [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). DOI: 10.15587/1729-4061.2018.123948. – P. 40-49.

5. [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). DOI: 10.15587/1729-4061.2018.131599. – P. 6-18.

6. [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: ЦНДНіУ. – 2011. – Вип. 3(19). – С. 19-21.

7. [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.

8. [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.

9. [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: ЦНДНіУ, 2012. – Вип.3 (23). – С. 2-6.

10. [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.

11. [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.

12. [15] Тихонов І.В. Принципи гарантування рівнів безпеки руху ВТЗ в сучасних умовах / Г.Л. Баранов, Г.Г. Соболевський, І.В. Тихонов // «Водний



транспорт». Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту. – К: КДАВТ, 2013. – Вип. 1(16). – 214 с. – С. 7-13.

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. Соболевський // «Водний транспорт». Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту. – К: КДАВТ, 2013. – Вип. 2(17). – 252 с. – С. 229-237.

14. [17] Тихонов І.В. Полієргатичне 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.

15. [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. Соболевський, 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.

16. [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. Соболевський // «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

17. [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. Соболевський // «Водний транспорт». Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту. – К: КДАВТ, 2014. – Вип. 1(19). – 244 с. – С. 71-79.

18. [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.

19. [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.

20. [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.

21. [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.

22. [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.

23. [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.

24. [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.

25. [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.

26. [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.

#### **Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

27. [1] Тихонов И.В. Интегрированные навигационные технологии для управления объектами водного транспорта на внутренних водных путях / С.В. Козелков, Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, С.М. Кучерук // Научно-технический журнал по проблемам навигации НТЦ «Интернавигация» Межгосударственного совета «Радионавигация» – Москва. – 2010. – Вып.2. – С. 25-29.

28. [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. – Вып 1 (138). – 208 с. – С.15-17.

29. [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 / Тихонов Ілля Валентинович, Баранов Георгій Леонідович, Доронін Володимир Васильович, Носовський Андрій Миколайович (м. Київ). – № u 2018 00506; заявл. 18.01.2018.; опубл. 26.03.2018 Бюл. № 6.

#### **Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:**

30. [7] 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.

31. [11] 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.

32. [20] Тихонов И.В. Системы динамического позиционирования судов как эргатический инструмент повышения безопасности мореплавания / Д.Н. Гудков, И.В. Тихонов // Системы обробки інформації: збірник наукових праць. – Х.: Харківський університет Повітряних сил імені Івана Кожедуба, 2013. – Вип 8 (115). – 324 с. – С.32-36.

33. [22] 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.

#### **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. – 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, м. Дніпропетровськ. – 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 – 88с. – 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 // X 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. 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, 25 вересня 2015 року. – 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 27-29 березня 2017 р. – К: КДАВТ– 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 XXII науково-методичній конференції Державного університету інфраструктури та технологій 26-29 березня 2018 р. (Част. 2) – Київ: ДУІТ. – 2018. – С. 10-13.

Примітка: У квадратних дужках зазначено нумерація публікацій автора за авторефератом.

## ANNOTATION

Illya Tykhonov. Methodological basis for polyergatic provision of water transport vehicles navigation and traffic management (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.

The development of industry and technology in last years has led to the need for a significant increase in the intensity of transportation at sea and river waterways. Increasing the quantity, size, speed, types, specialization of ships increases the likelihood of accidents and their associated economic and environmental losses.

Significant increasing of transportation on waterways is impossible without the guaranteed safety of navigation of each specific ship, which can only be carried out under conditions of continuous adaptation to unsafe conditions of navigation. The polyelectric interaction within the complex dynamic system depends on the functioning of navigation and traffic control systems, the characteristics of the ship, other moving objects and the dangerous obstacles around the ship, as well as on external factors.

In real situations, the limitation of the planned route, direction and speed of the ship arises due to the effect of many external natural and technical factors that are constantly changing and often unpredictable. Therefore, special knowledge on polygraphic safety of navigation is required in the conditions of uncertainty and the risks of navigation services to use the technical capabilities of the means of monitoring, communication, management and navigation services of ships.

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 single polyergatic production organization 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.

The current state of safety of navigation in the world shipping and on the sea and river transport of Ukraine is analyzed and contradictions and ways of improvement of navigation processes and control of ships traffic are revealed.

The method of guaranteeing safe navigation in the conditions of heterogeneity of physical fields in the ships traffic zone with the justification of predictive changes in the complex dynamic system in the water aquatory is developed, which, in difference to existing methods, allows to increase the speed of symbolic-analytical procedures, which reduces the time for operative decision making in maneuvers operations for a rational safety-free exit through a transversal trajectory into a planned route zone with predefined spatial-temporal coordinates of the navigation mode and ensures timely execution of all regulatory actions in the process of realization a rational safety maneuver, taking into account the factors of influence of the non-stationary environment.

Existing contradictions between the increasing requirements for the effectiveness of navigation systems and traffic management and the real possibilities of to-date science and technology are eliminated by solving the computational complexity of current tasks by decomposing them into typical trivial subtasks in accordance with the concept proposed in the work.

On the basis of the developed by the author of the model of the accident-free vessels traffic in a locally restricted safe navigation area, the formulation of the problem of forming the transversal trajectories in this spatio-temporal continuum is firstly formulated, when any specifically identified as dangerous objects with natural-independent phenomenas change the spatial-temporal coordinates of a dangerous navigation areas are located at a safe distances from the specific ships hall, and is guaranteed to ensure the exclusion of collision contact.

It was improved the construction of the stabilization system for ships traffic management in a non-sable environment, which allows to take into account the dynamic effect of waves under different waving modes in marine conditions with multi-contour subsystems of automatic control of ships' power executive bodies.

The synthesis of models of polyergatic systems with the characteristics of guaranteed adaptive management with the control of navigators' individual condition control is carried out, which, thanks to the proposed step-by-step procedure for the implementation of the training program for ships' navigators and the interaction of subjects of the navigation and ships traffic control system, provides an effective level of guaranteed adaptive management in the hierarchical navigation services of a particular ship in conditions of variable transport flow in water areas.

The process transformations of models for the diagnostics and control of the functioning of intellectual transport systems objects are proposed.

A calculation is made for determining the negligible smallness of the measurement error without reducing the accuracy of the obtained parameter, which allows us to determine which components of the error or non-extracted systematic errors can be neglected.

The predictive rules for the representation of algebraic polynomials in the methods of complex information processing for subsystems of observation, recognition of objects of navigation and vessel traffic control have been developed.

The proposed methodology for assessing the performance of the entire voyage or its any fragment allows integrate of procedures for the adaptation, training and distribution of functions between a operator and a ship, whis is moving and maneuvering.

The method of providing continuous non-emergency polyergatic control in cases of threats in the local navigation zone using the up-to-date international technologies is substantiated, which allows to rational distribution of functions in the hierarchical systems of navigation and vessel traffic control for the operational increase of the level of navigation safety, adequate to the threats. The integrated scheme of information exchange in the complex dynamic system, built on the principle of "e-Navigation" strategy have been proposed.

The method of providing a given safety level in the polygraphic navigation and ships traffic control system on the inland water conditions at a real-time have been developed, in which the instrumental method of navigation is used for intellectualizing decisions of decision making systems.

The conditions of functional stability of polyergatic systems are formalized in order to maintain the safety level of the ships' traffic on inland waterways, which provides an opportunity to provide asymptotic improvement of the interaction of system components through neural networks of self-learning procedures in transitional maneuvering modes of rapid response of automated means of navigation and control, as well as control and analysis of the ships traffic on inland waterways, that ensure a more higher probability value ships' safe traffic (till 97%) in high navigation risk areas.

and to reduce the time of vessels' round-trip on the Dnipro river approximate on 17%.

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

The information technology of increasing of intellectualization level is developed on the basis of the principles of universal semantic coding of linguistic messages circulating between the intelligent agents of a common system of navigation and control of the movement of gas-carriers have been proposed for the introducing of additional safety measures during the transportation of dangerous goods on ships.

The organization of polyergatic navigation and ship' traffic control systems with the step-by-step introduction and improvement of information and communication means of support of operational decisions in real time for ensuring traffic safety during the voyage is appointed, which allow to adapt the monitoring and ship's' traffic analysis in established water areas in the territorial waters of Ukraine for conducting of prognosed predictive calculations of the probability of emergency events in conditions of ships' flows increasing in these water areas.

It is proved that the guarantee of a safe and financially efficient voyage is ensured by the complete exclusion of the final stages of accidents and disasters in the realization of navigation technology, which is invariant to the forms of the emergence of traditional known influences of external forces on the moving ship. The application of promising computer telecommunication technologies and methods of integrated information processing in decision support systems ensures the guaranteed location of moving vessels in a safe area with a

defined spatial-temporal field and the location of the ship at a safe distance from the limits of the dangerous navigation area.

The practical value of the results is to prove the effectiveness of polyergatic provision of navigation services for ships navigation and traffic management systems, as well as the timely guaranteed maintenance of a safe level of navigation in areas with increased risk of navigation through introducing a comprehensive integration of information processes of intellectual transport systems.

The indicated practical results, as well as the theoretical decisions obtained in the dissertation research, the results of modeling and synthesis of models and methods of management, confirming the effectiveness of the developed methods for solving practical problems of the methodology of polyergatic provision of navigation and ships traffic control, open the fundamental solution to a new class of tasks directed on increasing safety of navigation at the Ukrainian waterways.

The results of the dissertation research are recommended for use in the integrated application of the ships' and shore based Vessel Traffic Systems navigation automation systems means at the ship and on coastal in the territorial water of Ukraine, as well as during the development and implementation of an integrated information exchange system on the the "e-Navigation" strategy principles.

The results of the research for marine and inland water transport are recommended for use in other areas of transport in which existing navigation and traffic control systems do not guarantee the required level of safety yet.

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

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:

### Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. [2] Тихонов И.В. Применение методики проведения диагностики и контроля индивидуального состояния судоводителя для гарантирования безопасности судовождения / И.В. Тихонов // Видання Азербайджанської державної морської академії – Баку: Азербайджанская ГМА, 2015. – Вип. № 1. – С. 124-130.

2. [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.

3. [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.

4. [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). DOI: 10.15587/1729–4061.2018.123948. – P. 40-49.

5.[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). DOI: 10.15587/1729–4061.2018.131599. – P. 6-18.

6. [8] Тихонов И.В. Оцінювання ефективності етапів операційного плану під час руху суден в районах з обмеженими габаритами / И.В. Тихонов // Наукове періодичне видання Центрального науково-дослідного інституту навігації і управління. – К: ЦНДІНіУ. – 2011. – Вип. 3(19). – С. 19-21.

7. [9] Тихонов И.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.

8. [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.

9. [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.

10. [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.

11. [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.

12. [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.

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.

14. [17] Тихонов І.В. Полієргатичне 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.

15. [18] Тихонов І.В. Раціональний 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. Соболевський, 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.

16. [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. Соболевський // «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

17. [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. Соболевський // «Водний транспорт». Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту. – К: КДАВТ, 2014. – Вип. 1(19). – 244 с. - С. 71-79.

18. [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.

19. [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.

20. [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.

21. [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.

22. [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.

23. [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.

24. [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.

25. [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.

26. [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.

**Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

27. [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 НТЦ «Интернавигация» Межгосударственного совета «Радионавигация» – Москва. – 2010. – Вып.2. – С. 25-29.

28. [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). – 208 с. – С.15-17.

29. [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 / Тихонов Ілля Валентинович, Баранов Георгій Леонідович, Доронін Володимир Васильович, Носовський Андрій Миколайович (м. Київ). – № u 2018 00506; заявл. 18.01.2018.; опубл. 26.03.2018 Бюл. № 6.

**Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:**

30. [7] 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.

31. [11] 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.

32. [20] Тихонов И.В. Системы динамического позиционирования судов как эргатический инструмент повышения безопасности мореплавания / Д.Н. Гудков, И.В. Тихонов // Системы обработки інформації: збірник наукових праць. – Х.: Харківський університет Повітряних сил імені Івана Кожедуба, 2013. – Вип 8 (115). – 324 с. – С.32-36.

33. [22] 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.

#### **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. – 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, м. Дніпропетровськ. – 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 – 88с. – 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 // X 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. Особливості перспективної системи технічного діагностування суднового обладнання / В.І. Богом'я, Д.М. Гудков, І.В. Тихонов // Наукова-практична конференція «Стандартизація, сертифікація, метрологія та менеджмент»: тези доповідей, 25 вересня 2015 року. – 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 27-29 березня 2017 р. – К: КДАВТ– 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 XXII науково-методичній конференції Державного університету інфраструктури та технологій 26-29 березня 2018 р. (Част. 2) – Київ: ДУІТ. – 2018. – С. 10-13.

Примітка: У квадратних дужках зазначено нумерація публікацій автора за авторефератом.

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	2
СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:	7
ANNOTATION	16
СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:	21
ЗМІСТ	30
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	34
ВСТУП	38
Обґрунтування вибору теми дослідження	38
Мета і задачі дослідження	40
Методи дослідження	41
Достовірність наукового результату	41
Наукова новизна отриманих результатів	41
Публікації	43
Особистий внесок здобувача	44
Апробація матеріалів дисертації	48
Зв'язок роботи з галузевими програмами, планами, темами	49
Практичне значення отриманих результатів дослідження	50
Структура і обсяг дисертації	52
ОСНОВНА ЧАСТИНА	53
РОЗДІЛ 1	53
АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ БЕЗПЕКИ СУДНОПЛАВСТВА ТА ВИЯВЛЕННЯ ПРОТИРІЧЬ ШЛЯХІВ ПОКРАЩЕННЯ ПРОЦЕСІВ НАВІГАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ РУХОМ ВОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	53
1.1 Аналіз статистичних даних з аварійності та проблемних питань поліергатичних систем навігаційного обслуговування на світовому флоті і на морському та річковому транспорті України	53
1.2 Аналіз міжнародної та вітчизняної нормативної бази та сучасних світових тенденцій для удосконалення безпеки судноплавства	64
1.3 Гіпотеза трансверсальних траєкторій для забезпечення безпеки управління рухом водних транспортних засобів у нестационарних полях фізичного середовища	77
1.4 Визначення мети і задачі дослідження	81

	31
Висновки по першому розділу	83
<b>РОЗДІЛ 2</b>	<b>85</b>
<b>РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ГАРАНТУВАННЯ БЕЗПЕЧНОГО ПЛАВАННЯ В УМОВАХ НЕОДНОРІДНОСТІ ФІЗИЧНИХ ПОЛІВ У ЗОНІ РУХУ ВОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ</b>	<b>85</b>
2.1 Вибір та обґрунтування принципів існування безпечного руху ВТЗ під час наближення загрозливих факторів зовнішнього навколишнього оточуючого середовища	85
2.2 Методика побудови підсистем дистанційного виявлення, спостереження та розпізнавання гетерогенних загрозливих збурень та небезпек на акваторії судноводіння	102
2.3 Алгебраїчний формалізований контроль циркуляції інформаційних потоків у підсистемах навігаційного обслуговування й управління рухом водних транспортних засобів	123
2.4 Предикативні правила подання алгебраїчних поліномів в методах комплексної обробки інформації для підсистем спостереження, розпізнавання об'єктів навігації та управління рухом водних транспортних засобів	135
Висновки по другому розділу	149
<b>РОЗДІЛ 3</b>	<b>151</b>
<b>СИНТЕЗ МОДЕЛЕЙ ПОЛІЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМ З ВЛАСТИВОСТЯМИ ГАРАНТОВАНОГО АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ З КОНТРОЛЕМ ІНДИВІДУАЛЬНОГО СТАНУ СУДНОВОДІЯ</b>	<b>151</b>
3.1 Метод забезпечення якості діагностики та контролю індивідуального стану судноводія для гарантування безпеки судноплавства	151
3.2 Принципи гарантованого адаптивного управління в ієрархічних поліергатичних системах навігаційного обслуговування водних транспортних засобів	168
3.3 Метод аксіоматики алгоритмічних перетворень в інтелектуальних системах навігації та управління рухом водних транспортних засобів	175
Висновки по третьому розділу	183
<b>РОЗДІЛ 4</b>	<b>185</b>
<b>МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕПЕРЕРВНОГО БЕЗАВАРІЙНОГО ПОЛІЕРГАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ У ВИПАДКАХ ПРОЯВІВ ЗАГРОЗ В ЛОКАЛЬНІЙ ЗОНІ СУДНОВОДІННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ НОВІТНІХ МІЖНАРОДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ</b>	<b>185</b>
4.1 Забезпечення технології підтримання прийняття рішень з урахуванням моделей та методів “e-Navigation”	185
4.2 Принципи поліергатичного забезпечення інтегрованих показників ефективності систем навігації та управління рухом водних транспортних засобів	197

	32
4.3 Технологія раціонального розподілу функцій в ієрархічних системах навігації та управління для підвищення рівня безпеки судноплавства	214
4.4 Методологічні основи синтезу полієргатичних систем для забезпечення безпеки судноводіння в умовах ризику	221
4.5 Паралельна самоорганізація складних динамічних систем з покроковою координацією взаємодії їх складових в просторово-часовому континуумі	235
Висновки по четвертому розділу	245
РОЗДІЛ 5	247
ФОРМАЛІЗАЦІЯ УМОВ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ ПОЛІЄРГАТИЧНИХ СИСТЕМ З МЕТОЮ УТРИМАННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ВОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ВНУТРІШНІХ ВОДНИХ ШЛЯХАХ	247
5.1 Метод забезпечення заданого рівня безпеки в полієргатичних системах навігації та управління рухом водних транспортних засобів на внутрішніх водних шляхах в умовах реального часу	247
5.2 Типові уніфіковані моделі і правила оцінювання ефективності техніко-технологічних рішень з визначення навігаційних параметрів	271
5.3 Функціональний розвиток річкової інформаційної служби на внутрішніх водних шляхах України	276
Висновок по п'ятому розділу	305
РОЗДІЛ 6	306
ОРГАНІЗАЦІЯ ПОЛІЄРГАТИЧНИХ СИСТЕМ НАВІГАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ РУХОМ ВОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ПОЕТАПНИМ ВПРОВАДЖЕННЯМ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯМ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАТИВНИХ ЗАСОБІВ ПІДТРИМКИ ОПЕРАТИВНИХ РІШЕНЬ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПРОТЯГОМ РЕЙСУ	306
6.1 Структурно-функціональна модель ієрархічної взаємодії підсистем діагностики та контролю стану засобів маневрених антикризових дій для попередження про ризику плавання	306
6.2 Методика цілісної функціональної захищеності полієргатичних систем навігації та управління рухом водних транспортних засобів на кожному етапі її реорганізації	318
6.3 Технологія підвищення рівня інтелектуалізації на базі принципів універсального семантичного кодування лінгвістичних повідомлень для суден-газовозів	325
6.4 Метод упереджених прогнозних розрахунків при застосуванні АІС під час моніторингу руху водних транспортних засобів в територіальних водах України	331
Висновки по шостому розділу	350
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	352



	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:	356
ДОДАТОК А	388
СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ МАТЕРІАЛІВ ДИСЕРТАЦІЇ	388
ДОДАТОК Б	397
Акти впровадження	397
ДОДАТОК В Зона відповідальності України, в якій здійснюється моніторинг надводної обстановки в акваторіях Чорного та Азовського морів, зони відповідальності капітанів морських портів, зони покриття АІС	406
ДОДАТОК Д Схема зон відповідальності України з пошуку та рятування в Чорному та Азовському морях	407
ДОДАТОК Е Структура національної системи пошуку та рятування України	408
ДОДАТОК Ж	409
Перелік нормативно-правових актів в сфері безпеки судноплавства, що стосуються матеріалів дисертаційної роботи	409
ДОДАТОК З	422
Глосарій термінів, що використовуються в дисертаційній роботі:	422
ДОДАТОК К	425
Математичні моделі суден, внесені в програмне забезпечення навігаційного повномасштабного тренажеру з візуалізацією Navi-Trainer NTPro-4000, на яких здійснюється тренажерна підготовка судноводіїв рівня експлуатації та управління	425
ДОДАТОК Л	428
Зразок листа опитування членів екіпажів суден та працівників судноплавних компаній щодо рівня обізнаності про кібер-загрози	428
ДОДАТОК М	429
Приклад щомісячного звіту про роботу РІС	429

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АДА – автоматичний динамічний адаптер

АІС – (AIS – Automated Identification System) – автоматизована ідентифікаційна система

АП – апаратура потребувача

АСК – автоматизована система контролю

БАЗК – бортові автоматизовані засоби контролю

ББК – бортовий багатофункціональний комплекс

БІКК – бортовий інформаційно-коригуючий комплекс

БОН – безпечна область навігації

ВВШ – внутрішні водні шляхи

ВП – вимірювальний приклад

ВШ – водні шляхи

ВЗК – вбудовані засоби контролю

ВТЗ – водний транспортний засіб

ГАУ – гарантоване адаптивне управління

ГТМ – гібридно-гетерогенні моделі

ГМЗЛБ – (GMDSS – Global Maritime Distress and Safety System) – Глобальна морська система зв'язку у разі лиха та для забезпечення безпеки

ГСР – габаритна смуга руху

ДП – (DP – Dynamic Positioning) – динамічне позиціонування

ЄІП – єдиний інформаційний простір

ЕКНІС – Електронна картографічна навігаційно-інформаційна система (ECDIS – Electronic Chart Display and Information System)

ЕОМ – електронна обчислювальна машина

ЖЦ – життєвий цикл

ЗАРП – засоби автоматичної радіолокаційної прокладки (ARPA – Automated Radar Plotted Aids)

ЗПРП – зона підвищеного ризику плавання

ЗНО – засоби навігаційного обладнання

ЗНОС – зовнішнє несприятливе оточуюче середовище

ЗТДК – засоби технічної діагностики та контролю

ІФС – інформаційна автоматизована система

ІЗІТ – інструментальні засоби інформаційних технологій

ІМН – інструментальний метод навігації

ІМО – (ІМО – International Maritime Organization) – Міжнародна морська організація

ІОДМ – інформаційно-образна динамічна модель

ККД – коефіцієнт корисної дії

КЗЗ – коефіцієнт зворотного зв'язку

Конвенція САР (SAR Convention – International Convention for the Search and Rescue at Sea, 1979) – Міжнародна конвенція з пошуку та рятування на морі 1979 року

Конвенція СОЛАС – (SOLAS – International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974) – Міжнародна конвенція про охорону людського життя на морі, 1974 року

МАМС – Міжнародна асоціація маякових служб

МППЗС-72 – Міжнародні правила попередження зіткнення суден 1972 року

МТЗ – матеріально-технічне забезпечення

НЗС – нештатні загрожуючі ситуації

НОН – небезпечна область навігації

НП – навігаційний параметр

ООС – особливе окреме середовище

ОП – операційний план

ОПР – особі, яка приймає рішення

ПАК – програмно-апаратний комплекс

ПЕВО – поліергатична виробнича організація

ПЕВС – поліергатичні вирішувальні системи

ПЕТО – поліергатична технологічна організація

ПЧК – просторово-часовий континуум

РЕІ – Речовина, Енергія, Інформація

РЕІМ – Речовина, Енергія, Інформація, Механізм

РЕІР – Речовина, Енергія, Інформація, Ресурси

СДС – складна динамічна система

СК – судновий комплекс

СКВ – середнє квадратичне відхилення (СКВ)

СНУ – системи навігації та управління

СНУР – системи навігації та управління рухом водних транспортних засобів

СППР – система підтримки прийняття рішень

СУРС – служба управління рухом суден

ТДК – технічна діагностика та контроль

ТЄТО – технологічно єдині транспортні організації

ТІУС – транспортна інформаційно-управляюча система

ТПМ – типовий програмний модуль

ТС – технічний стан

ЦВЕ – цільовий вимірювальний експеримент

ЦФС – цільова функціональна стійкість

AIS – Automated Identification System

ARPA – Automated Radar Plotted Aids

DP – Dynamic Positioning

ECDIS – Electronic Chart Display and Information System

GLONASS – GLObal NAvigation Satellite System

GMDSS – Global Maritime Distress and Safety System

GNSS – Global Navigation Satellite Systems

GPS – Global Positioning System

HMI – Human-Machine Interface (людино-машинної взаємодія),

IAS – інтелектуальний агент системи

INMARSAT – The Organization established by the Convention on the International Mobile SATellite Organization (INMARSAT) adopted on 3 September 1976.

ISO – International Organization for Standardization

ITS – інтелектуальна транспортна система

SAR – Search and Rescue

SAR Convention – International Convention for the Search and Rescue at Sea

SARSAT – Search And Rescue Satellite Aided Tracking

CNS/VTM – Communication, Navigation, Severance / Vehicle, Team, Management  
(комунікація, навігація, спостереження / транспортний засіб (ВТЗ), команда, управління)

TESIM – T (time); E (energy); S (substance in substratosphere); I (information); M (material civilization for working upon or developing). (Системна якість TESIM ресурсів означає: час - тривалість перевезень пасажирів і вантажів обраними маршрутами; енергія, яка витрачається на транспортну роботу у конкретних умовах просторо-часового континуума; субстанція, яке є основою транспортної технології, що самодостатня здійснювати перевезення завдяки відновлення втрачених потенціалів, що залучені на подолання опору факторів зовнішнього оточуючого середовища; інформація, що забезпечує телекомунікаційні зв'язки між комунікантами у розділеному єдиному ергатичному просторі реалізації актів дії, які необхідні й достатні для синергетичному цільовому ефекту функціонування транспортного засобу на маршруті у межах конкретного рейсу; матеріали, які необхідні для якісної транспортної роботи у межах заданих техніко-економічних показників для уніфікованих режимів експлуатації ВТЗ за міжнародними стандартами ISO.)

## ВСТУП

### 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 (ЗПРП). 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 ЗПРП, може бути здійснено лише за умов безперервної адаптації до небезпечних умов плавання.

Відсутність єдиних підходів до визначення закономірностей взаємозалежності навігаційних просторово-часових координат рухомих ВТЗ і законів управління їх рухом призводить до того, що рівень аварійності світового морського флоту у ЗПРП 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 ЗПРП в умовах невизначеностей та ризиків навігаційного обслуговування є актуальним. З метою створення систем, які здатні гарантувати

безпечно плавання ВТЗ в роботі сформульовані методологічні основи поліергатичного 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., Міюсовим 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., Вагущенка 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 ЗПРП в умовах невизначеностей, на цей час більшість опублікованих результатів закордонних та вітчизняних вчених є розрізненими та несистематизованими. До цього часу не розроблені методологічні основи поліергатичного 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 поліергатичного програмно-апаратного забезпечення безпеки судноплавства в умовах невизначеностей та ризиків навігаційного обслуговування 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 поліергатичних систем з властивостями гарантованого адаптивного управління з контролем індивідуального стану судноводія.

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

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

6. Визначити організацію поліергатичних 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 поліергатичних 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 поліергатичних системах спостереження, розпізнавання небезпечних об'єктів, навігації та управління рухом ВТЗ в ЗПП.



Наукова проблема: полієргатичне забезпечення навігації та управління рухом ВТЗ в нестационарному середовищі.

### **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 ЗППП. 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.

**Достовірність наукового результату** підтверджується застосуванням сучасних розрахунково-експериментальних методів, дослідом практичного впровадження розробок автора та можливістю проведення аналізу отриманих за результатами впровадження даних, а також патентом, зареєстрованим в Державному реєстрі патентів на корисні моделі. Отримані в роботі результати є логічними та відповідають міжнародній практиці застосування систем навігації та управління рухом ВТЗ.

### **Наукова новизна отриманих результатів**

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 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.

4. Вперше обґрунтовано метод забезпечення неперервного безаварійного поліергатичного 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 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 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.

### **Публікації**

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, 26 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 робіт у збірниках матеріалів та праць наукових конференцій, які опубліковані в тезах доповідей. Список публікацій автора за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації наведено в додатку А.

### **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 його роботах [1, 9, 10, 11, 20, 22] (зазначено нумерація публікацій автора за авторефератом ) 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 ЗППП; 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 ЗППП; у роботі [12] розроблено технологія гармонізація 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 ЗППП; 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] оформлено алгебраїзація предикативних понять для моделювання динаміки руху ВТЗ в нестационарному середовищі; у роботі [25] запропонована 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] представлені результати побудови алгоритму оптимального управління процесом обкатки двигунів ВТЗ за критерієм максимальної надійності на основі вивчення зв'язку між показниками двигуна в умовах експлуатації; 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.

7 статей автором підготовлено одноосібно.

В співавторстві здобувачем: в його роботі [1] проведено аналіз сучасного стану навігаційного забезпечення робіт та аналіз статистики аварійності на внутрішніх водних шляхах України і обґрунтовано необхідність запровадження регіональних комплексних систем забезпечення безпеки судноплавства; в роботі [3] запропоновано нові інформаційно-аналітичні компоненти підвищення якості безпеки програмно-апаратних комплексів гарантованого адаптивного управління рухом ВТЗ на акваторіях з підвищеним ризиком плавання; в роботі [5] формалізовано визначення зон безпечної та небезпечної областей навігації в умовах впливу на судно змінних факторів зовнішнього нестационарного середовища; в роботі [6] запропоновано метод забезпечення заданого рівня безпеки в поліергатичних системах навігації та управління рухом ВТЗ на ВВШ в умовах реального часу, при якому для прийняття інтелектуалізації рішень систем прийняття рішень використовується інструментальний метод навігації; в роботі [7] запропоновано застосовні параметри функціонування морського комплексу управління апаратами космічної системи спостереження за Землею; в роботі [11] розроблено концепцію побудови функціональної стійкості систем навігації та методику оцінювання ефективності оперативного плану та динамічного маневрування у зоні навігаційного обслуговування, що відрізняється від відомих способів не менш ніж двоканальним відновленням ресурсів для стабільної роботи системи навігації й управління; в роботі [12] розроблено концепцію гармонізації ефективності функціонування поліергатичних систем навігації та управління рухом ВТЗ за головним критерієм – безпека руху, людського життя та виконання транспортної роботи; в роботі [13] запропоновано використання системи базових означень за умов аксіоматизації властивостей елементів СДС для забезпечення функціональної стійкості навігаційного обслуговування безпеки руху ВТЗ на конструктивній теорії цілеспрямованого вимірювального експерименту; в роботі [14] запропоновано конструктивну основу формалізації процесів циркуляції інформації під час функціонування поліергатичних виробничих організацій для забезпечення гарантованого адаптивного управління рухом морських танкерів-газовозів, як особливо небезпечних типів суден, що заходять в морські порти України; в роботі [15] запропоновано принцип системи гарантування структури функціональної

стійкості для системи навігації та управління руху ВТЗ за рахунок формалізації технології взаємодії між учасниками динамічного руху у ЗППП; в роботі [16] запропоновано формалізовану систему ключових понять інтелектуальної бази знань, що гарантує забезпечення цільової функціональної стійкості процесів навігації та управління рухом ВТЗ у критичних ситуаціях зростання ризиків аварій, а також сформульовано основні властивості СДС для гарантування безпеки руху ВТЗ; в роботі [17] розроблено методологічні засади поліергатичного гарантування безпеки руху та ефективності функціонування систем навігації та управління рухом ВТЗ для забезпечення безпеки судноплавства; в роботі [18] запропоновано структурна концепція перерозподілу функцій для адаптації систем навігації та управління рухом до реальних впливів у локальній ЗППП на рух ВТЗ та визначено причинно-наслідкові взаємозалежності між попередніми і наступними етапами комплексного управління умовами руху ВТЗ та режимами керування їх робочими органами; в роботі [19] запропоновано нові формалізовані підходи до гарантування більш високого рівня ефективності безаварійного маневрування завдяки засобам технічної діагностики та контролю, які забезпечують своєчасну реалізацію профілактичних дій щодо запобігання лиха з катастрофічними наслідками; в роботі [20] проведено аналіз функціонування судових систем динамічного позиціонування як сучасних ергатичних інструментів підвищення безпеки судноплавства та надані пропозиції щодо підготовки персоналу для обслуговування цих систем в спеціалізованих берегових навчальних центрах; в роботі [21] запропонована технологія структурного моделювання складних динамічних систем з визначенням законів траєкторного оперативного управління, що гарантують безпеку руху ВТЗ у зонах підвищеного ризику аварійних подій під час виконання реальних транспортних перевезень з дією зовнішніх факторів навколишнього оточуючого середовища; в роботі [22] розроблені частини монографії, що стосуються функціональної стійкості навігаційного обладнання; в роботі [23] запропоновано метод гарантованого адаптивного безаварійного управління рухом ВТЗ в умовах впливу на судно факторів зовнішнього нестационарного середовища; в роботі [24] запропоновано використання формальних семантичних та онтологічних схем описів зв'язків, пов'язаних з оцінкою ризиків ВТЗ для плавання та запобігання

зіткненню ВТЗ в морі; в роботі [26] запропоновано використання алгебраїчних та предикативних відношень для синтезу базових та розрахункових моделей ВТЗ; в роботі [27] запропоновано алгоритм оптимального управління процесом обкатки суднових двигунів за критерієм максимальної надійності на основі вивчення зв'язку між показниками двигуна в умовах експлуатації; в роботі [28] розроблено принципи причинно-наслідкових взаємовідношень між складовими частинами та компонентами складної динамічної системи, в якій знаходиться ВТЗ під час плавання в ЗППІ; в роботі [29] проаналізовані основні процеси, що впливають на неоднорідність хвилювання та зниження маневрених характеристик ВТЗ та запропоновані шляхи вирішення питання регулювання руху ВТЗ в неоднорідному середовищі; в роботі [30] сформульовані просторово-часові відношення між зонами безпечної області навігації та небезпечної області навігації, що здійснюються відповідно розвитку подій у зовнішньому навколишньому оточуючому середовищі; в роботі [32] запропоновано алгоритм використання процесних перетворень на кожному етапі ієрархічного управління на вертикальних та горизонтальних рівнях цілісної організації складної динамічної системи; в патенті на корисну модель № 124298 [33] запропоновано спосіб забезпечення продовження безаварійного руху судна в ЗППІ під час здійснення транспортних перевезень за запланованим маршрутом шляхом автоматичного опрацювання інформації про зовнішні та внутрішні несприятливі фактори та коригування параметрів руху судна у разі потенційного наближення до меж небезпечної області навігації.

### **Апробація матеріалів дисертації**

Отримані результати досліджень дисертаційної роботи доповідалися на: 16-й, 17-й та 21-й 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. Олеса 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 галузевими програмами, планами, темами**

Дослідження виконані автором у рамках Транспортної стратегії України на період до 2020 року, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 р. № 2174-р, та Галузевої програми забезпечення безпеки судноплавства на 2014-2018 року, 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 дослідження**

Практичне значення отриманих результатів полягає у ефективності своєчасного гарантованого підтримання рівня безпеки судноплавства за рахунок запровадження новітніх методологічних основ поліергатичного 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:

- використання для більшості ситуацій маневрування розходження ВТЗ покрокового маневрування на базі 9-рівневої декомпозиції;

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

- врахування до 7 фактичних змін факторів зовнішнього середовища, що безпосередньо впливають на корпус конкретного ВТЗ в зоні підвищеного ризику плавання;

- запровадження проведення відповідно до поточного стану та міжнародних вимог підготовку, діагностику та контроль індивідуального стану судноводіїв для

результуючого гарантування безпеки судноплавства та скорочення часу на виконання конкретних задач судноводіння 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 прогнози розрахунки вірогідності аварійних подій при фактичній спостереженої інтенсивності руху на (1508 ВТЗ за рік в обох напрямках на визначеному конкретному фарватері) та в умовах зростання суднопотоків на цих акваторіях при зростанні інтенсивності руху ВТЗ в 2, 5 та 10 разів.

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

### РОЗДІЛ 1

#### **АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ БЕЗПЕКИ СУДНОПЛАВСТВА ТА ВИЯВЛЕННЯ ПРОТИРІЧ Й ШЛЯХІВ ПОКРАЩЕННЯ ПРОЦЕСІВ НАВІГАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ РУХОМ ВОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

##### **1.1 Аналіз статистичних даних з аварійності та проблемних питань поліергатичних систем навігаційного обслуговування на світовому флоті і на морському та річковому транспорті України**

Судноплавство є самим інтернаціональним серед усіх світових індустрій. В той же час воно є одним з найбільш небезпечних та пов'язано з підвищеним ризиком для моряків, а також з великою вірогідністю нанесення суттєвої шкоди навколишньому середовищу та сторонам морського бізнесу [291].

Незважаючи на запровадження сучасних передових технологій і судноплавстві, суднового обладнанні та підвищення вимог до підготовки персоналу морських суден, багаторічні зусилля міжнародних та відчизняних вчених, відповідно до офіційної статистики аварійних подій Міжнародної морської організації (ІМО) рівень в світовому торговельному флоті аварійності в останні роки радикально не змінюється [113].

Статистичні дані щодо загальних втрат суден світового торговельного флоту за 2006-2015 р.р. по типам суден [19, 100] надані в таблиці 1.1. та рис. 1.1.

Статистичні дані щодо основних причин загибелі суден світового торговельного флоту у 2006-2015 р.р. наведені на рис. 1.2.

Відповідно до цієї статистики найбільша кількість суден, що загинули в морі – неспеціалізовані суховантажні судна, а головні причини загибелі – втрата

Таблиця 1.1 – Загальні аварійні втрати суден світового торговельного флоту  
за 2006-2015 р.р. по типам суден

Типи суден	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Усього
Суховантажні	61	70	58	51	60	37	61	41	31	36	506
Балкери	8	12	8	10	11	14	9	15	4	6	97
Пасажирські	12	8	4	5	3	7	7	8	10	4	68
Буксири	7	11	7	5	7	2	6	7	7	7	66
Хімовози	11	6	7	9	5	2	8	10	2	2	62
Ро-Ро	10	5	8	6	1	3	4	2	5	4	48
Інші типи	3	7	5	5	3	5	3	6	4	2	43
Контейнеровози	4	3	2	4	5	3	6	4	4	5	40
Постачальники	3	5	1	3	2	2	3	2	3	2	26
Баржі	6	6	3	0	1	0	0	3	1	0	20
Днопоглиблювальні	3	2	5	0	2	2	2	0	1	1	18
Танкери	2	1	3	2	3	3	1	0	1	0	16
Газовози	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	4
Тип не встановлений	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	4
Усього	131	137	113	100	104	81	111	99	73	69	1018

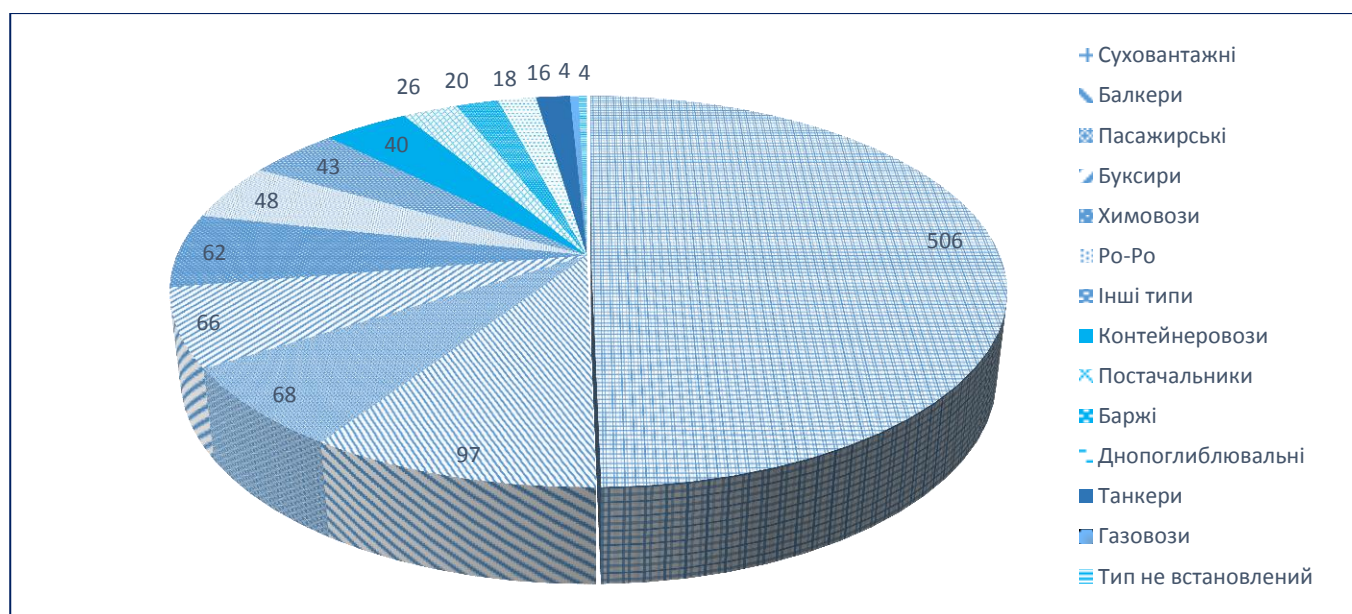


Рисунок 1.1 – Втрати суден світового торговельного флоту  
за 2006-2015 р.р. по типам суден

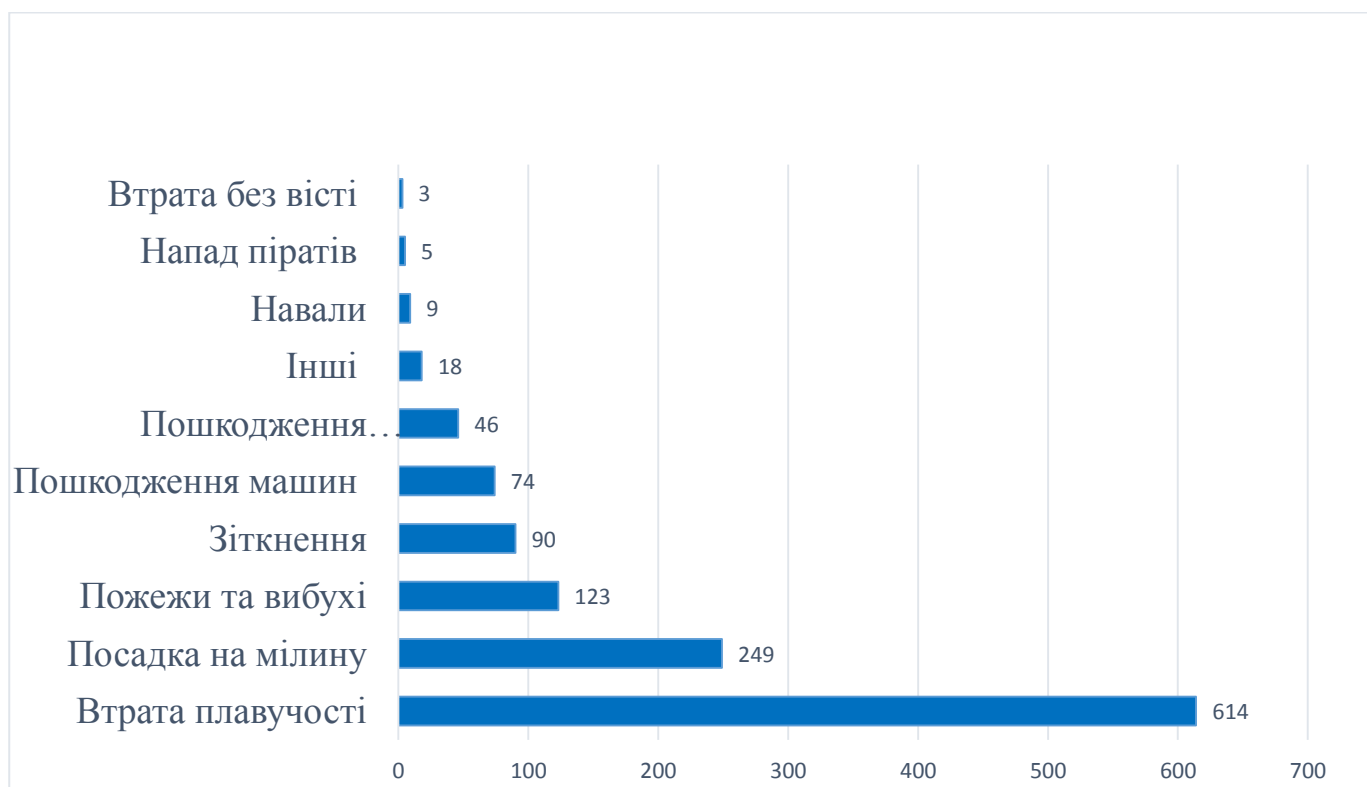


Рисунок 1.2 – Основні причини загибелі суден світового торговельного флоту у 2006-2015 р.р

плавучості та посадка на міліну. Іншими словами, це безпосередній вхід судна в небезпечну область навігації (НОН) та критичний вплив на судно зовнішнього навколишнього оточуючого середовища (ЗНОС) [113]. Причини стабільності фактичної статистики аварійних подій на водному транспорті, перш за все, пов'язані з відсутністю раціонального системного підходу до інтеграції навігаційних технологій для підвищення ефективності управління ВТЗ на судноплавних шляхах, зокрема в ЗПРП. Проблемна ситуація не змінюється, оскільки відсутні якісні зміни в механізмах існуючої інтеграції, яка одночасно збільшує обсяг технічних засобів автоматизації процесів збору, обробки та передачі даних и, тим самим, покладає підвищену відповідальність на особу, що приймає рішення (ОПР).

За даними статистики світової аварійності лише в 2015 році в світі загинуло 69 вантажних судна загальним тоннажем 510 тис. тон. На 119 суднах був повністю втрачений вантаж загальним тоннажем 780 тис. тон. Повну інформацію про

часткову втрату або шкоду, нанесену вантажу на судна в усьому світі, зібрати практично неможливо. Це багатомільйонні цифри в фінансовому підрахуванні.

Але ці статистичні цифри не показують повної картини втрат. Втрати людському життю (рис. 1.3.) та здоров'ю важко оцінити. З цього приводу виправданими є будь-які витрати, направлені на зменшення ризику таких інцидентів.

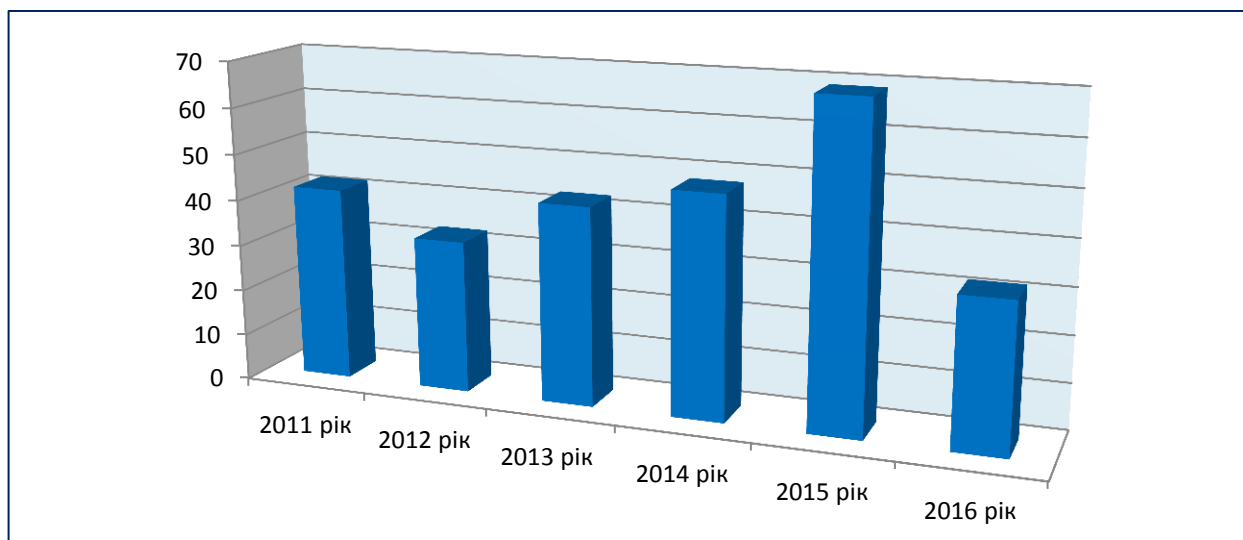


Рисунок 1.3 – Кількість загиблих моряків на суднах світового торговельного флоту у 2011-2016 р.р

У зв'язку із суттєвим розвитком морської індустрії, кількісним та якісним ростом світового морського торговельного флоту, з метою підвищення рівня безпеки судноплавства у 1993 р. ІМО прийнято Міжнародний кодекс з управління безпечною експлуатацією суден і запобігання забрудненням (МКУБ) та в Міжнародну конвенцію з безпеки людського життя на морі 1974 року, з поправками, (Конвенція СОЛАС) [211] була внесена окрема ІХ глава «Управління безпечної експлуатацією суден».

Україна є державою-стороною Міжнародної морської організації (ІМО) та стороною більшості морських міжнародних конвенцій, прийнятих цією організацією. Для реалізації вимог Конвенції СОЛАС та МКУБ, а також інших міжнародних вимог щодо безпеки на морському транспорті та з метою їх впровадження в галузь морського та річкового транспорту України Міністерством



транспорту у 2004 році наказом № 904 затверджено Положення про Систему управління безпекою на морському та річковому транспорті (Додаток Ж, п. 41).

Відповідно до вимог цього Положення та інших нормативно-правових актів України в нашій державі суб'єктами цієї Системи є:

- Міністерство інфраструктури України;
- Державна адміністрація морського і річкового транспорту (Укрморрічфлот), до функції якої входило управління галуззю;
- Головна державна інспекція України з безпеки судноплавства (Держфлотінспекція), до функції якої входив державний нагляд за безпекою судноплавства на морських та внутрішніх водних шляхах;
- ДП «Дельта-лоцман», яке централізовано здійснювало безпечне лоцманське проведення морських суден в усіх портах України та між портами;
- ДП «Агентство морської безпеки», яке було відповідальне за виконання Міжнародного кодексу з охорони суден та портових засобів від актів тероризму;
- ДП «Регістр судноплавства України», до повноважень якого входить технічна сертифікація суден та гідротехнічних споруд в морських портах, на каналах, на внутрішніх водних шляхах;
- ДО «Інспекція з питань підготовки та дипломування моряків», яка централізоване вирішувала питання технічного виконання вимог Міжнародної конвенції про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року, з поправками, (Конвенція ПДНВ);
- ДП «Морська пошуково-рятувальна служба», яка забезпечувала пошук та рятування в морській зоні відповідальності України.
- ДУ «Держгідрографія», яка забезпечувала функціонування засобів навігаційного обладнання та подачу навігаційної інформації в територіальних водах України, а також виготовлювала і підтримувала на рівні сучасності морські навігаційні карти;
- підприємства галузі: морські ті річкові порти, судноремонтні заводи, морські навчальні заклади, тощо.

Підготовку кадрів для морської галузі, проведення науково-дослідних робіт та методичне забезпечення діяльності підприємств галузі здійснюється навчальними та науково-дослідними закладами. Підготовку персоналу морських та річкових суден здійснюють: Одеська національна морська академія (з 2016 р. – Національний університет «Одеська морська академія»), Київська державна академія водного транспорту ім. гетьмана Конашевича-Сагайдачного (з 2017 р. – Державний університет інфраструктури та технологій), Херсонська державна морська академія та низка морських коледжів. Підготовку персоналу берегових підприємств та суднобудівних і судноремонтних підприємств здійснюють Одеський національний морський університет, Миколаївський національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Український науково-дослідний інститут морського флоту (УкрНДІМФ) та Чорноморський науково-дослідний і проектний інститут морського флоту (ЧорноморНДІПроект) проводять науково-дослідні роботи та методичне забезпечення діяльності підприємств.

В 2010-2011 р.р. автор приймав безпосередню участь у створенні та запровадженні єдиної національної системи моніторингу надводної обстановки в акваторіях Чорного та Азовського морів із застосуванням сучасних інформаційних технологій та використанням Автоматизованих ідентифікаційних систем (АІС) на Чорному та Азовському морях у зоні відповідальності України, а також у запровадженні Річкової інформаційної служби.

Система моніторингу надводної обстановки з використанням АІС дозволяє забезпечити контроль за рухом суден з використанням сучасних технологій, сприяти запобіганню надзвичайних ситуацій, зокрема й у період льодової навігації, порушень правил плавання суднами тощо. За допомогою системи моніторингу можна визначити координати, назву, прапор, габарити, курс, порт призначення та швидкість будь-якого судна, що перебуває у Чорному та Азовському морях у зоні відповідальності України. Практичні результати запровадження системи моніторингу надводної обстановки та їх аналіз наведені у розділі 6 цієї дисертаційної роботи.

Система забезпечує постійний доступ до інформації щодо моніторингу надводної обстановки КП «Морська аварійно-рятувальна служба», відповідних підрозділів Державної прикордонної служби та Військово-морських сил Збройних сил України, а також інших відповідних служб за їх запитами .

Схема системи моніторингу надводної обстановки в акваторіях Чорного та Азовського морів; зони нагляду, на які поширюються повноваження капітанів морських портів щодо здійснення ними державного нагляду за безпекою мореплавства; схема зон відповідальності України з морського і авіаційного пошуку та рятування відповідно до Міжнародної конвенції з пошуку та рятування на морі 1979 року (SAR); запровадження системи радіозв'язку ГМЗЛБ в акваторіях Чорного та Азовського морів; а також структура національної системи морського пошуку та рятування України наведені в додатках В, Д, Е.

Вищеописана Система управління безпекою на морському та річковому транспорті протягом багатьох років запроваджувалась в галузь водного транспорту та ефективно функціонувала. Автор приймав безпосередню участь у запровадженні цієї системи, системи моніторингу надводної обстановки в акваторіях Чорного та Азовського морів та зон відповідальності капітанів морських портів на рівнях управління галузі в цілому та керівництва діяльністю підприємств галузі, а також у створенні та удосконаленні нормативно-правових актів та стандартів з питань безпеки судноплавства. Перелік нормативно-правових актів в сфері безпеки судноплавства, що стосуються матеріалів дисертаційної роботи, та в підготовки яких приймав безпосередню участь автор, наведений в додатку Ж.

Крім того, у 2010 році автором була захищена дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за темою «Методика підвищення ефективності навігаційного обслуговування безпеки судноплавства в умовах підвищеного ризику плавання на внутрішніх водних шляхах» [281]. В дисертаційній роботі розроблено інформаційно-аналітичне забезпечення методики підвищення ефективності навігаційного обслуговування безпеки руху ВТЗ на ВВШ та доведено, що цілеспрямоване зниження навігаційної аварійності у зонах підвищеного ризику

плавання може бути досягнуто шляхом побудови додаткового віртуального навігаційного обслуговування безпеки плавання.

Починаючи з 2011 року в Україні почалась смуга реформувань в галузі водного транспорту, під час якої в руслі оптимізації були суттєво змінені органи управління діяльністю галузі та контролю за безпекою на морському і річковому транспорті, а також реформовані основні підприємства галузі. Так після прийняття у 2012 році Закону України «Про морські порти України» було створено ДП «Адміністрація морських портів України» (ДП «АМПУ»), під час формування якого портові служби та суб'єкти в усіх морських портах були розділені на дві складові: філію ДП «АМПУ» в кожному порту, а також в кожному порту створені окремі державні підприємства «Морський торговельний порт». При цьому це розділення в різних портах проходило по різному, без відповідних розрахунків та стандартних процедур, тому загальна система управління безпекою в портах була зруйнована та повною мірою не відновлена до цього часу.

Крім того, були ліквідовані ДП «Агентство морської безпеки» та ДП «Дельта-лоцман». При цьому частково функції цих підприємств виконуються ДП «АМПУ», але не в повному обсязі. В 2013 р. було ліквідовано Казенне підприємство «Морська пошуково-рятувальна служба». Можливість ефективного проведення пошуково-рятувальних робіт в морській зоні відповідальності України на декілька років повною мірою не було забезпечено.

Найбільші зміни відбулися в органах управління галузі та контролю за безпекою. У 2011 році Державна адміністрація морського і річкового транспорту була ліквідована, а Держфлотінспекція була реорганізована в Державну інспекцію України з безпеки на транспорті (Укрморрічінспекція). Реорганізація зайняла майже півтора року. Був витрачений певний час, але Укрморрічінспекція змогла відновити ефективне виконання функцій з державного нагляду за станом безпеки на морському та річковому транспорті. Наступна хвиля реорганізації призвела до того, що відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 10.09.2014 р. № 442 Укрморрічінспекція разом з Державною службою з безпеки на автомобільному транспорті була реорганізована в Державну службу з безпеки на транспорті

(Укртрансбезпека), до функцій якої входить здійснення державного нагляду за станом безпеки на усіх видах транспорту. Але за низкою причин, в тому числі й з суттєвою нестачею кваліфікованого персоналу в Укртрансбезпеці, цей орган протягом вже більше двох років не спроможний виконувати функції з державного нагляду за безпекою на морському та річковому транспорті в територіальних та внутрішніх водах України.

У результаті втрати контролю за безпекою в Україні та погіршення стану безпеки українських суден Комітет Паризького меморандуму про взаєморозуміння про контроль суден державою порту (Port State Control – PSC) на 50-му засіданні у березні 2017 року прийняв рішення стосовно зниження місця України за 2016 рік на 8 позиції (з 53 на 61), завдяки чому України перейшла на останню позицію в т.з. «сірому списку» з ризиком скотитися в «чорний список». У зв'язку із подальшим погіршенням стану безпеки українських суден в червні 2018 року Комітет Паризького меморандуму про внесення України в «чорний список».

При цьому слід особливо відмітити, що протягом останніх п'яти років Міністерством інфраструктури України не виділялося жодних коштів на проведення науково-дослідних та науково-технічних робіт в сфері водного транспорту, що також вкрай негативним чином відобразилося на стані безпеки судноплавства.

Усі ці проблеми були помножені на почавшийся у 2014 році конфлікт з Російською Федерацією, анексію Криму та збройний конфлікт на сході нашої держави. Після анексії Криму усі кримські порти (Севастополь, Ялта, Керч, Феодосія, Євпаторія) фактично виключені із загальної системи безпеки України. На акваторії Чорного та Азовського морів були переглянуті зони відповідальності капітанів інших морських портів (Бердянськ, Скадовськ, Южний). Була також переглянута зона, в якій Україна може виконувати пошуково-рятувальні роботи. Фактично були експропрійовані українські засоби навігаційного обладнання: маяки, плавучі буї та знаки, системи управління рухом в усіх кримських портах, система управління рухом суден в Керченській протоці, яка була модернізована у 2012-2013 р.р. Суттєво ускладнився прохід суден в Керченській протоці та можливість використання якірних стоянок як місця-сховища під час штормової погоди тощо.

З урахуванням вищезазначеного система управління безпекою на водному транспорті України на цей час фактично не функціонує на усіх рівнях. Найкращим показником цього є значне підвищення аварійності на морському та річковому транспорті України за останні роки (табл. 1.2) та (рис. 1.4) [45, 46, 58].

Таблиця 1.2 – Стан аварійності на морському та річковому транспорті України за 2010-2017 р.р.

Рік	Кількість аварійних подій	Кількість загиблих та зниклих без вісті в аварійних подіях	Травмовано під час аварійних подій
2010	101	26	12
2011	72	7	10
2012	50	20	12
2013	40	25	14
2014	18	13	9
2015	32	41	25
2016	58	6	17
2017	75	20	13

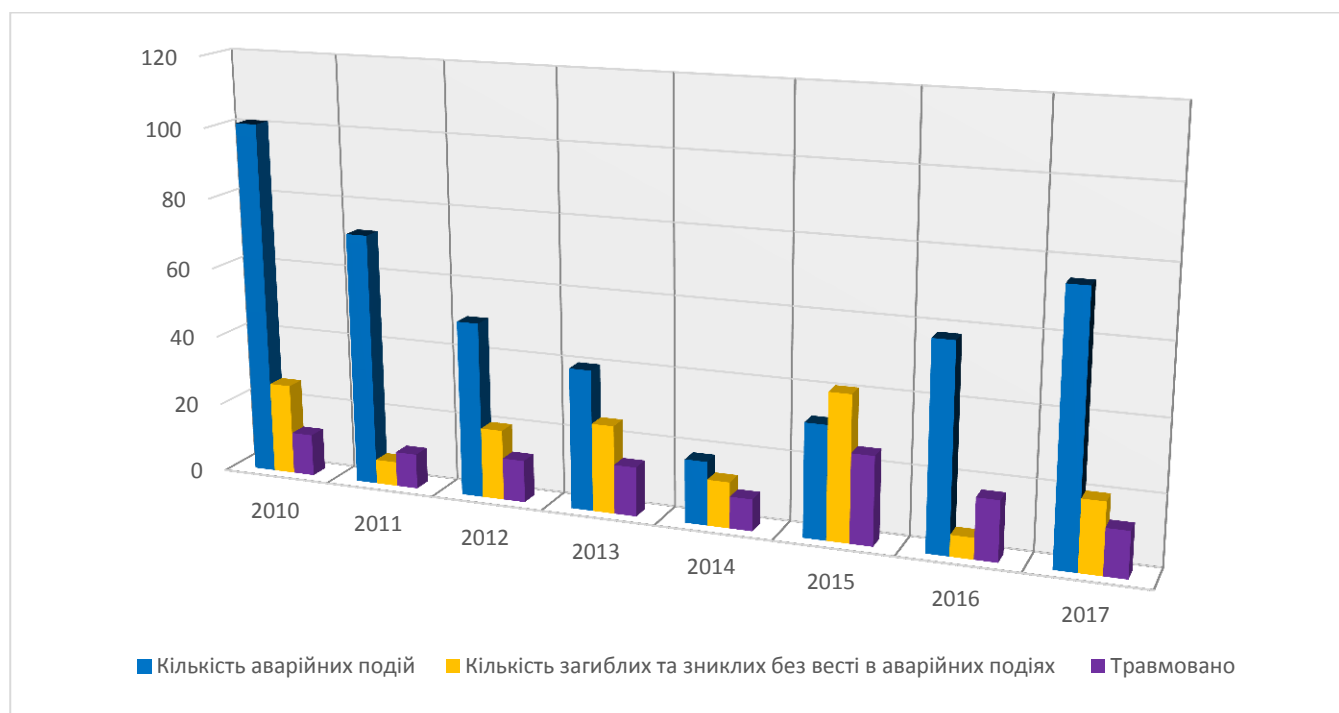


Рисунок 1.4 – Стан аварійності на морському та річковому транспорті України за 2010-2017 р.р.

Найбільш суспільно резонансною була аварія з судном «Иволга» 17.10.2015 р. біля входу в порт Білгород-Дністровський, під час якої 20 осіб загинуло та 2 особи вважаються такими, що зникли без вісті.

З метою зміни ситуації на краще необхідно вжити низку заходів, серед яких, на погляд автора, два є ключовими: створення Морської адміністрації України, яка б системно займалася питаннями безпеки на морському та річковому транспорті та виконанням вимог міжнародних конвенцій, а також суттєвий розвиток автоматизації берегових систем контролю за рухом суден та оперативного виявлення в автоматичному режимі та реагування на порушення правил плавання.

Підтвердженням цього були рекомендації комісії з розслідування аварії з судном «Иволга»: встановлення сучасної системи спостереження та регулювання рухом суден на вході в порт Білгород-Дністровський. Крім того, комісією з розслідування було виявлене невикористання судноводієм цього судна бортової апаратури ГМЗЛБ та АІС, незважаючи на вимоги щодо її обов'язкового використання.

Ця аварійна подія явилась яскравим прикладом того, що під час плавання, особливо в районах інтенсивного судноплавства, необхідно комплексно застосовувати засоби і системи автоматизації судноводіння: як на ВТЗ, так й на берегових постах спостереження та регулювання рухом ВТЗ, а також забезпечити постійну сталу діяльність цих засобів і систем та контроль за їх роботою.

Вимоги щодо сталої роботи та надійності функціонування цих засобів та систем мають підвищуватися або переглядатися з урахуванням підвищення різного роду ризиків плавання або оточуючого середовища. При цьому усі ризики, які стосуються підвищення небезпеки плавання, підлягають оцінці та керуванню.

## **1.2 Аналіз міжнародної та вітчизняної нормативної бази та сучасних світових тенденцій для удосконалення безпеки судноплавства**

Питанням безпеки судноплавства та її удосконалення присвячена значна кількість міжнародних конвенцій, кодексів та інших інструментів, а також значний блок національної нормативно-правової бази.

Серед міжнародних конвенцій головну роль грають такі конвенції:

1. *Міжнародна конвенція про охорону людського життя на морі 1974 р.* (Конвенція СОЛАС - SOLAS Convention) [67], яка визначає основні вимоги щодо безпечного проектування, побудови та експлуатації судових конструкції та механізмів, протипожежних систем, індивідуальних та колективних рятувальних засобів, засобів судового радіозв'язку, порядку використання морських суден під час перевезення небезпечних вантажів та вантажів, які за своїми якостями під час морського перевезення можуть створити небезпечні умови для судна. Конвенція також визначає загальні вимоги щодо функціонування системи управління безпекою в судноплавних компаніях та на судах, та визначає порядок дій під час плавання в потенційних умовах небезпеки терористичних атак та нападу піратів.

2. *Міжнародна конвенція про запобігання забрудненню з суден 1973 року, з протоколом 1978 року* (Конвенція МАРПОЛ - MARPOL Convention) встановлює вимоги до суден щодо недопущення забруднення морського навколишнього середовища нафтою та нафтовмістячими сумішами, сміттям, небезпечними вантажами в упаковці та навалом, стічними водами, а також забруднення повітря витоками судової енергетичної установки.

3. *Міжнародна конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року, з поправками* (Конвенція ПДНВ - STCW Convention) [68], яка встановлює вимоги щодо навчання, практичної та тренажерної підготовки, кваліфікації персоналу морських суден за усіма судовими спеціальностями, щодо порядку видачі морякам кваліфікаційних документів та визнання цих документів третіми країнами, а також порядку несення на судні вахти: на ходу, на стоянці, в порту і на рейді, в складних погодних умовах тощо.



4. *Міжнародна конвенція з пошуку і рятування на морі 1979 року* (Конвенція CAP - SAR Convention), яка визначає вимоги щодо обов'язковості якомога швидкого надання допомоги людям, які терплять лихо в морі, а також порядку надання такої допомоги.

В національні нормативно-правовій базі головні питання щодо організації безпеки судноплавства та державного нагляду за нею викладені у таких законодавчих актах:

1. *Кодекс торговельного мореплавства* (Додаток Ж, п. 1) – визначає питання щодо взаємодії центральних органів державної влади, суб'єктів господарювання в морегосподарському комплексі, питання щодо забезпечення безпеки руху на морських шляхах та під час змішаного ріка-море перевезення, питання щодо видачі судових конвенційних документів, кваліфікації членів екіпажів суден, укомплектування суден екіпажами для забезпечення безпечного плавання, перевірки стану безпеки суден, особливий статус капітана морського порту, організації робіт з пошуку та рятуванні на морі та робіт з запобігання та ліквідації наслідків забруднення моря, тощо.

2. *Закон України «Про морські порти України»* (Додаток Ж, п. 2) – визначає взаємовідносини між усіма суб'єктами, які здійснюють транспортну діяльність в межах акваторії та території морського порту, звичаї цього порту, розподіл функцій щодо комерційної діяльності в межах порту та діяльністю із забезпечення безпеки судноплавства, а також державного нагляду за станом безпеки, тощо.

3. *Закон України «Про транспорт»* (Додаток Ж, п. 3), зокрема, статті 16 та 16-3 визначають повноваження та функції центрального органу виконавчої влади, яка забезпечує реалізацію державної політики в сфері безпеки на морському та річковому транспорті, зокрема повноваження щодо державного нагляду за станом безпеки, виконанням міжнародних договорів України, контроль за підготовкою персоналу морських, річкових та маломірних суден, лоцманів та лоцманів-операторів берегових постів тощо.

4. *Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів»* (Додаток Ж, п. 4), який регламентує організаційні та технічні вимоги під час завантаження,

перевезення та вивантаження небезпечних вантажів відповідно до Міжнародного кодексу з морського перевезення небезпечних вантажів (IMDG Code).

Значну кількість нормативно-правових актів було видано Кабінетом Міністрів України та Міністерством інфраструктури України. Перелік основних таких актів наведено в додатку Ж.

Найбільш важливими та значущими серед них, на погляд автора стосовно його роботи, є:

- *постанова КМУ від 07.10.2009 № 1137*, якою затверджене Положення про Державну систему управління безпекою судноплавства (Додаток Ж, п. 15), яка визначає функції усіх суб'єктів в державі, які займаються питаннями безпеки судноплавства на усіх ієрархічних рівнях та порядок їх взаємодії;

- *постанова КМУ від 26.11.2014 № 668*, якою затверджені критеріїв, за якими оцінюється ступень ризику від провадження господарської діяльності у сфері безпеки на морському та річковому транспорті і визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) органом державного нагляду за безпекою на морському та річковому транспорті (Додаток Ж, п. 20);

- *постанова КМУ від 05.03.2007 № 1103*, якою затверджений Технічний регламент морського радіонавігаційного обладнання, що встановлюється на судна та на берегові центри обслуговування суден (Додаток Ж, п. 14);

- *розпорядження КМУ від 06.03.1996 № 172-р* «Про технічний нагляд за суднами, які мають право плавання під прапором України», яким надані повноваження певним класифікаційним товариствам видавати конвенційні документи про відповідність морських та річкових суден встановленим міжнародним та національним вимогам (Додаток Ж, п. 11);

- *наказ Міністерства транспорту України від 20.11.2003 № 904*, яким затверджене Положення про систему управління безпекою судноплавства на морському і річковому транспорті (Додаток Ж, п. 41);

- *наказ Міністерства транспорту України від 17.07.2003 № 545*, яким затверджені Правила контролю суден в морських портах та в територіальних водах України з метою забезпечення безпеки мореплавства (Додаток Ж, п. 37);

- *наказ Міністерства транспорту України від 16.02.2004 № 91*, яким затверджені Правила судноплавства на внутрішніх водних шляхах України, зокрема, на р. Дніпро (Додаток Ж, п. 42);

- *накази Міністерства транспорту України від 28.05.2001 № 340 та від 28.05.2001 № 341*, якими затверджені Типового положення про службу регулювання руху суден, до функції якої входить безпечне проведення суден за допомогою поліергатичних засобів, та Положення про лоцмана-оператора служби регулювання руху суден, які безпосередньо здійснюють управління проведенням потоків ВТЗ на підходах до портів та в межах портів (Додаток Ж, п. 27, п. 28);

- *наказ Міністерства транспорту України від 30.08.2002 № 605*, яким затверджений Перелік обов'язкового радіобладнання торговельних суден, що здійснюють плавання в територіальних та внутрішніх водах України (Додаток Ж, п. 31);

- *наказ Міністерства інфраструктури України від 27.03.2013 № 191*, яким затверджений конкретний перелік обов'язкових даних, що повинні передавати усі ВТЗ в територіальних водах України за допомогою АІС (Додаток Ж, п. 65);

- *наказ Міністерства транспорту України від 14.12.1998 № 497*, що затверджує Положення про порядок підготовки та подання інформації про вантаж для його безпечного морського перевезення, а також поводження з ним під час знаходження в портах і під час вантажувально-розвантажувальних робіт (Додаток Ж, п. 24);

- *наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 29.05.2006 № 514*, яким затверджено Положення про навігаційно-гідрографічне забезпечення мореплавства у внутрішніх морських водах, територіальному морі та виключній (морській) економічній зоні України (Додаток Ж, п. 49);

- *наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 29.05.2006 № 516*, яким затверджене Положення про класифікацію, порядок розслідування та обліку

аварійних морських подій із суднами відповідно до Міжнародного кодексу з проведення розслідування морських аварій та інцидентів (Додаток Ж, п. 50);

- *наказ Міністерства інфраструктури України від 29.02.2012 № 135*, яким затверджено Положення про робочий час та час відпочинку плаваючого складу морського і річкового транспорту України з метою запобігання втоми під час виконання членами екіпажів ВТЗ посадових обов'язків (Додаток Ж, п. 62);

- *наказ Міністерства інфраструктури України від 12.03.2011 № 14*, яким затверджені Правила льодового проведення суден, що визначають комплекс вимог для організації плавання ВТЗ в зимовий період та запобігання пошкодження ВТЗ, які вимушені здійснювати плавання в льодових умовах (Додаток Ж, п. 60);

- *накази Міністерства інфраструктури України від 07.08.2013 № 567* «Про затвердження Положення про порядок присвоєння звань особам командного складу морських суден», *від 18.10.2013 № 812* «Про затвердження Порядку видачі кваліфікаційних документів особам командного складу суден та суднової команди морських суден», *від 18.10.2013 № 813* «Про затвердження Порядку підтвердження кваліфікації та дипломування осіб командного складу суден та суднової команди морських суден», які встановлюють конкретні вимоги щодо теоретичної, практичної та тренажерної підготовки для усіх категорій екіпажу, а також щодо видачі морякам кваліфікаційних документів (Додаток Ж, п.72, п. 74, п.75);

- *наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 25.11.2004 № 1042*, яким затверджене Положення про огляд навчально-тренажерних центрів, що проводять підготовку моряків, а також *наказ Міністерства інфраструктури України від 07.10.2014 № 491*, яким затверджені конкретні вимоги до тренажерного та іншого обладнання, призначеного для підготовки осіб командного складу та суднової команди за окремими напрямками (Додаток Ж, п. 44, п. 78);

- *наказ Міністерства інфраструктури України від 05.02.2011 № 7* «Про комплекс заходів щодо створення річкової інформаційної служби на внутрішніх водних шляхах України», яким були визначені обов'язки та взаємодія державних

органів та підприємств галузі стосовно створення та забезпечення функціонування РІС на р. Дніпро (Додаток Ж, п. 59);

- *наказ Міністерства інфраструктури України від 26.03.2012 № 186*, яким затверджена Інструкції про порядок надання інформації в Міністерстві інфраструктури при виникненні надзвичайних ситуацій у сфері транспорту і інфраструктури і при загрозі надзвичайних природних подій (Додаток Ж, п. 63);

- *наказ Міністерства інфраструктури України від 22.09.2015 № 379*, яким затверджене Положення про Національний центр дальньої ідентифікації та контролю місцезнаходження суден, який здійснює відстеження руху суден в морі заздалегідь до підходу в порт, що дозволяє здійснювати контроль за навігаційною безпекою та вирішувати питання щодо охорони суден від терористичних актів відповідно Міжнародному кодексу з охорони суден та портових засобів (Додаток Ж, п. 80).

*Оцінювання ризиків безпеки плавання та керування ризиками. Класифікація. Державні стандарти. Методи управління ризиками*

Окреме увагу під час транспортних перевезень в останні роки приділяється питанням оцінювання ризиків безпеки плавання та керування ризиками. Останнім часом терміни «керування ризиками» (“Risk Management”) та «оцінка ризику» (“Risk Assessment”) впевнено входить до усіх сфер діяльності: заходи безпеки, організаційні процеси, системи управління процесами, управління державними організаціями. В морській сфері загальні підходи до керування ризиками визначені у вимогах Конвенція ПДНВ [68] для підготовки усіх суднових офіцерів.

В Україні термінологію стандартів з керування ризиками визначено *Національним стандартом України ДСТУ ISO Guide 73:2013 (ISO Guide 73:2009, IDT) «Керування ризиками. Словник термінів», затвердженим наказом Мінекономрозвитку України від 29 листопада 2013 № 1423 [231].*

Згідно з цим стандартом «ризик» – невизначеність щодо досягнення цілей.

*Невизначеність* – стан нестачі (навіть часткової) інформації, пов’язаної з розумінням або знанням події, її наслідків або правдоподібності.

Ризик характеризується, посилаючись на потенційні події та їх наслідки, а також комбінацію наслідків події (враховуючи зміну обставин) та правдоподібності її виникнення.

*Оцінювання ризику* – порівнювання результатів аналізування ризику з критеріями ризику, щоб визначити, чи є ризик і/або його величина прийнятними.

*Аналізування ризику* – процес, здійснюваний з тим, щоб розуміти характер ризику та визначити рівень ризику. Аналізування ризику слугує основою для оцінювання ризику та охоплює обчислювання ризику.

*Критерії ризику* – вихідні вимоги, згідно з якими провадять оцінювання важливості ризику. Критерії ризику можуть отримуватися зі стандартів, законів, політик та інших вимог. Наприклад, критерії, за якими оцінюється ступень ризику від провадження господарської діяльності у сфері безпеки на морському та річковому транспорті і визначається періодичність здійснення заходів державного нагляду, затверджені постановою КМУ від 26.11.2014 р. № 668 (Додаток Ж, п. 20).

*Готовність до ризику* – величина й тип ризику, які їх організація спроможна сприйняти чи зберігати.

*Неприйняття ризику* – прагнення уникати ризику.

*Управління ризиком (ризик-менеджмент)* – це цілеспрямовані дії з обмеження ризику, а саме діяльність з: виявлення областей підвищеного ризику; оцінки ступеня ризику, аналізу прийнятності даного рівня ризику для певних умов роботи; розробки заходів щодо попередження або зниження ризику; а якщо ризиковане подія вже відбулася – вжиття заходів щодо максимально можливого відшкодування заподіяної шкоди.

Система ризик-менеджменту складається з таких основних елементів [213, 51]:

- виявлення розбіжностей в альтернативах ризику;
- розробка планів, що дозволяють оптимальним чином діяти в ситуаціях, пов'язаних з ризиком;
- розробка конкретних рекомендацій, орієнтованих на усунення або мінімізацію можливих негативних наслідків;

- прийняття нормативних актів, що стосуються діяльності, пов'язаної з ризиком;
- облік і аналіз психологічного сприйняття ризикових рішень і програм.

Керування ризиками в Україні має здійснюватися згідно з *Національним стандартом України «Методи загального оцінювання ризику» ДСТУ ІЕС/ІСО 31010:2013 (відповідно до стандарту ІЕС/ІСО 31010:2009, ІДТ «Risk management– Risk assessment techniques»)*, затвердженого наказом *Мінекономрозвитку від 11.21.2013 № 1469 [230]*.

Питання щодо врахування ризиків, пов'язаних із безпекою руху суден в ЗППП, та адаптації систем попередження про ризики зіткнення описані у главі 6.1 роботи.

#### Сучасні світові тенденції в сфері системи управління безпекою судноплавства

Протягом останніх 40-50 років суднобудівна індустрія була направлена на удосконалення конструкцій і надійності суден, їх систем та механізмів для зменшення аварійності і підвищення ефективності і продуктивності судноплавства. Очевидним є удосконалення конструкцій корпусів суден, їх остійності, енергетичних установок та навігаційного обладнання. Сучасне обладнання є технологічно досконало та дуже надійне, відмічається значний розвиток технологій систем навігації та зв'язку, впровадження цифрових технологій. Тем не менш рівень морської аварійності до цього часу є високим. Чому ж це має місце?

Слід враховувати, що надійність судових механізмів та апаратури є тільки частиною безпеки. Морські навігаційні системи – це системи, в яких ключовим фактором є людина, і дії людини є в домінуючому ступеню вирішальними під час аварійної ситуації, а будь-яка похибка людини може мати суттєві наслідки. Багаторічні статистичні дані свідчать про те, що значна кількість морських аварій пов'язані з т.з. «людським фактором»). Незважаючи на активний розвиток технологічних можливостей на цей час відсутній комплексний повноцінний зв'язок між технологіями, електронною навігацією, процедурами, персоналом та його кваліфікацією. Розробники та виробники навігаційного та радіобладнання орієнтуються на різного роду користувачів морської індустрії. Для повноцінного використання цього обладнання та забезпечення надійної комунікації користувачам

необхідно використовувати однакові морські навігаційні параметри та інші дані, для чого необхідні скоординовані та уніфіковані системи.

Враховуючи цей фактор ІМО для вирішення цих питань головним завданням визначила стратегічний підхід [291] до комплексного використання існуючих та перспективних навігаційних засобів та систем, в першу чергу електронних ергатичних засобів. ІМО визначено Стратегію «електронної навігації» ("e-Navigation"), яка повинна сприяти зменшенню кількості похибок і пов'язаних з ними аварій шляхом розробки стандартів для системи, направленої на підвищення безпеки, ефективності судноплавства та збереження світового океану.

"e-Navigation" – це гармонізований збір, інтеграція, обмін, подання і аналіз морської інформації на борту ВТЗ та на березі за допомогою електронних засобів усіх необхідних послуг для забезпечення безпеки судноплавства, морської охорони та захисту морського середовища, а також послуг, пов'язаних з логістикою та обслуговуванням ВТЗ в портах.

Відповідно до Стратегії ІМО визначені основні цілі "e-Navigation", які були в максимально можливому ступеню враховані автором під час підготовки цієї роботи та практичного запровадження результатів досліджень,:

- підтримувати безпечний рух ВТЗ, враховуючі гідрографічну, метеорологічну і навігаційну інформацію та ризики;
- підтримувати контроль та управління рухом ВТЗ за допомогою берегових служб;
- підтримувати систему зв'язку, включаючи передачу інформації між ВТЗ, ВТЗ і берегом, між береговими службами і іншими користувачами;
- забезпечувати можливість підвищення ефективності перевезень та логістики;
- підтримувати високий рівень реагування на аварійні ситуації, а також роботи пошукових та рятувальних служб;
- продемонструвати встановлений рівень точності, цілісності та безперервності, які відповідає системам з особливими вимогами щодо безпеки;
- об'єднувати і відтворювати інформацію бортових і берегових систем за посередництвом інтерфейсу оператора, що дозволить максимально підвищити



рівень безпеки судноплавства і мінімізувати ризик виникнення невірної тлумачення інформації користувачем;

- об'єднувати і відтворювати інформацію бортових і берегових систем для управління робочого навантаження користувачів, а також забезпечувати роботу користувача і процес прийняття рішень;
- забезпечувати можливість нарощування функцій й бути доступною для усіх потенційних морських користувачів.

Структурно "e-Navigation" складається з сегментів навігаційної безпеки на борту ВТЗ, на березу та радіозв'язку (рис.1.5):

➤ Бортовий сегмент включає навігаційні системи, які отримують сигнал від інтегрованих зовнішніх сенсорів, які підтримують інформацію, стандартне використання інтерфейсів, всебічні системи управління охоронними зонами і сигналами лиха. Ключові елементи такої системи передбачають активне залучення моряка в процесі навігації для виконання його обов'язків найбільш ефективним способом, запобігаючи при цьому відволікання та перевантаження.



Рисунок 1.5 – Загальна конструкція системи "e-Navigation"

➤ Береговий сегмент включає управління рухом суден і відповідні послуги, поліпшені шляхом підвищення якості їх надання, координації і передачі всебічних даних в форматах, які могли б найбільш легко розуміти та опрацьовані береговими операторами для підтримки безпеки й ефективності роботи суден.

➤ Сегмент радіозв'язку включає безпосередній цифровий радіозв'язок, створення інфраструктури, що забезпечує безперервну передачу інформації на борту ВТЗ, між ВТЗ, між ВТЗ і берегом, а також між береговими владами і іншими сторонами для різних цілей в інтересах судноплавства [44, 53, 291].

Ключовий фактор успіху "e-Navigation" заключений в інтеграції технологій, зручності використання і зменшення людського фактору в навігації.

Останнім часом інтенсивно запроваджуються регіональні системи забезпечення безпеки судноводіння відповідно до нових вимог міжнародних інструментів: Конвенції СОЛАС [67, 107], резолюцій ІМО, директив Європейського союзу та Ради ЄС, інших міжнародних і національних вимог. У зв'язку з цим у світовому морському флоті в рамках розробки системи "e-Navigation" в останні роки цілеспрямовано впроваджуються різноманітні технічні засоби та системи (рис. 1.6):

- автоматизована інформаційна система (AIC - AIS);
- супутникова система зв'язку INMARSAT;
- система управління рухом суден (СУРС - VTS) в режимі обміну сповіщеннями «судно-беріг»;
- річкова інформаційна служба (PIC - RIS);
- система відображення електронних карт та інформації для судноводіння (ЕКНІС - ECDIS);

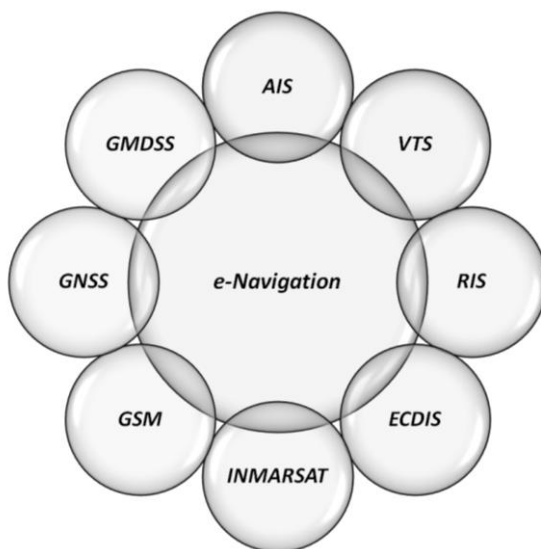


Рисунок 1.6 – Глобальні технічні навігаційні системи, що входять до комплексної системи електронної навігації

- глобальні навігаційні супутникові системи (GPS, ГЛОНАСС, Galileo);
- Глобальна система мобільного зв'язку GSM;
- Глобальна морська система зв'язку у разі лиха та для забезпечення безпеки (ГМЗЛБ Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS)), тощо.

Швидкий зв'язок GMDSS, який включає цифровий вибіркового виклик (ЦВВ), забезпечується у вказаних районах незалежно від умов проходження радіохвиль завдяки високому рівню автоматизації процесів передачі та прийому сповіщень.

На виконання цих вимог Міністерство інфраструктури України встановлено обов'язковий стандарт щодо наявності апаратури GMDSS на усіх суднах загальною місткістю більше ніж 150 р.т., які можуть здійснювати плавання у відкритих морських водах (Додаток Ж, п. 56) з урахуванням зон дії берегових радіостанцій:

- УКХ-діапазону (25-30 морських миль  $F_{УКХ\delta} = 156 \div 174$  МГц для морського району А1) та
- КХ-СХ діапазону (до 200 миль відповідно  $F_{КХ\delta} = 4 \div 27,5$  МГц и  $F_{СХ\delta} = 1605 \div 4000$  кГц для морського району А2).

На погляд автора протягом найближчого десятиріччя за рахунок запровадження системи "e-Navigation" в світовому судноплаванні слід очікувати такі основні позитивні наслідки, що наведені на рис. 1.7. При цьому передбачається, що відносно персоналу стратегія має бути направлена на тренінг, компетентність, мовні вміння, робоче завантаження та мотивацію.

Крім того, на погляд автора, є нагальна потреба в поступовому але безперервному запровадженні елементів стратегії "e-Navigation" в національну галузь морського та річкового транспорту України, що надасть змогу в значному ступеню сприяти:

- підвищенню рівня безпеки судноплавства;
- зменшенню вірогідності людських помилок;
- зниженню рівня навантаження на операторів;
- комплексному використанню сучасних бортових та берегових навігаційних засобів та систем.

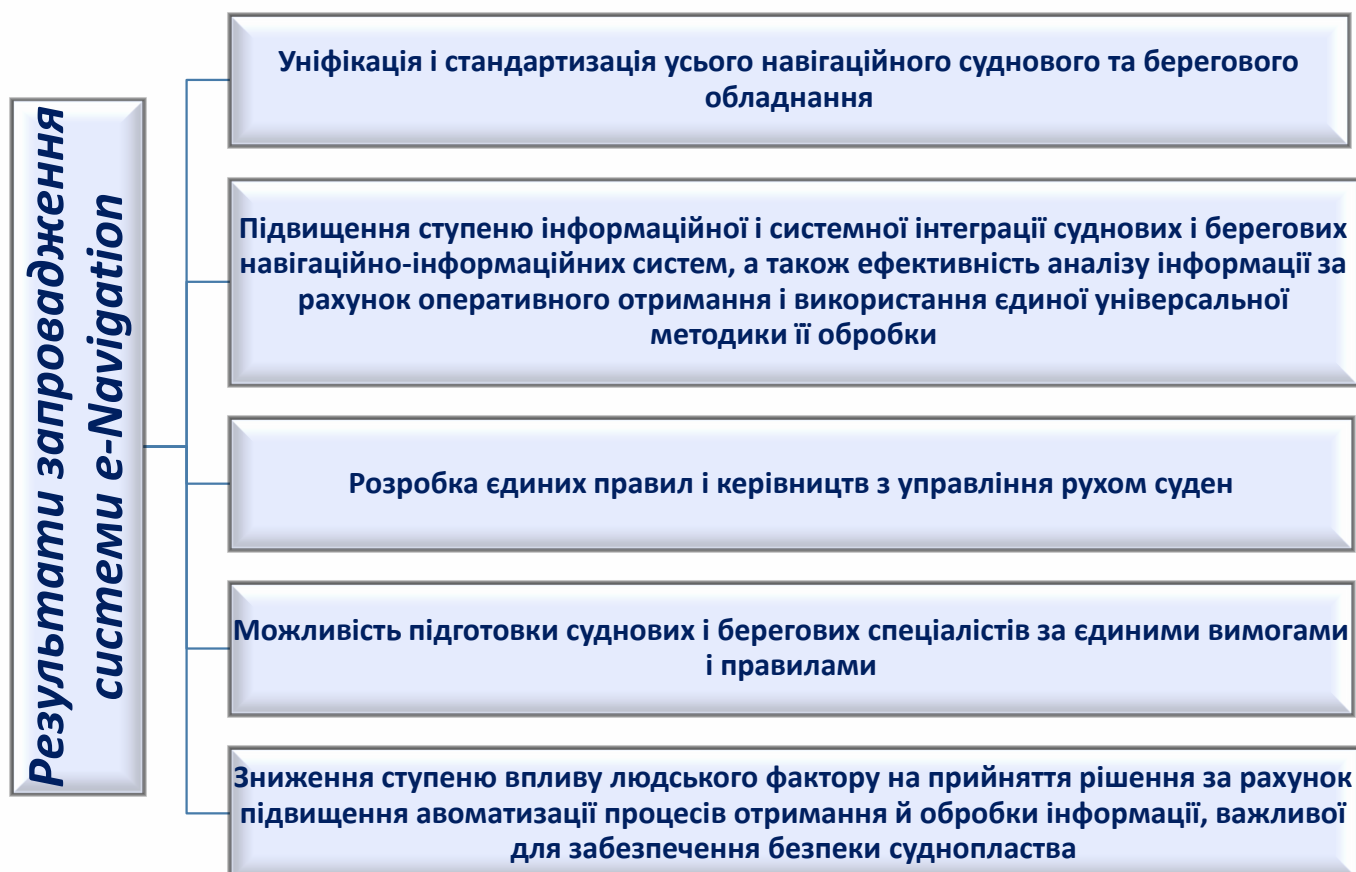


Рисунок 1.7 – Прогнозовані практичні результати запровадження системи ”e-Navigation”

Запропонована інтегрована схема інформаційного обміну в межах системи навігації та управління рухом ВТЗ на морському та річковому транспорті України, побудованої на принципі стратегії “e-Navigation”, наведена у главі 4.1 роботи.

Дисертаційна робота безпосередньо направлена на науково-технічне та прикладне вирішення завдань поліергатичного забезпечення навігації та управління рухом ВТЗ в інтересах галузі морського та річкового транспорту України.

### **1.3 Гіпотеза трансверсальних траєкторій для забезпечення безпеки управління рухом водних транспортних засобів у нестационарних полях фізичного середовища**

Суттєве розширення перевезень на ВШ неможливі без гарантованого забезпечення безпеки руху ВТЗ, особливо в районах з обмеженими габаритами та іншими факторами ЗППП. В реальних ситуаціях суттєві обмеження (для руху запланованим маршрутом, напрямком та швидкістю) виникають за рахунок дії багатьох природно-соціальних факторів, які постійно змінюються та часто є непередбачуваними.

Відомий науково-методичний апарат для проектування та експлуатації ергатичних систем управління у різноманітних заздалегідь передбачених в технічному завданні ситуаціях забезпечує високу ефективність лише у межах кожного окремого автономного ПАК розв'язування типових формалізованих задач практики судноводіння. В відомих ієрархічних поліергатичних системах навігаційного оперативного обслуговування процесів вахтового управління у стислих ЗППП за фактом реалізується на неналежному рівні. Свідчення цього є міжнародна статистика аварійних подій на водному транспорті.

Відсутність єдиного підходу до визначення закономірностей взаємозалежності навігаційних просторово-часових координат рухомих ВТЗ і гарантовано адаптивних законів управління їх рухом, а також організації раціональної циркуляції інформаційних потоків призводить до того, що у ЗППП рівень аварійності світового морського флоту до цього часу кардинально не знижується, незважаючи на численні дослідження закордонних та вітчизняних вчених, спрямованих на створення більш ефективних навігаційних програмно-апаратних комплексів (ПАК) ВТЗ.

В поліергатичній системі навігації, управління та зв'язку безпечні дії ІАС ОПР залежать від результатів візуалізації для кожного з конкретних фрагментів (мета-макро-міні) ситуацій, які є взаємопов'язаними станами єдиної СДС. Нелінійні особливості взаємодії складних елементів СДС можуть приводити до втрати

стійкості, особливо під час різких параметричних змін (стурбованості, відмовах, завадах) [113, 299].

Тому необхідний пошук інших шляхів вирішення цієї проблеми та інша постановка завдання. Потрібні спеціальні знання з полієргатичного програмно-апаратного забезпечення безпеки судноплавства а також закономірностей взаємозалежних дій в умовах невизначеностей та ризиків навігаційного обслуговування для використання технічних можливостей засобів спостереження, зв'язку, управління та навігаційного обслуговування ВТЗ. Необхідне створення методологічного та технологічного апарату для побудови полієргатичних транспортних інформаційно-управляючих систем (ТІУС), які обслуговують потоки ВТЗ в ЗППП в умовах невизначеностей та ризиків навігаційного обслуговування.

Таким чином, центральним завданням подальшого руху на шляху інтеграції навігаційних технологій для управління ВТЗ в ЗППП на судноплавних шляхах з гарантуванням рівня безпеки ВТЗ, екіпажу, пасажирів та вантажів є розробка комплексу моделей та методів досягнення безпеки в даній СДС при фактичному прояву негативних факторів внутрішньої та зовнішньої середи [260, 287].

Головне наукове завдання в умовах усіх наявних поточних зовнішніх загроз при цьому полягає в необхідності визначення трансверсальних траєкторій, які спрямовані на неперервний під час рейсу рух ВТЗ в безпечних, локальних областях гарантованого запобігання контакту з небезпечними об'єктами та несприятливими явищами ЗНОС.

Забезпечення функціональної стійкості СДС, в якій знаходиться ВТЗ в ЗППП, може бути здійснено лише за умов безперервної адаптації до небезпечних умов плавання. Полієргатична взаємодія в межах СДС враховує також залежності від гідродинамічних характеристик ВТЗ як об'єкту управління, інших рухомих об'єктів, перешкод, що виникають навколо ВТЗ, а також від зовнішніх природних факторів.

Кінцевий ефект безпеки судноплавства досягається шляхом взаємодії всіх компонентів СНУР. Тому ПАК ГАУ включають методи та засоби автоматизації управління рухом ВТЗ, з використанням інтегрованих комплексів обробки інформації. Такі ПАК СНУР ВТЗ повинні бути функціонально стійкими, щоб

гарантувати безпеку плавання в будь-яких ЗППП та гідрометеорологічних умовах під час реального рейсу.

Наукові дослідження, аналіз статистики та нормативних документів і стандартів ІМО дозволяють стверджувати, що людський фактор є суттєвою, але не єдиною причиною загибелі суден та аварійних подій в різноманітних неочікуваних ситуаціях реального судноводіння.

Основна причина відбувських аварійних подій – це критичне наближення до меж зон НОН та безпосередній вхід ВТЗ в ядро цієї конфліктної зони. Запропоновані додаткові засоби глобальної навігації у комплексі з сучасної комп'ютерної інформаційної, телекомунікаційної технологіями та методами комплексної обробки інформації в підсистемах підтримки прийняття рішень разом неперервно створюють одночасно єдність обох задач: по-перше, це запобігання наближення рухомих ВТЗ до меж НОН; по-друге, це оперативний безпечний вивід ВТЗ у локально обмежений безпечний простір з визначеними просторово-часовими координатами для продовження залишкової частини рейсу плановим чи скоригованим маршрутом.

В практиці використання водного простору морськими та річковими ВТЗ наявні на цей час протиріччя полягають у тому, що зростають витрати на технічне забезпечення та організацію навігаційного обслуговування й управління рухом за допомогою сучасних додаткових засобів підвищення точності, цілісності, надійності, експлуатаційної готовності. В той же час аварійність різних типів ВТЗ та кількість травмованих та загиблих під час аварій суттєво не знижується, навіть з найсучаснішими суднами (наприклад аварія з лайнером “Costa Concordia”, яка мала місце 13 січня 2012 р.) [25].

Даний факт дозволяє сформулювати гіпотезу про відсутність спеціальної технології гарантування безпечного руху ВТЗ, на борту якого для зниження ризиків типових аварій діють сучасні засоби СНУР, але їх ресурсів недостатньо. Таким чином необхідність створення умов для постійного знаходження ВТЗ в умовах трансверсальних траєкторій в СДС у нестационарних полях реального фізичного

середовища потребує наукову формалізацію нового апарата, направленою на досягнення максимально можливого рівня безаварійності ВТЗ.

Фактори, що негативно впливають на безпеку судноплавства, та які можна або неможливо передбачити, на погляд автора, наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Фрагменти баз даних явищ та факторів, що негативно впливають на безпеку плавання ВТЗ

Навігаційні та технічні фактори	Метеорологічні фактори	Фактори, які передбачити неможливо
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Навігаційні небезпеки: скелі, мілини, звуження фарватеру, малі глибини</li> <li>▪ Зустрічні судна та судна, що перетинають курс</li> <li>▪ Раптова поява суден з-за перешкод</li> <li>▪ Відмова суднового обладнання, передаварійний стан обладнання</li> <li>▪ Відмова СНС, РНС, систем радіозв'язку</li> <li>▪ Інформація про небезпеку, передана береговими центрами</li> <li>▪ Військові дії, народні протести, страйки</li> <li>▪ Очікувані акти тероризму</li> <li>▪ Властивості вантажу</li> <li>▪ Пожежа на борту чи біля ВТЗ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Штормова погода</li> <li>▪ Припливи-відливи</li> <li>▪ Тумани</li> <li>▪ Різка зміна умов видимості</li> <li>▪ Льодові умови</li> <li>▪ Айсберги</li> <li>▪ Зміна течій в залежності від глибини</li> <li>▪ Торнадо</li> <li>▪ Магнітні аномалії</li> <li>▪ Вплив хвилювання на суднові конструкції</li> <li>▪ Вплив на РНС та системи зв'язку електромагнітних завад</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Попадання небесного тіла</li> <li>▪ Виверження вулкану</li> <li>▪ Цунамі</li> <li>▪ Обрушення берегового схилу</li> <li>▪ Влучання в судно вибухового пристрою</li> <li>▪ Інші непередбачувані природні чи техногенні події</li> </ul>

Для уніфікованого розуміння та застосування понятійного апарату пропонується використовувати терміни в значеннях, наведених в Додатку 3.

За рахунок мультіагентної взаємодії гетерогенних інтегрованих СНУР ВТЗ гіпотезою передбачається обов'язкове здійснення завчасного ситуаційного перерозподілу функцій та ресурсів в межах поліергатичних систем в єдиному



ієрархічному просторі отримання заданого рівня безпеки у ЗПРП у разі проявів навігаційних, технічних та метеорологічних явищ та факторів.

Трансверсальні траєкторії рухомих ВТЗ повинні бути визначені в умовах усіх наявних поточних загроз технічних об'єктів та фізичних польових середовищ для забезпечення неперервного руху ВТЗ під час рейсу в безпечних, безаварійних локальних областях гарантованого запобігання контакту з небезпечними об'єктами та несприятливими явищами зовнішнього навколишнього середовища.

#### **1.4 Визначення мети і задачі дослідження**

Виходячи з результатів аналізу фактичного стану аварійності та проблемних питань полієргатичних систем навігаційного обслуговування на світовому флоті та в Україні можна сформулювати мету та задачі дослідження.

Актуальність загального наукового завдання полягає в необхідності визначення безпечних траєкторій рухомих ВТЗ в умовах усіх наявних поточних загроз фізичних польових середовищ, спрямованих на неперервний рух ВТЗ під час рейсу в безпечних, безаварійних локальних областях гарантованого запобігання контакту з небезпечними об'єктами та несприятливими факторами зовнішнього навколишнього середовища.

З урахуванням вищезазначеного метою дисертаційних досліджень є розроблення науково-методичних основ підвищення безпеки судноплавства морських та річкових водних транспортних засобів.

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.

Вирішення проблеми 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;  $V=f(X, \gamma, \rho, F_l)$  – вектор поведінки судноводія,

$M_{np}$  – модель прийняття рішення;  $M_c$  – модель розвитку маневреної ситуації;

$Y_{np}$  – вектор прийняття рішення;  $Y_c$  – вектор розвитку ситуації;  $Y_{G,Go}$  – вектор прогнозування розвитку ситуації;

$\{A^*\}$  - множина оптимальних стратегій для реалізації безпечного маневру.

## Висновки по першому розділу

1. Фактичні дані вітчизняної та міжнародної статистики аварійності за останні десятиріччя свідчать про наявність суперечності в практиці використання ВТЗ водного простору, яка полягає у зростанні витрат на технічне забезпечення і організацію навігаційного обслуговування та управління рухом за допомогою сучасних додаткових засобів підвищення точності, цілісності, надійності, експлуатаційної готовності, та їх неспроможності суттєво знизити аварійність різних типів ВТЗ та, відповідно, кількість загиблих та травмованих під час аварій.

2. Наукові дослідження, аналіз статистики та нормативних документів і стандартів ІМО дозволяють стверджувати, що людський фактор не є єдиною причиною загибелі ВТЗ в різноманітних неочікуваних ситуаціях реального судноводіння. Застосування новітньої комп'ютерної інформаційної, телекомунікаційної технології та методів комплексної обробки інформації в підсистемах підтримки прийняття рішень повинно дозволяти здійснювати вивод рухомих ВТЗ у локально обмежений безпечний простір з визначеними просторово-часовими координатами.

3. Відомий науково-методичний апарат для проектування та експлуатації ергатичних систем управління забезпечує високу ефективність лише у межах кожного автономного програмно-апаратного комплексу розв'язування типових формалізованих задач практики судноводіння. Але, як свідчить міжнародна статистика аварійних морських подій, для ієрархічних поліергатичних систем навігаційного обслуговування процесів вахтового оперативного управління в надзвичайних ситуаціях методи технічного забезпечення й організації управління, регламентовані ІМО, на неналежному рівні реалізують траєкторне управління у стислих зонах підвищеного ризику плавання. Актуальність загального наукового завдання полягає в необхідності визначати трансверсальні траєкторії рухомих ВТЗ в умовах усіх наявних поточних загроз фізичних польових середовищ, спрямованих на неперервний під час рейсу рух ВТЗ в безпечних, безаварійних локальних областях гарантованого запобігання контакту з небезпечними об'єктами та несприятливими явищами зовнішнього навколишнього середовища.

4. Статистика та аналіз аварій на морському та річковому транспорті України та влучення України в «чорний список» Паризького меморандуму свідчить про суттєвий вплив на показник навігаційної безпеки судноплавства якості процесів навігації та управління рухом ВТЗ, а також функціонування національної системи управлінням безпекою судноплавства.

Матеріали розділу 1 висвітлені у працях автора [113, 114, 260, 261, 282, 286, 291, 299] та у Додатках В, Д, Е, Ж, З.

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ГАРАНТУВАННЯ БЕЗПЕЧНОГО ПЛАВАННЯ В УМОВАХ НЕОДНОРІДНОСТІ ФІЗИЧНИХ ПОЛІВ У ЗОНІ РУХУ ВОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

#### 2.1 Вибір та обґрунтування принципів існування безпечного руху ВТЗ під час наближення загрозливих факторів зовнішнього навколишнього оточуючого середовища

Математичні методи та комп'ютерні технології разом забезпечують практичну значимість результатів розв'язку актуальних задач судноводіння. Завчасність отримання рішення забезпечує спроможність встигнути виконати відповідний закон управління у межах СДС. Поточні умови плавання реально змінюються та майже випадково набувають загрозливих форм впливу ЗНОС на будь-який ВТЗ. В залежності від фактичних обставин можливі різні наслідки раціонального реагування всіх ієрархічних підсистем СДС [113, 282, 299].

По-перше, коли ступінь небезпеки знаходиться у межах  $\varepsilon$  допуску, тоді закон управління  $U(t, X, W)$  відповідає режимам стабілізації внутрішніх параметрів ВТЗ та кінематичному слідуванню відносно запланованого маршруту руху на акваторії судноводіння. Це нормальний режим безпечної області навігації (БОН) під час експлуатації з шумами ЗНОС.

По-друге, коли ВТЗ відхиляється від запланованої траєкторії у наслідок дозволених імпульсних збурень (за рівнем визначених  $f(\varepsilon, \delta)$  обмежень), тоді розв'язуються задачі ГАУ. Це дозволяє компенсувати небажані впливи ЗНОС шляхом застосування наявних на борту енергетичних ресурсів. Перехідний або маневрений режим саме швидко завершується. Після цього ВТЗ продовжує рух вже згідно запланованої траєкторії руху, яка є цільовою для даного рейсу.

По-третє, можуть виникнути ситуації, коли геометрична відстань між ВТЗ та потенційно небезпечним об'єктом вже не дозволяє попередити контактне зіткнення, як цього вимагають Міжнародні правила попередження зіткнень суден в морі 1972 року (МППЗС-72) [24, 212]. При цьому у випадку наближення до стану неминучості аварії можливими залишаються лише автоматичні режими активізації засобів екстремального рятування у НОН.

Відомий приклад входу в НОН, коли суперлайнер «Costa Concordia» 13.01.2012 року сів на мілину на італійському узбережжі біля острова Giglio з утворенням пробоїни біля 70 м довжиною, загибеллю судна та десятків пасажирів. Матеріальні збитки у наслідок цього склали біля 2-х млрд. євро [25].

Втрати світового морського флоту за типом та причинами загибелі суден [19, 100] наведені в табл. 1.1 та на рис. 1.1 і 1.2. За статистикою найбільша кількість суден, що загинули в морі – неспеціалізовані суховантажні судна, головні причини їх загибелі – втрата плавучості та посадка на мілину. Іншими словами, це безпосередній вхід ВТЗ в НОН та критичний вплив на ВТЗ ЗНОС. Це підтверджує, що тематика досліджень є актуальною.

Автором запропоновано змінювати форми взаємодії ергатичних комплексів, насичених засобами автоматизації на базі комп'ютерних технологій [113, 265]. Методологічна сутність алгебраїчно-символьної формалізації інтелектуальних систем спрямована на реальне досягнення ефективної безпеки плавання ВТЗ та життя людей на ньому. Це здійснюється за рахунок упередженого спостереження у ПЧК з координатами  $x, y, t$  прогнозних  $\Delta x$  та  $\Delta y$  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 враховуємо, що у разі знаходження судна в умовах впливу факторів нестационарного ЗНОС зростають ризики опинитись у аварійному (передаварійному) стані.

Для запобігання цього [113, 296] необхідно вирішити питання, пов'язані з:

– ключовими властивостями сучасних практичних навігаційних задач:

$БОН_{k-1} \Rightarrow БОН_k \Rightarrow БОН_{k+1}$ ).

– часовими підінтервалами у  $T_0$ .  $\tau_j \in t_j \in T_j, \forall j = \overline{1, L}, J \in N$  різнотемпових

багатьох паралельних процесів, що взаємозалежні від часових попередніх та поточних станів учасників СДС;

– тривимірністю у просторі  $x_i, y_i, z_i, \forall j = \overline{I, K}$  ПЧК з зовнішніми факторами впливу;

– інформаційно-обчислювальною кількістю операцій ЕОМ  $C_k(t, X), \forall k = \overline{I, N}$  у наслідок неформалізованих ситуаційних моделей за різних ситуативних причин з невизначеними параметрами;

– комбінуванням інтеграції об'єктів  $I = \sum_{l=1}^M I_l(C_{kl}), \forall j = \overline{I, M}$  зі значною кількістю ієрархічних рангів взаємодії на горизонтальних та вертикальних рівнях.

Приклад вирішення конфлікту зустрічі учасників руху в водному середовищі (НОН) для локального ПЧК наведено на рис. 2.1.

Вирішення конфлікту між учасниками руху в водному середовищі (НОН) формалізується таким чином:

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

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

$$V_i = inv,$$

$$\text{де } z_{0i}(t_0) \in z_0; \quad z_{fi}(t_f) \in z_f; \quad \varphi_i \in (0^0, 360^0);$$

$$z_{0j}(t_0) \in z_{0j}; \quad z_{fj}(t_f) \in z_{fj}; \quad V_i \in 0, V_{imax};$$

$V_{i,j,\dots}$  – 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.

При цьому комбінація числа поєднань

$$C_n^{m \equiv 3} = \frac{n!}{m!(n-m)!}.$$

При наявності в ЗПРП усього, наприклад, двадцяти ВТЗ ( $n=20$ ) та трьох загрозливих ВТЗ ( $m=3$ ), що цілком реально в фактичних умовах плавання, (рис. 4.7).

$$C = \frac{20!}{3! \cdot 17!} = \frac{18 \cdot 19 \cdot 20}{1 \cdot 2 \cdot 3} = 1140 \text{ (задач)}$$

$$1140 \times 0,5 \text{ сек.} = 570 \text{ сек.} \approx 10 \text{ хвилин.}$$

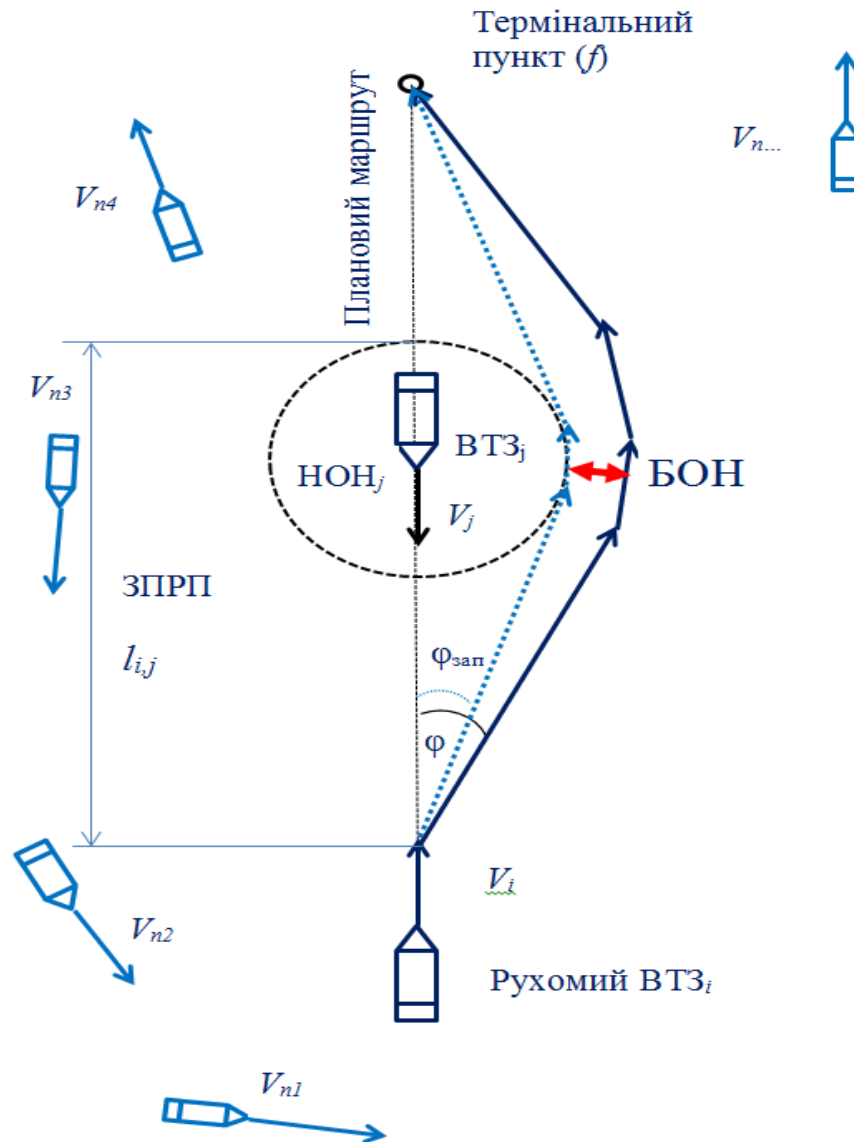


Рисунок 2.1 – Вирішення конфлікту зустрічі учасників руху в водному середовищі

Тому для можливості своєчасного опрацювання інформації та прийняття рішення необхідно здійснювати декомпозицію та розподіл функцій і ресурсів в ITS.

У зв'язку з різким зростанням складності та витратами часу декомпозицію поточної складної задачі необхідно виконувати швидко за верифікованими окремими логічними схемами алгоритмів. Обмін даними між логічними схемами алгоритмів



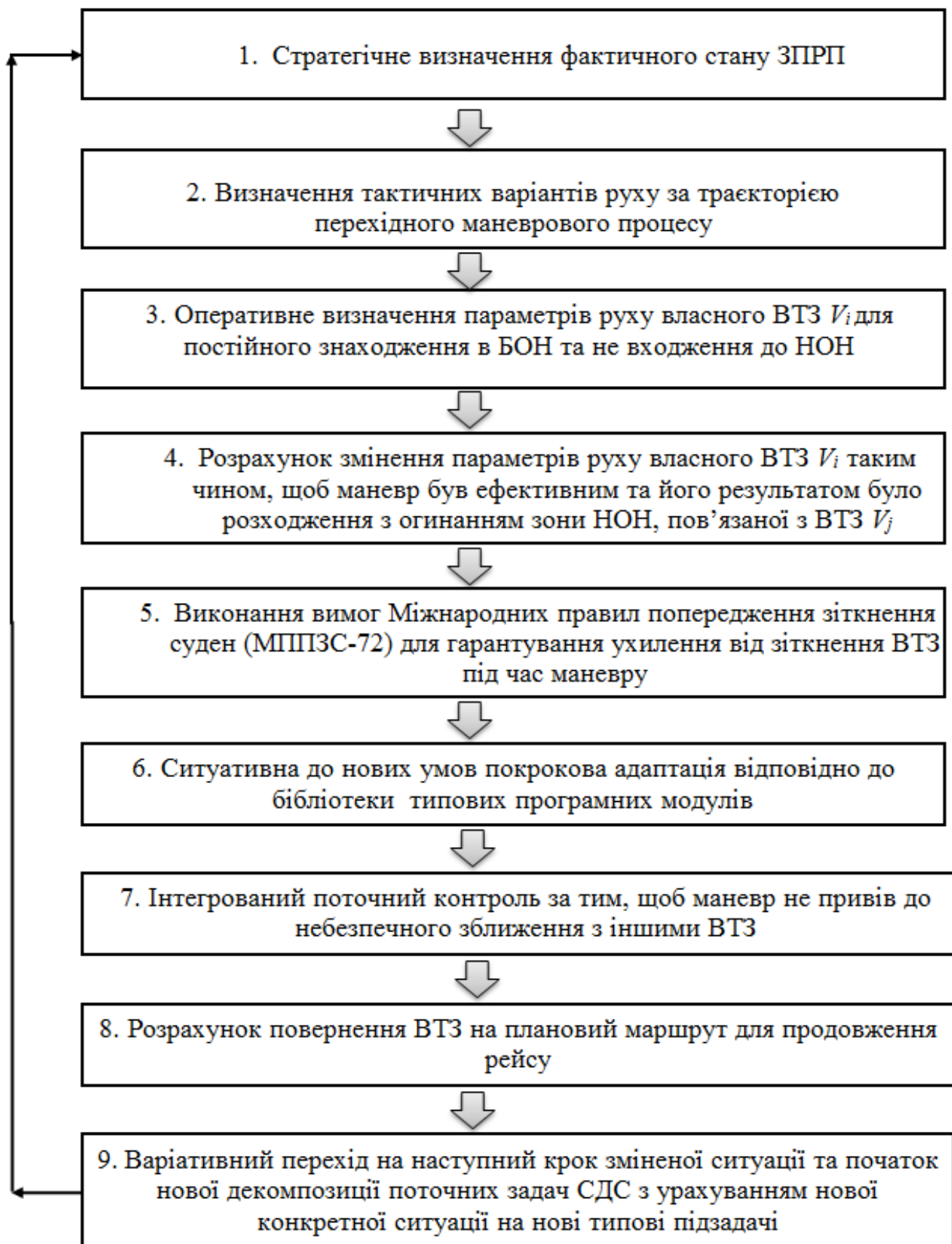


Рисунок 2.2 – Запропонована концепція декомпозиції поточної складної задачі судноводіння в ЗПРП на основні типові підзадачі

фіксуються відповідно до визначених умов переходів в межах інтегрованого алгоритму розв'язання складної задачі. 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, наведеній на рис. 2.2.

Загальні пропозиції автора пов'язані з встановленням чітких уніфікованих міжнародних та національних стандартів та нормативів, регламентуючих правила безпеки судноплавства, дотримання цих стандартів та створенням ПАК з сучасними програмно-апаратними функціями, метою яких є забезпечення додаткового просторового та часового запасу безпеки в змінних навігаційних позиціях.

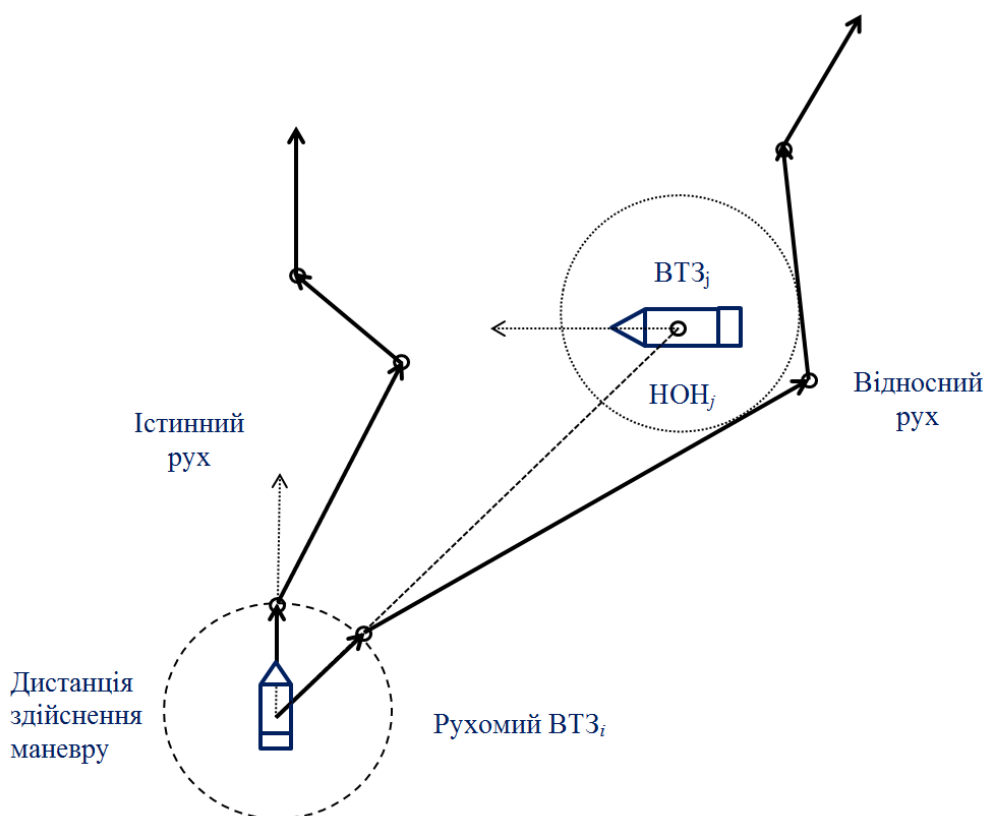


Рисунок 2.3 – Здійснення маневру на розходження між  $VT3_i$  та  $VT3_j$  з урахуванням МППЗС-72 із зображенням істинного та відносного руху

З метою вибору безпечного курсу для розходження  $VT3_i$  з іншим  $VT3_j$  шляхом зміни курсу чи швидкості модулем опрацювання маневру суднової системи

автоматичного розрахунку маневру розходження (засоби автоматизованої радіолокаційної прокладки – ЗАРП) повинні розраховуватися дані абсолютного та відносного взаємного розташування обох ВТЗ, приклад якого наводиться на рис. 2.3.

Продовження руху ВТЗ<sub>i</sub> та ВТЗ<sub>j</sub> без зміни параметрів руху (зміна курсу та/або швидкості) в цьому випадку неминуче призведе до їх зіткнення (рис. 2.4). Але такий варіант стосовно мети та завдань дисертаційної роботи та відповідно до пріоритетної вимоги – безпеки, ніколи не повинен бути реалізований автоматизованими системами навігації та управління рухом ВТЗ.

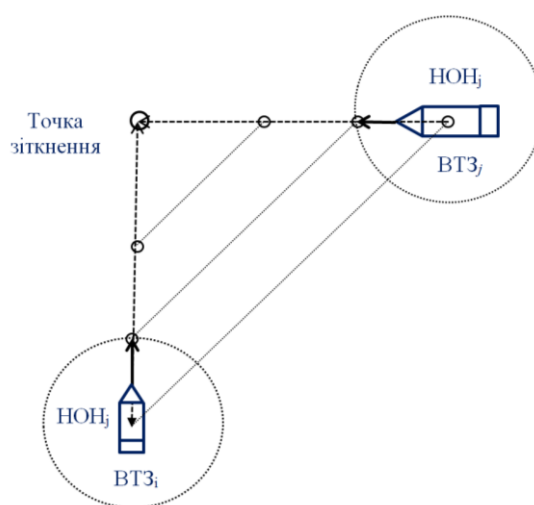


Рисунок 2.4 – Зміни в відносному взаємному положенні ВТЗ<sub>i</sub> та ВТЗ<sub>j</sub> без змін параметрів руху

Під час планування та проведення маневру слід враховувати, що ВТЗ є не точковим, а об'ємним тривимірним інерційним об'єктом значних розмірів (рис. 2.5).

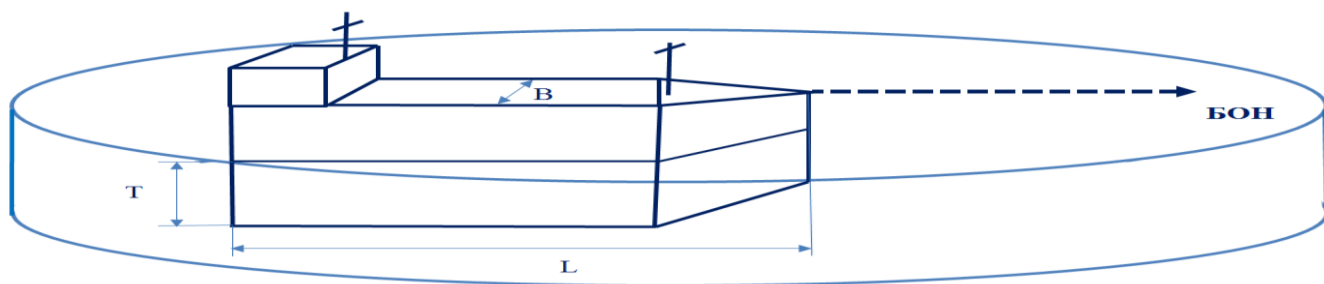


Рисунок 2.5 – Схема безпечного оточення околу ВТЗ водним простором БОН

Сучасні морські ВТЗ мають довжину ( $L$ ) 300 м та більше, ширину ( $B$ ) до 50-60 м, осадку ( $T$ ) до 15-20 м (Додаток К) і тормозний шляхом в декілька кілометрів. У зв'язку з цим необхідно мати постійний достатній запас акваторії БОН навколо усього контуру ВТЗ з урахуванням навігаційних та зовнішніх погодних вітро-хвильових факторів.

Крім того, для гарантованого забезпечення ухилення від зіткнення з ВТЗ<sub>і</sub> 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.

На рис. 2.6. наведено варіанти фаз розвитку подій в ПЧК для двох ВТЗ, що наближуються у разі реалізації маневру з ухилення та запобігання зіткнення та без реалізації такого маневру.

Пояснення до рисунку 2.6:

$\Delta X_I$  – найменша дистанція наближення, з якої починається реалізація ГАУ ВТЗ згідно визначеного закону маневрування  $U(t, X, W)$ ;

$\Delta X_{MAN}$  – найменша допустима дистанція наближення (початок маневру);

$\Delta X_{ПОВ}$  – дистанція безпечного віддалення від зіткнення (повернення на курс з ухилення);

$\Delta X_{БЕЗП}$  – безпечна дистанція з урахуванням загрожуючих факторів зовнішнього впливу (вітер, хвилі, течії, тощо);

покрокові  $i$  часові інтервали, які характеризують безпечний цільовий варіант з ухиленням від зіткнення (рис.2.6):

$T_{MAN}$  – час, коли зміна режиму роботи двигуна та рульової машини повинні завершитися та початися маневр;

$T_{ПОВ}$  – час, коли у результаті зміни режиму роботи двигуна та рульової машини ВТЗ завершив маневр та минула ситуація небезпечного наближення;

$T_{БЕЗП}$  – час, коли ВТЗ після звершення маневру знаходиться в безпечній дистанції з урахуванням загрожуючих факторів зовнішнього впливу;

$T_{FIN}$  – час, коли ВТЗ завершив маневр та повернувся на запланований маршрут;

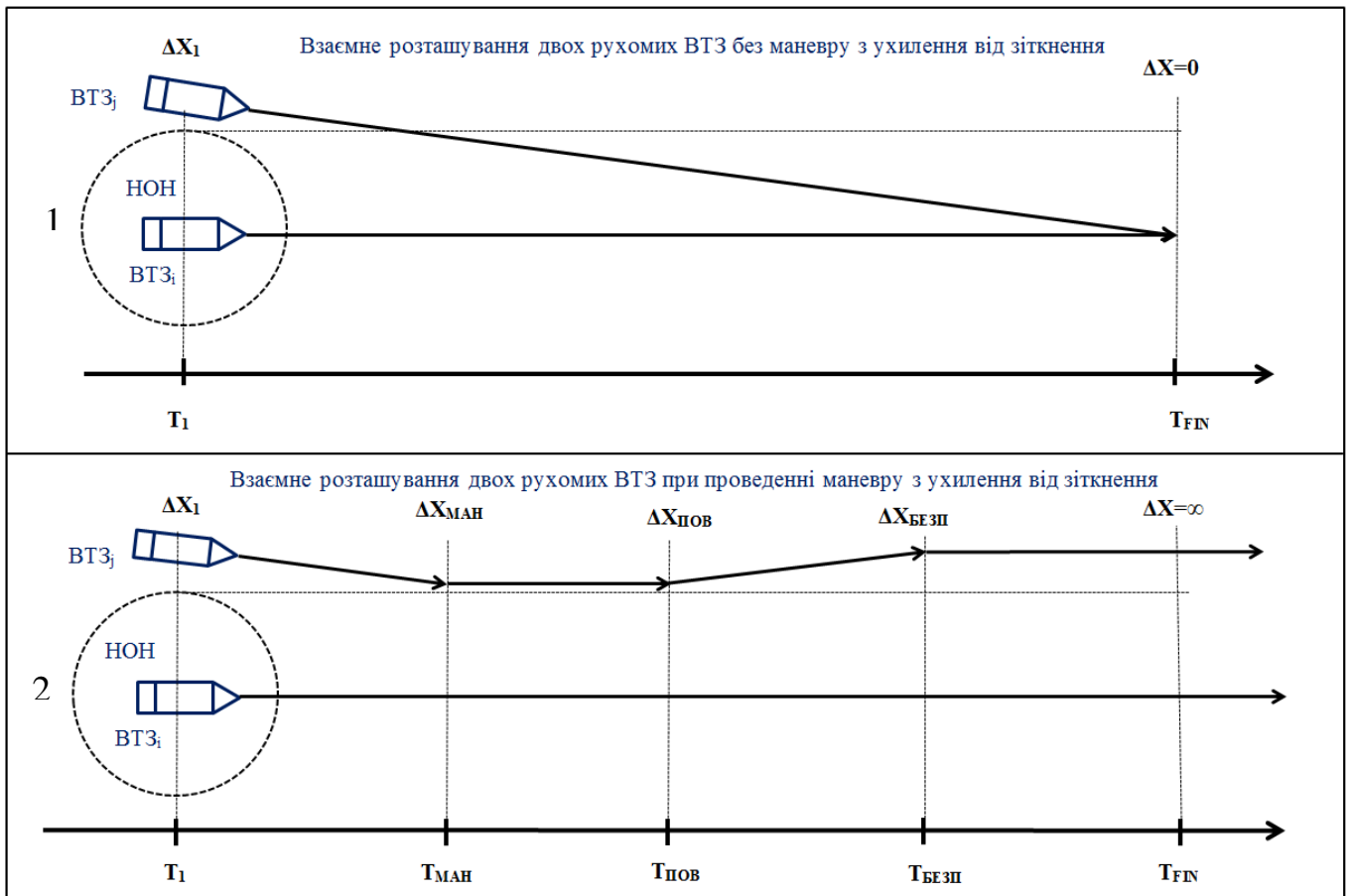


Рисунок 2.6 – Варіанти фаз розвитку подій в ПЧК для ВТЗ, що наближуються:

1 – варіант без реалізації маневру з ухилення, унаслідок чого зіткнення відбудеться у момент  $T_{FIN}$  ( $\Delta X = 0$  відстань між бортами обох ВТЗ);

2 – своєчасна реалізація маневру з ухиленням та запобіганням зіткнення.

$$T_{МАН} - T_1 = \sum_{i=1}^l \Delta\tau_i - \text{починаючи з моменту } T_1 \text{ початку активізації задачі тривалості}$$

послідовних кроків, що за причин  $\Delta X_1$  витрачені на здійснення: упередженого прогнозування майбутніх подій до моменту  $T_{FIN}$ ; аналіз ситуації та варіантів запобігання зіткнень шляхом маневрування, що запропоновані; прийняття рішення та вибір схеми маневрування; процеси до моменту часу  $T_{МАН}$ , які характеризують, що зміни параметрів руху ВТЗ завершені;

$$T_{ПОВ} - T_{МАН} = \sum_{j=1}^m \Delta\tau_j - \text{тривалість послідовних кроків } m, \text{ які за тенденцією}$$

$\Delta X_{МАН} < \Delta X_1$  витрачені на здійснення процесів активного маневрування та

адаптивного управління законами зміни параметрів руху ВТЗ, у наслідок яких попередня тенденція змінена на протилежну тенденцію  $\uparrow \Delta X_{ПОВ}$  у момент часу  $T_{ПОВ}$ , коли закінчено стадія ухилення від зіткнення;

$$T_{БЕЗП} - T_{ПОВ} = \sum_{k=1}^n \Delta \tau_k \quad - \text{ починаючи з моменту } T_{ПОВ} \text{ до моменту } T_{БЕЗП} (\Delta X_{БЕЗП})$$

здійснюються  $n$  кроки повернення руху ВТЗ на реалізацією запланованого маршруту та продовження контролю даної пари ВТЗ.

У разі виникнення нових небезпечних факторів відлік часу починається знову з моменту  $T_1$  і виконуються ситуативні алгоритми забезпечення постійного знаходження в БОН згідно запланованого маршруту та попередження зіткнення.

Ефективність інтелектуалізації інтегрованих систем навігації і управління рухомими ВТЗ залежить від умов гарантування синергетичної взаємодії багатьох IAS на всіх ієрархічних рівнях єдиної організації забезпечення безпеки руху різноманітних ВТЗ. Різне зниження аварійності з причин «людського» та «навігаційного» фактору можливо за умов впровадження побудови віртуальних команд, які у прискореному масштабі часу розв'язують задачі шляхом ефективного та своєчасного управління з метою запобігання зіткнення з загрозованими об'єктами.

Гарантування безпеки та фінансової ефективності рейсу за рахунок повного виключення кінцевих стадій аварій й катастроф можливо при реальній здійсненності технології судноводіння, яка інваріантна до форм появи традиційних добре відомих впливів зовнішніх сил на судно [296], наприклад, значних втрат або пошкоджень вантажів, а також повної втрати судна, внаслідок плавання у важких штормових умовах. ГАУ рухом ВТЗ по критеріям інваріантності до цілого класу збурень в ЗПРП досягається засобами інтелектуальних технологій, які суттєво змінюють форми взаємодії ергатичних комплексів із застосуванням сучасних засобів автоматизації на базі комп'ютерних технологій. Інтегровані технології судноводіння на принципах інваріантності ГАУ рухом ВТЗ суттєво змінюють функції взаємодії комп'ютерних машин (автоматів) з IAS (особи, які приймають рішення - ОПР) в поліергетичній технологічній організації (ПЕТО).

Гарантована активна безпека руху ВТЗ в ЗППІ при загрожуючих факторах НОН реалізує три категорії захисту судноводіння без зіткнень і катастроф.

Перша категорія ПЕТО гарантує стратегічну ефективність транспортної роботи за рахунок планування, оптимізації, забезпечення прибутковості маршруту з врахуванням кожної ЗППІ, вірогідностей штормової погоди, специфіки впливу конкретних факторів НОС. Прогнозуються надійні варіанти завчасного уходу в безпечні акваторії.

Друга категорія ПЕТО гарантує тактичну живучість, а також повноту ресурсного забезпечення на реалізацію маневрених переходів з НОН в БОН. В цьому випадку гарантується, що НОН достатньо надійно ідентифікується, а її фронт далекий від ядра форс-мажорної сили конкретних загроз ЗНОС. За цих умов мінімізуються затрати ресурсів на ухід в БОН<sub>і</sub>, яка дозволяє після тактичного маневру повернутися в БОН<sub>і</sub> для завершення планового стратегічного переходу в порт призначення.

Третя категорія ПЕТО гарантує оперативну швидкість реалізації законів ГАУ рухом ВТЗ без аварійних подій. В кожній конкретній акваторії паралельно йде реалізація задач перших двох категорій в усіх нестаціонарних умовах плавання.

Просторово-часової континуум (ПЧК) для кожного рівня гарантованої безпеки руху ВТЗ має суттєву особливість та специфіку моделей, на основі яких виконуються своєчасні розрахунки та рішення ключових задач даної категорії. Відповідно до поправок до Конвенції СОЛАС [67], прийнятих Резолюцією ІМО MSC. 282 (86) від 03.06.2009 р. [107], замість паперових карт всі категорії морських суден оснащуються програмно-апаратними комплексами (ПАК) типу ECDIS (Electronic Chart Display and Information System).

Судноводіння з використанням ергатичних систем в глобальному ПЧК реалізується в двох підпросторах.

В першому підпросторі існує ПЕТО з ієрархічними розподіленими способами комунікації, логістики й обслуговування активної діяльності ІАС. Персонал ПЕТО проходить усі форми навчання, тренінгу і дипломування для допуску до виконання професійних функцій.

В другому підпросторі під ергатичним управлінням працюють технічні автоматизовані і автоматичні засоби, які задовольняють вимогам технічної діагностики і контролю (ТДК) по кожному з режимів експлуатації.

В кожному з двох підпросторів можливі три форми життєвих циклів (ЖЦ):

- нормальний безперервний режим (Continuous Service);
- режим попереджувального обслуговування і ТДК (Warning Service);
- обслуговування режимів запобігання зіткнень (Collision Avoidance Service).

Перелік і райони можливого проявлення нештатних загрожуючих ситуацій (НЗС) складається для кожної реальної ЗППП, обхід якої гарантує безаварійне судноводіння. Точне, своєчасне позиціонування геометрії ПЧК для НЗС і ЗППП на електронних картах засобами ECDIS дозволяє адекватно реагувати і коригувати базовий маршрут  $БОН_N \Rightarrow БОН_K$  з перехідними ділянками  $БОН_{ij}$  альтернативних маневрених траєкторій. Роль стратегічного управління з обходом  $НОН_i = ПЧК \cup ЗППП$  відображає поетапна характеристика маршруту у вигляді

$$БОН_N \Rightarrow \dots БОН_{i-2} \rightarrow БОН_{i-1} \rightarrow БОН_i \rightarrow \{БОН_{ij} \rightarrow БОН_j\} \rightarrow БОН_{i+k} \rightarrow \dots \Rightarrow БОН_{iK},$$

де реалізується заміщення – маневр. Замість  $НОН_{i+1} = (ПЧК \cup ЗППП)_{i+1}$  судноводіння задовольняє альтернативно-ситуативним маршрутом  $\{БОН_{ij} \rightarrow БОН_j\}$ , який гарантує відсутність перетинів і входження в НОН за нормативними правилами. Слід підкреслити, що БОН при усіх варіантах реалізується зі швидкостями руху, що задовольняє графік поетапної реалізації рейсу  $БОН_N \Rightarrow БОН_K$  з програмно-оптимальним маршрутом.

Таким чином, коли за час реалізації рейсу ВТЗ заданим плановим маршрутом параметри НОС задовольняють критеріям кваліфікації такого по правилам стану як нормативна – в допуску («*So far so good*»), при цьому рух виконується по етапам БОН даного плану (наприклад «*good weather*»). В усіх інших випадках ситуація класифікується як «EXCEPTION: interrupt». Сенс цього типу класифікації особливої



ситуації полягає в перериванні планового  $БОН_i$  режиму судноводіння і переходу на інший  $БОН_{ij}$  робочий режим, наприклад, по причині «*no good weather*») [143, 279].

Кожна команда управління з перериванням попереднього і переходом на новий режим судноводіння має точні ідентифіковані на карті ECDIS значення позиції  $(x, y, z, t)_i$  початку та відповідної точкової позиції  $(x, y, z, t)_{ij}$  закінчення.

Точні описання факторів зміни вектору курсу, швидкості руху ВТЗ, а також умов НЗС (напряму вітру, хвиль, течії, глибини та інших параметрів), фіксує місця позиціонування взаємодіючих об'єктів і подія, коли й де дана робота була виконана під час рейсу. Накопичення чисельних даних реєстрації особливих ситуацій класу «*EXCEPTION: interrupt*» дозволяє детально в'яснити первісні причини їх появи у вигляді: обмежувати рух; не допускати продовження руху на попередньому курсі; реалізувати новий закон руху найбільш раціональний без колізій, аварій, катастроф, які характерні для НОН і повністю виключені об'єктивними природними факторами БОН, між якими немає фізичного контакту [267].

Перехід від стратегічного глобального управління к тактичному регіональному рівню гарантування життя й безпеки руху ВТЗ реалізується по команді «*переслідувати цю мету*» («*purse own the ends*»). Початок погоні за законами ГАУ («*start in pursuit of the law*») реалізується в першій фазі векторного розходження швидкостей  $БОН_i$  з контуром акваторії  $НОН_i$ , до якої найменша дистанція віддалення складає  $d_{ij}(t)$  за даними, відображеними на дисплеї ECDIS. Одночасно активізуються власні засоби Collision Avoidance Service і компоненти тактичного регіонального рівня безпеки для зняття можливих ризиків і загроз, які в даних умовах існують в даній конкретній акваторії уходу від  $НОН_i$ . Регіональний диспетчерський центр проводки ВТЗ інформує усіх учасників СДС, які наближаються з траєкторією маневруючого судна в даній акваторії. Найбільшу цінність мають дані про кінематичні особливості траєкторій взаємних наближень – віддалений між кожною парою об'єктів.

Автором розроблено та запропоновано технологію управління поточними ризиками судноводіння [278] таким чином, щоб знижувати їх завдяки маневрених (перехідних) режимів віддалення або не наближення до межі прямого контакту з НОН. Дана мета досягається лише за умов випередженого знання границі фронту НОН, яка швидко змінюється відповідно реальним фактом впливу ЗНОС у стадіях набуття найбільш загрозованої сили.

Для суттєвого зниження ризиків ЗППП, що активізується факторами впливу ЗНОС, реалізується комплексна інтеграція інформаційних процесів у СДС на базі CNS/VTM (*Communication, Navigation, Severance / Vessel, Team, Management*).

Необхідний та достатній рівень організації якості ITS визначає відповідний рівень комплексної безпеки та ефективності транспортної роботи, а саме: зараз  $t \in T$ ; тут у цій місцевості  $(x, y, z) \in \{X, Y, Z\}$ ; за поточних умов  $C_{(t)}$  перевезення на заданому маршруті  $M(X, Y, Z)$  під час реалізації  $t_0 \leq t \leq T_m$  конкретного рейсу. В нестационарному стані ЗНОС фактори впливу на якість траєкторного позиціонування ВТЗ формують ЗППП, вони згідно небажаного ланцюга призводять до аварій чи катастроф.

Найбільш високий рівень ймовірності аварійних ситуацій у ЗППП (рис. 2.8) визначає НОН

$$\text{НОН} = \{X_A, Y_A, Z_A, T_A\}$$

де параметри  $\{X_A, Y_A, Z_A, T_A\} \in \text{НОН} \subset \text{ЗППП} \subset \text{ЗНОС} \subset \text{ПЧК}$  з причин недостатнього рівня знань їх точних значень у обраній системі координат (наприклад, геофізичній з відображенням точного позиціонування на електронних картах ECDIS) слід визначати як випадкові та нестационарні на час  $T_M < T_A$  для відповідної НОН у єдиному ПЧК.

Таким чином загрозові критичні впливи факторів ЗНОС (рис. 2.7, 2.8) на траєкторне позиціонування у межах ГСР ВТЗ мають суттєвий прояв у процесах наближення безпечної (безаварійної, цільової) області навігації (БОН) до НОН. Лише при їх контактній взаємодії в дуже складних (позаштатних, критичних,

форс-мажорних) ситуаціях виникають перші передумови аварійних подій, які заздалегідь (стосовно точних наслідків та реальних втрат) передбачати неможливо.

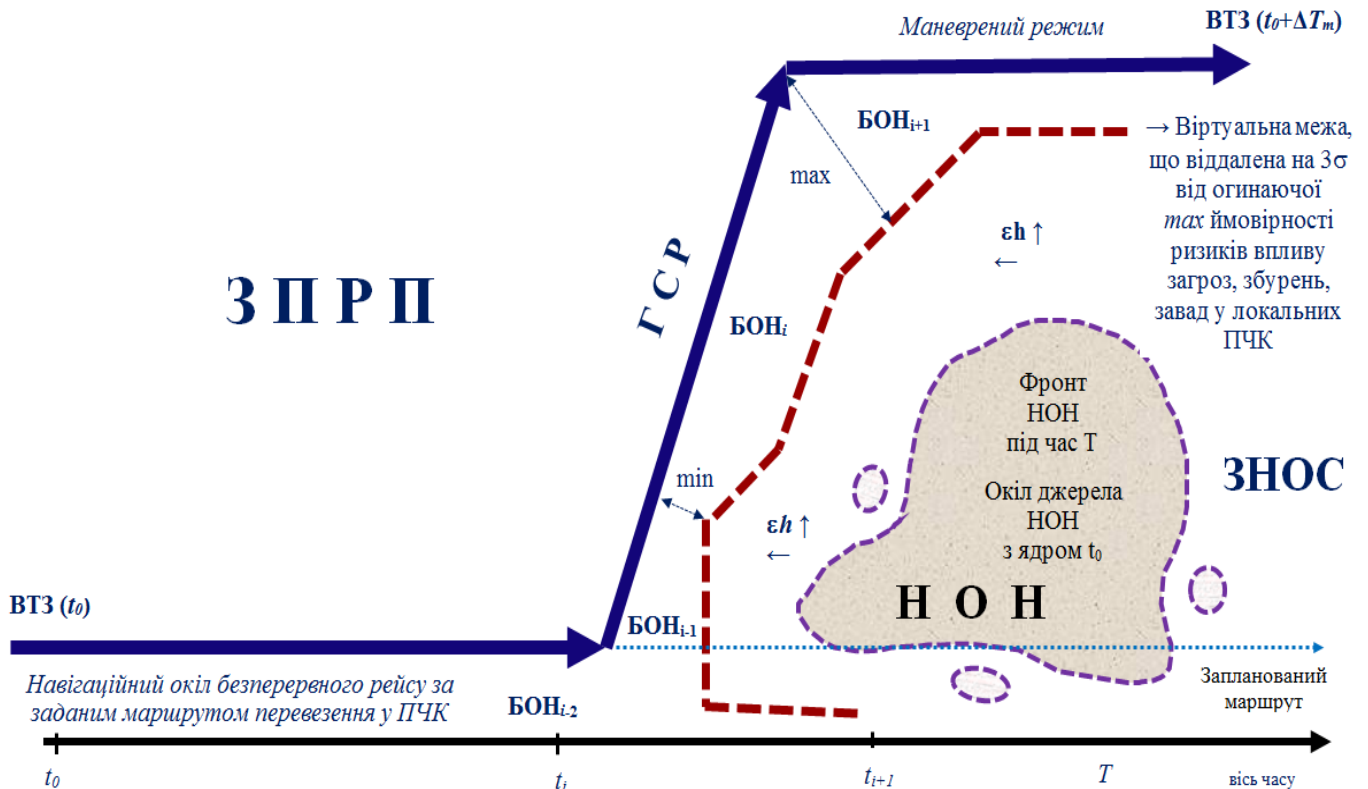


Рисунок 2.7 – Просторово-часові відношення між БОН та НОН, які змінюються відповідно розвитку подій в ЗПРП у ЗНОС

Але накопичення досвіду розслідувань чисельних морських аварій практично в усіх державах світу підтверджує принципові положення, що на сучасному вже традиційному рівні технологій управління ризиками на транспорті неможливо:

- створювати максимально надійні та завжди функціонально стійкі технічні засоби для транспортної галузі;
- максимально виключити прояву «людського фактору» у чисельних ПЕВО, що забезпечують експлуатацію ВТЗ в реальних умовах життєдіяльності;
- парирувати загрозливі впливи факторів усіх ЗНОС, у тому числі за форс-

мажорних обставин резонансної форми; зменшити процеси природної багатофакторної складної взаємодії за причинно-наслідковими ланцюгами гетерогенних перетворень;

➤ мати на борту ВТЗ необмежені TESIM ресурси, які безперервно витрачаються екіпажем, головним двигуном та іншими механізмами, електронними засобами СНУР ВТЗ, включаючи апаратуру телекомунікації.



Рисунок 2.8 – Основні категорії перешкод для безпечного плавання ВТЗ (НОН) в ЗПРП

Вище означені принципові обмеження слід узагальнити у формі твердження про те, що у реальному Всесвіті повністю (100%) неможливо париувати, попередити, заборонити природні ентропійні процеси, які спроможні створювати інциденти, перешкоди, загрози для безпечного руху ВТЗ в умовах наближення НОН у межах ЗПРП з критичними ситуаціями [278].

Таким чином парадигма запропонованої технології ГАУ з безаварійними режимами руху полягає у настанові суттєво зменшувати ймовірність виникнення критичних ситуацій шляхом не наближення до меж НОН на відстань контактної взаємодії між НОН та БОН у будь-яких складних умовах експлуатації ВТЗ.

На погляд автора на цей час і в майбутньому необхідно застосовувати комп'ютерні інформаційні технології, які по даним моніторингу і спостереження завчасно визначають появлення ризиків загрожуючого впливу факторів НЗС і одночасно активізують відповідні програми захисту життя в конкретних ЗППП.

Кожний етап безпечного управління обов'язково повинен враховувати динаміку змін ситуативної багаторівневої взаємодії:

- тенденції еволюційного розвитку (наближення) ризиків;
- контактних взаємодій гетерогенних збігів обставин в локальному ПЧК;
- захисних заходів і витрат ресурсів на відповідні рівні оперативної безпеки в рамках цілісної комплексної програми безпеки руху в запланованих рейсах.

Захист від реально неминучих, незворотних і форс-мажорних обставин, а також погіршення умов руху ВТЗ на акваторії завжди повинно бути здійснено негайно, автоматично, без зайвих витрат часу на індивідуальне емоційне реагування людини-оператора. При цьому чим ближче фактори НОН до корпусу судна, а також чим потужніше та раптовіше дія несприятливих факторів, чим більше масово-інерційні власності судна, тим більше ресурсів оперативного управління та менше часу необхідно витрачати на запобігання входу до НОН [285].

Отримання даних про несприятливі фактори дозволяє детально виявити первісні причини їх появлення та відкоригувати шляхом одної з наступних команд: обмеження швидкості руху; не допущення продовження руху на попередньому (вже небезпечному) курсі; реалізацію нового закону руху (найбільш безпечного, характерного для БОН) без зіткнень та аварій (які характерні для НОН), для реалізації конструктивної комп'ютерної електронної технології прийняття доленосних рішень, яким конкретно чином досягати виконання усіх вимог практики для гарантування життя та безпеки.

Модуль обробки інформації ББНК в автоматичному режимі: забезпечує опрацювання вищезазначеної інформації, отриманої в режимі on-line; здійснює аналіз ризику наближення ВТЗ до меж НОН з урахуванням фактичного стану впливу факторів; для компенсації їх впливу автоматично формує конкретні управляючі сигнали для коригування параметрів руху ВТЗ (курсу та/або швидкості);

в автоматичному режимі подає управляючі сигнали на кермовий пристрій та на органи управління суднової силової установки. Виконання цих управляючих сигналів здійснюється шляхом зміни положення керма та/або зміни кількості обертів гвинта (для гвинтів з фіксованим кроком) чи зміни кута повороту лопатей гвинта (для гвинтів з кроком, що регулюється), що повною мірою компенсує вплив несприятливих факторів.

Опрацювання та врахування зазначеної інформації, отриманої в режимі on-line, ББНК під час рейсу дозволяє забезпечити: здійснення аналізу ризику наближення судна до меж небезпечної зони навігації з урахуванням фактичного стану впливу несприятливих факторів; автоматично формування конкретних управляючих сигналів для коригування параметрів руху ВТЗ (курсу та/або швидкості) з метою компенсації впливу цих факторів; подання в автоматичному режимі управляючих сигналів на кермовий пристрій та на органи управління суднової силової установки.

## **2.2 Методика побудови підсистем дистанційного виявлення, спостереження та розпізнавання гетерогенних загрозливих збурень та небезпек на акваторії судноводіння**

Сучасний морський ВТЗ являє собою складне в конструктивному плані споруду, яка в процесі експлуатації піддається одночасному впливу двох неоднорідних рухомих середовищ - води та повітря. Неоднорідності середовища носять неупорядкований просторово-часовий характер, тобто представляють випадкове рушійне поле. До таких ситуацій можна віднести:

- рух ВТЗ в турбулентних зонах;
- хвилювання;
- течії;
- припливи-відливи;
- зміни гідродинамічного поля ВТЗ та багато іншого.

Таким чином, можна вважати, що ВТЗ протягом рейсу знаходиться у випадковому динамічному полі зовнішніх впливів [265].

Безпека руху ВТЗ в реальному режимі часу потребує своєчасної комплексної адаптації параметрів руху ВТЗ до внутрішніх станів ГСР, інтенсивності руху та зовнішніх дій факторів ЗНОС [277].

Схема оперативного функціонування СДС «Рухомий ВТЗ – Оточуюче середовище» та математичні моделі збуреної системи «ВТЗ – Навколишнє середовище» наведені на рис. 2.9 та рис. 2.10.

Ефективність перевезення та виконання транспортної роботи ВТЗ на маршруті залежить від параметрів ВТЗ та його швидкості, які формують узагальнену оцінку реальної продуктивності [127, 168]

$$P = K_p \cdot B \cdot V \cdot T_p, \quad (2.1)$$

де  $K_p$  – нормований проектний коефіцієнт конкретного ВТЗ;

$B$  – вантажомісткість (пасажиромісткість) маршруту, обґрунтований за рентабельністю;

$V$  – робоча швидкість руху, яка задовольняє встановленим правилам руху;

$T$  – тривалість часу транспортної роботи за кожну добу виконання замовлень між термінальними пунктами маршруту з урахуванням запланованого логістичного обслуговування техніки та людей.

Значення параметрів  $K_p$  та  $T_p$  фіксовані після завершення стратегічного управління з вибором конкретного ВТЗ та проміжних пунктів на маршруті.

Продуктивність ВТЗ при плановому замовленні  $b_n \leq B$  можливо підвищити лише за рахунок збільшення швидкості руху  $V(t)$  з урахуванням обмежень  $V(t) < \bar{V}_{T_p}$ , які суттєво залежать від умов впливу локальних факторів ЗНОС. ЗПРП на запланованому маршруті та згідно ГСР визначаються межами підвищення ймовірності кутових відхилень від повздовжнього напрямку вектору швидкості  $\vec{V}(t)$  на позиційній (криволінійній) траєкторії. Кутові тимчасові відхилення вектору

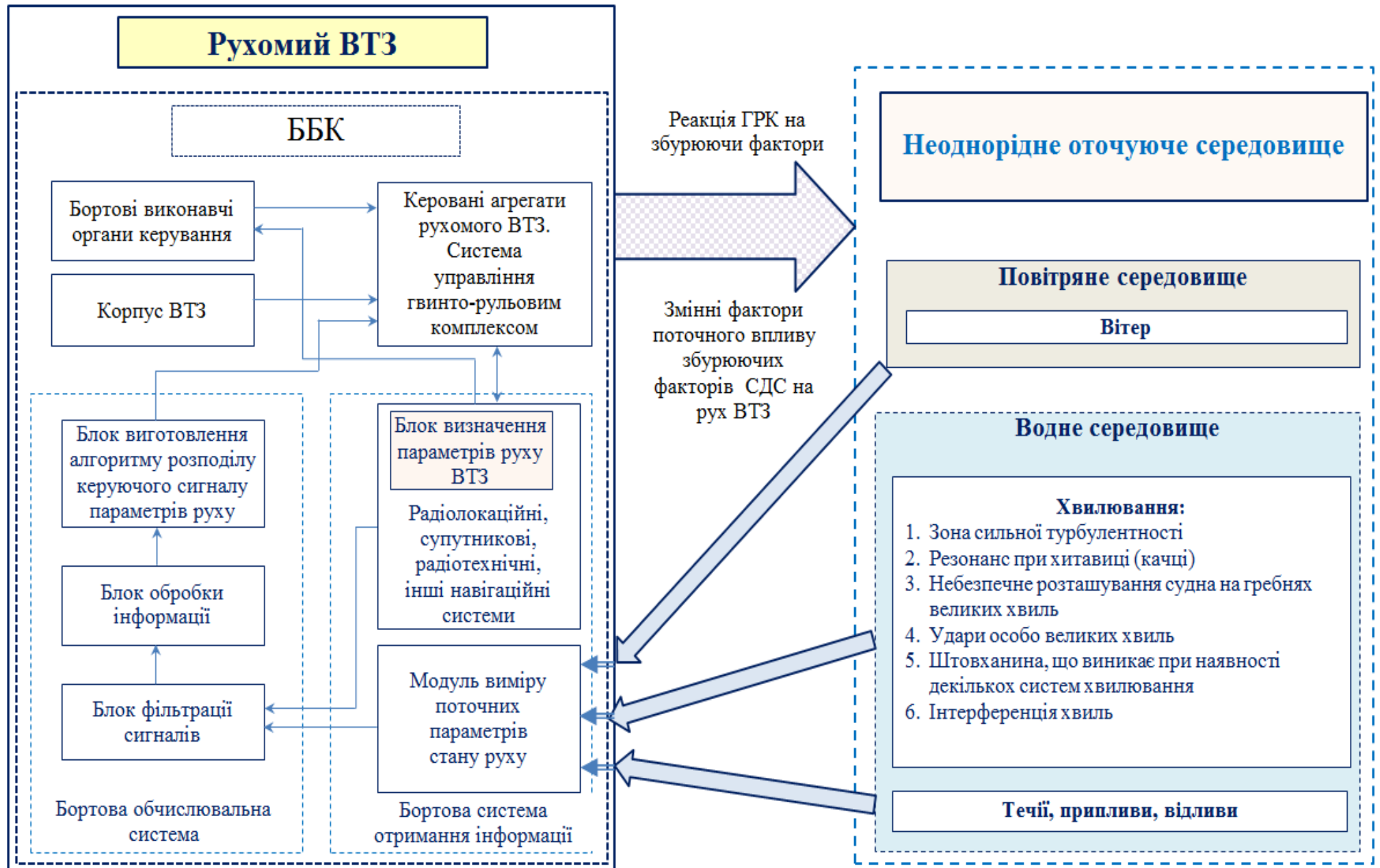


Рисунок 2.9 – Оперативне реагування в межах СДС «Рухомий ВТЗ – нестационарне оточуюче середовище»



Вплив вітру на корпус ВТЗ	Вплив течії на ВТЗ	Вплив хвилювання на корпус ВТЗ
<p>Модель неоднорідного вітру:  <math display="block">W(t) = \tilde{W} + \Delta W(t).</math></p> $W(t) = \tilde{W} + \sum_{k=1}^4 a_k \cdot \cos(\omega_k \cdot t).$ <p>де <math>a_k, \omega_k</math> - поліноми за даними спостережень вітру</p>	$\begin{cases} R_{NX} = C_x^n \frac{\rho_B}{2} F_{\sigma x} V_T^2, \\ R_{NY} = C_y^n \frac{\rho_B}{2} F_{\sigma y} V_T^2, \\ M_{NXOY} = C_{MXOY}^n \frac{\rho_B}{2} F_{\sigma y} L_{Ty} V_T^2. \end{cases}$ <p>Визначення загальних сил впливу течії на корпус:</p> $C_x^n = -0,75 \sin \left\{ \left[ \pi - \arcsin \left( \frac{C_{x0}}{0,075} \right) \right] \cdot \left[ 1 - \left( \frac{\beta}{\phi_x} \right) \right] \right\};$ $C_y^n = \frac{1}{2} C_{Y\beta}^\beta \sin 2\beta \cos \beta + c_2 \sin^2 \beta + c_{32} \sin^4 \beta 2$ $C_{MXOY}^n = m_1 \sin 2\beta + m_2 \sin \beta + m_3 \sin^3 2\beta + m_4 \sin^4 2\beta,$ <p>де <math>C_{x0} = \frac{R_{y0}}{\frac{\rho_B V^2 F_\sigma}{2}}</math> ;  <math>\beta</math> – кут дрейфу;  <math>c_{y\beta}^\beta, c_2, c_3, m_1, m_2, m_3, m_4</math> – коефіцієнти, що визначаються за спеціальним номограмам.</p>	$f_i(\xi) = \frac{1}{2\pi D_\xi} e^{\frac{-\xi^2}{2D_\xi}},$ $D_\xi = \int_0^\infty \int_{\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} S_\xi(\omega, \varepsilon) d\omega d\varepsilon.$ $\xi_B = r \cos(\omega t - k\eta).$ $k = \frac{2\pi}{\lambda_B} \quad ; \quad \omega = \frac{2\pi}{\tau_B}.$ $S_\xi(\omega) = 143 \frac{h_S^2}{T_1^4} \omega^{-5} e^{\frac{-044}{T_1^4} \omega^{-4}} \cdot 3,3 e^{-\left(\frac{0,143 \omega \tau_1 - 1}{\sqrt{2\sigma}}\right)}.$ $\begin{cases} R_{XX} = \frac{1}{2} g \rho_B B h^2 C_x^x, \\ R_{XY} = \frac{1}{2} g \rho_B L h^2 C_y^x, \end{cases}$ <p>де <math>f_i(\xi)</math> – плотність вірогідності хвильових ординат на <math>i</math>-му кроці;  <math>S_\xi(\omega)</math> – спектр хвилювання;  <math>D_\xi</math> – дисперсія хвилювання.</p>

Рисунок 2.10 – Формалізація моделей взаємодії системи «ВТЗ – навколишнє середовище»

курсу ВТЗ обумовлені силовим впливом реакції водної поверхні на корпус ВТЗ, на гвинти та кермо, які повинні (рис. 2.9) забезпечити безаварійний рух в перехідних процесах реагування на реальні збурення у ЗПРП.

Відомо, що кут відхилення повздожньої осі симетрії ВТЗ  $\varphi$  від стану рівноваги в напрямку його руху можливо оцінити за передаточною функцією [198, 241, 252]

$$W(P) = \frac{A_4}{A_1 P^3 + A_2 P^2 + A_3 P}, \quad (2.2)$$

де  $P = \frac{d}{dt}$  - оператор Лапласа при алгебраїзації відповідних диференціальних рівнянь реакції агрегатів на збурення;

$A_1, A_2, A_3, A_4$  – узагальнені коефіцієнти, які характеризують динамічні показники від конструктивних параметрів ВТЗ та енергетичної установки [241, 252].

Для кожного типового збурення, у наслідок якого виникає нерівномірність перехідних процесів та коливання корпусу, проєктантами визначається параметризовані передаточні функції (2.2). Інтегрованим режимним параметром СДС є швидкість руху ВТЗ  $V=V(t)$ .

Запропоновано визначити конкретні часткові ( $\forall_k = \overline{1, K}$ ) критерії ефективності для реальних обставин руху ВТЗ у межах ГСР ЗПРП за умов суттєвого впливу (рис. 2.9, рис. 2.11) конкретних факторів нестационарного середовища.

Перший нормований частковий критерій  $Y_1(V)$  характеризує зміну потенціалу технічного стану за показниками надійності (безвідмовності) на термін виконання фактичного рейсу з використанням кореляційної функції  $R(\alpha\omega)$  у нормалізованому вигляді

$$Y_1(V) = \frac{\alpha(V)}{\alpha_m}, \quad 0 < Y_1(V) < 1, \quad \forall \alpha(V) < \alpha_m, \quad (2.3)$$

де  $\alpha_m$  – максимальне значення експоненціальної складової кореляційної функції  $R(\alpha\omega) = A \exp(-\alpha t) \cos(\omega t)$ , коли  $\alpha(V)$  визначає час  $\alpha$  [252] цієї функції, яку можливо аналітично параметризувати, наприклад у вигляді

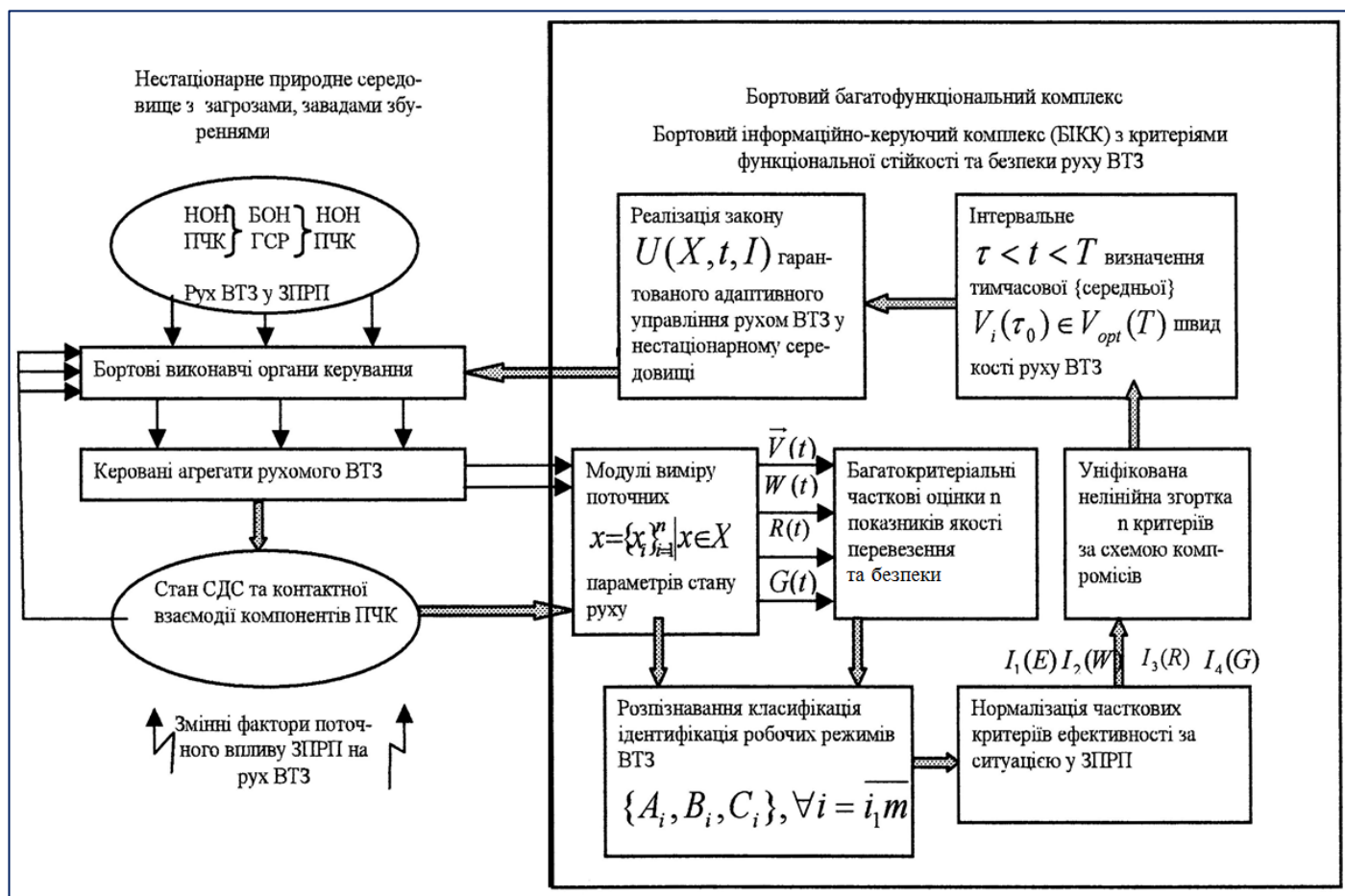


Рисунок 2.11 – Структурно-функціональна схема ББК адаптації вектору параметрів руху ВТЗ у нестационарному середовищі

$$\alpha(V) = A_1 V + B_1, \quad \text{з похідною часу } \dot{\alpha}(V) = A_1 = \text{const}. \quad (2.4)$$

Другий нормований частковий критерій  $Y_2(V)$  описує надійність перевезення у вигляді

$$Y_2(V) = \frac{K(V)}{K_m}, \quad 0 < Y_2(V) < 1, \quad \forall K(V) < K_m, \quad (2.5)$$

де аналогічні відношення для інших функцій якості руху ВТЗ

$$K(V) = A_2 V + B_2, \quad \dot{K}(V) = A_2 = \text{const}. \quad (2.6)$$

Третій нормований частковий критерій  $Y_3(V)$  характеризує зміну ресурсоспоживання (палива, мастил, матеріалів, енергії). Дану функцію узагальнених режимно-енергетичних навантажень надаємо у нормалізованому вигляді

$$Y_3(V) = \frac{K_{pm} - K_p(V)}{K_{pm} - K_p^{inf}} = \frac{K_{pm} - K_p(V)}{\Delta K_{pmax}}, \quad 0 < Y_3(V) < 1. \quad (2.7)$$

Квадратична апроксимація дозволяє отримати аналітичні функції

$$K_p(V) = A_3 V^2 + B_3 + C_3, \quad \dot{K}_p(V) = 2A_3 V + B_3. \quad (2.8)$$

Четвертий нормований частковий критерій  $Y_4(V)$  відображає суто економічну складову повної транспортної ефективності рейсу у вигляді

$$Y_4(V) = \frac{C(G_{sup} - G(V))}{C(G_{sup} - G_{inf})} = \frac{G_{sup} - G(V)}{\Delta G_{max}}, \quad 0 < Y_4(V) < 1, \quad (2.9)$$

де  $C$  – питома вага експлуатації з витратами на обслуговування ресурсів, які формують рентабельність.

З урахуванням досвіду експлуатації під час транспортних морських перевезень запропоновано застосовувати аналітичні функції

$$G(V) = A_4 V^2 + B_4 V + C_4, \quad \dot{G}(V) = 2A_4 V + B_4. \quad (2.10)$$

Параметри  $A_i$ ,  $B_i$ ,  $C_i$  визначаються заздалегідь для кожного типу ЗПРП та відповідно факторам впливу навколишнього середовища у межах ГСР. Параметризація конкретних режимів перехідних процесів на інтервалі керованої стабілізації від попереднього стану цільового та одночасно безпечного стану руху ВТЗ виконується по всім частковим критеріям [191, 198, 241, 252] (в даному випадку їх 4), що заздалегідь (рис. 2.11) накопичені у пам'яті ББК.

Нелінійна згортка часткових параметрів у єдину комплексну інтегровану функцію ефективності по Вороніну А.М. виконується згідно [154, 155]

$$I = \sum_{i=1}^4 I_1(V) = \sum_{i=1}^4 [1 - Y_i(V)]^{-1}. \quad (2.11)$$

Пошук точки екстремуму (компромісу по Парето по схемі на рис.2.11) запропоновано здійснювати за похідною від інтегрованого ключового параметру

$$\frac{\partial I}{\partial V} = \sum_{i=1}^4 \left\{ [1 - Y_i(V)]^{-2} \frac{\partial Y_i(V)}{\partial V} \right\} = 0. \quad (2.12)$$

Запропоновано здійснити підстановку в (2.12) згідно рівнянь (2.3 – 2.10). Це дозволяє за параметром  $V$  руху ВТЗ отримати умову комплексної оптимізації

$$\frac{\overline{A_1}}{(V+\underline{B_1})} + \frac{\overline{A_2}}{(V+\underline{B_2})^2} + \frac{\overline{A_3}V+\overline{B_3}}{(V^2+\underline{B_3}V+\underline{C_3})^2} + \frac{\overline{A_4}V+\overline{B_4}}{(V^2+\underline{B_4}V+\underline{C_4})^2} = 0, \quad (2.13)$$

де для прискорення розрахунків введені додаткові позначення

$$\begin{aligned} C_{33} &= C_3 - (K_{p\ inf} + K_{pm} - K_{p\ sup})m, & C_{44} &= C_4 - G_{inf} \\ \overline{A_1} &= \frac{\alpha_n^2}{A_1}, & \underline{B_1} &= \frac{B_1}{A_1}, & \overline{A_2} &= \frac{K_m^2}{A_2}, & \underline{B_2} &= \frac{B_2}{A_2} \\ \overline{A_3} &= \frac{2\Delta K_{pm}^2}{A_3}, & \overline{B_3} &= \frac{\Delta K_{pm}^2 \cdot B_3}{A_3^2}, & \underline{B_3} &= \frac{B_3}{A_3}, & \underline{C_3} &= \frac{C_{33}}{A_3} \\ \overline{A_4} &= \frac{2\Delta G_m^2}{A_4}, & \overline{B_4} &= \frac{\Delta G_m^2 \cdot B_4}{A_4^2}, & \underline{B_4} &= \frac{B_4}{A_4}, & \underline{C_4} &= \frac{C_{44}}{A_4}. \end{aligned} \quad (2.14)$$

В результаті розрахунків отримано графік параметризації конкретних режимів перехідних процесів на інтервалі керованої стабілізації від попереднього стану цільового та безпечного руху ВТЗ (рис. 2.12)

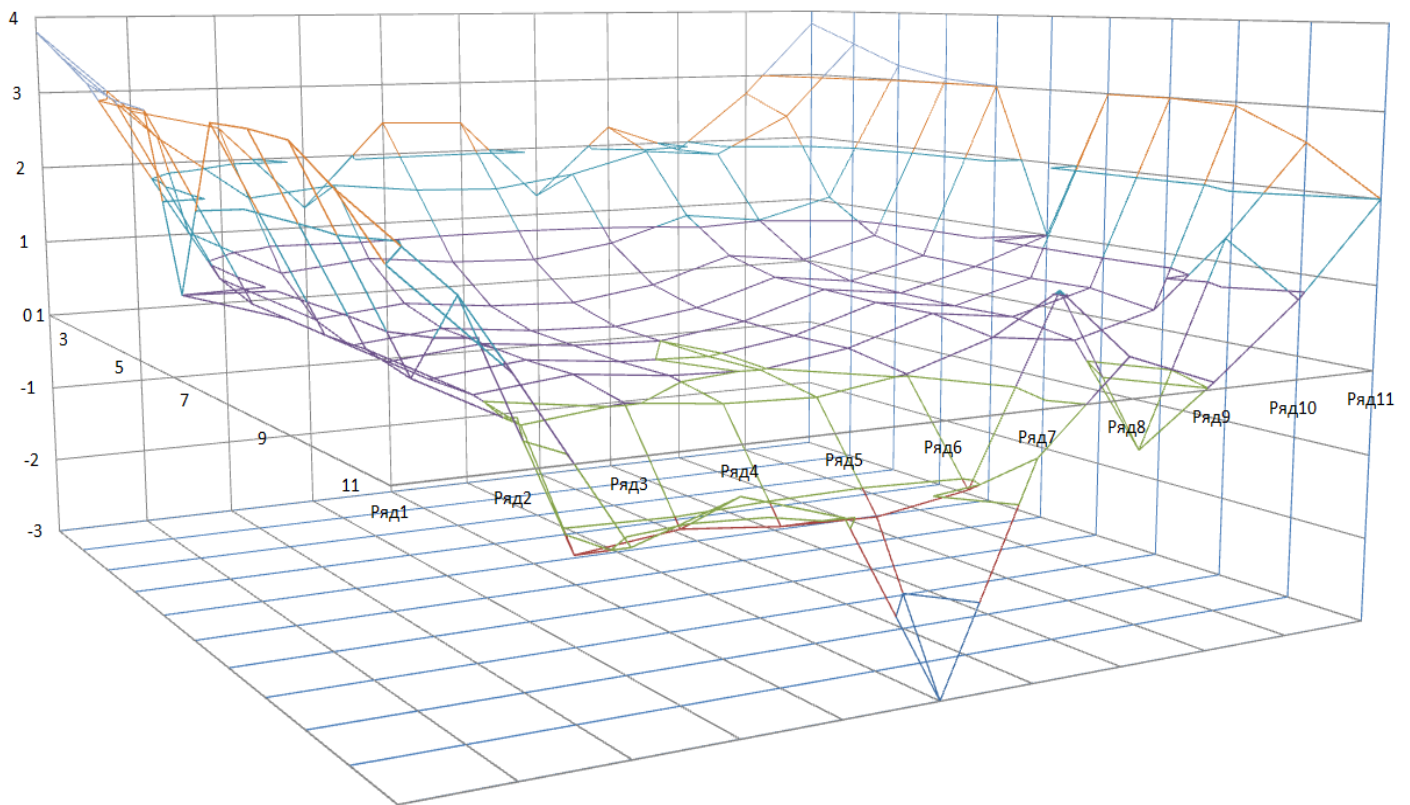


Рисунок 2.12 – Графік параметризації режимів перехідних процесів на інтервалі керованої стабілізації від попереднього стану безпечного руху ВТЗ

У реальних умовах впливу різних факторів середовища на рух ВТЗ у ЗПРП безпосередньо ББК робить перерахунок коефіцієнтів згідно (2.14). Всі дані та відомі параметри знаходяться у пам'яті ББК-модуля розпізнавання та ідентифікації режиму роботи ВТЗ (рис. 2.11) на конкретній ділянці маршруту [139, 156].

Обчислення значення  $V_0$ , як нерухомої точки для реалізації оперативного закону управління в інтервалі перехідного процесу з двома термінальними станами, здійснюємо у кожній ситуації стандартною програмою розв'язки (2.13) за методом Ньютона [154, 155, 252, 277].

Область Парето з точкою  $V_0$  забезпечує розв'язування конфлікту, якій відбувається при варіантах оптимізації за лише одним частковим критерієм «псевдо» оптимуму. Тому точка  $V_0$  віддалена від усіх можливих частково «псевдо» оптимумів. Компоненти векторного узагальненого критерію (2.11) одночасно задовольняють

[137, 138] усім (у даному випадку  $K=4$ ) умовам поточної ситуації, тому для ГСР у ЗПРП маємо

$$V(t) = V_0 \pm \Delta V(t), \quad \Delta V(t) \in \bigcap_k Y^k(V), \quad \forall t_0 < t < t_0 = T. \quad (2.15)$$

Багатокритеріальний синтез закону оперативного управління рухом ВТЗ (2.19) у заданому  $K$ -мірному просторі взаємозалежних процесів (напрацювання на відмову, режимно-енергетичні обмеження, економічність, безаварійність тощо) сформований своєчасно та оперативно. Завдяки компонентам узагальненого нормованого критерію ефективності (2.11) розширена область Парето для цілісної області оптимізації

$$M = \{I_0 \mid 0 \leq \bar{Y}_k(V(t)) \leq 1, \quad \forall k \in [1, K]\}, \quad (2.16)$$

де уніфіковані одиночні обмеження для кожного  $k$ -часткового (компрмісного) критерію нормалізовані на інтервалі  $[t_0, t_0 + H]$   $t < H$  гарантованого завершення відповідного перехідного процесу [137, 138].

Реалізація багатоканального закону оперативного управління рухом ВТЗ гарантується по кожному каналу (рис.2.11) забезпечення узгоджених параметрів  $x = \{x_j\}_{j=1}^n \mid x \in X$ , які характеризують безаварійну технологію транспортного перевезення в ситуативних поточних збуреннях в ЗНОС.

Для визначення динаміки взаємодії керованих процесів рухомого ВТЗ в умовах нестационарного середовища запропоновано використовувати наступну систему рівнянь

$$\begin{cases} \frac{d\vec{Q}}{dt} + (\vec{Q} \times \vec{w}) = \vec{R} \\ \frac{d\vec{K}}{dt} + (\vec{K} \times \vec{w}) + (\vec{V} \times \vec{Q}) = \vec{M} \end{cases} \quad (2.17)$$

де  $\vec{Q}$  – вектор кількості руху системи <корпус ВТЗ – водне середовище>;

$\vec{w}$  – вектор кутової швидкості обертання судна;

$\vec{K}$  – момент кількості руху системи <корпус ВТЗ – водне середовище>;

$\vec{V}$  – вектор швидкості початку пов'язаної системи координат;

$\vec{R}$  – головний вектор силового впливу;

$\vec{M}$  – головний момент силового впливу.

Наступним кроком запропоновано здійснити перетворення зазначених рівнянь в систему рівнянь таким чином.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{dt} \frac{dT}{dV_x} + \omega_y \frac{dT}{dV_z} - \omega_z \frac{dT}{dV_y} = R_x, \\ \frac{d}{dt} \frac{dT}{dV_y} + \omega_z \frac{dT}{dV_x} - \omega_x \frac{dT}{dV_z} = R_y, \\ \frac{d}{dt} \frac{dT}{dV_z} + \omega_x \frac{dT}{dV_y} - \omega_y \frac{dT}{dV_x} = R_z, \\ \frac{d}{dt} \frac{dT}{d\omega_x} + \omega_y \frac{dT}{d\omega_z} - \omega_z \frac{dT}{d\omega_y} + V_y \frac{dT}{dV_z} - V_z \frac{dT}{dV_y} = M_x, \\ \frac{d}{dt} \frac{dT}{d\omega_y} + \omega_z \frac{dT}{d\omega_x} - \omega_x \frac{dT}{d\omega_z} + V_z \frac{dT}{dV_x} - V_x \frac{dT}{dV_z} = M_y, \\ \frac{d}{dt} \frac{dT}{d\omega_z} + \omega_x \frac{dT}{d\omega_y} - \omega_y \frac{dT}{d\omega_x} + V_x \frac{dT}{dV_y} - V_y \frac{dT}{dV_x} = M_z. \end{array} \right. \quad (2.18)$$

$$\frac{dv}{dt} = f(d, c, t), \quad (2.19)$$

де  $v, d, c$  – вектори перемінних станів, впливів від турбулентності та керованих реакцій;

$f$  – нелінійна векторна функцій;

$t_0 \leq t \leq t_i$  – інтервал  $i$ -го кроку стаціонарності навколишнього середовища.

Повний вектор змінних станів на  $i$ -му кроці буде мати такий вигляд:

$$V_i = [x_{ig}, y_{ig}, z_{ig}, V_{ix}, V_{iy}, V_{iz}, Q_i, \varphi_i, \psi_i, \omega_{ix}, \omega_{iy}, \omega_{iz}]. \quad (2.20)$$



Нелінійні перехідні процеси у СДС обов'язково повинні бути синергетично керованими на всіх рівнях ієрархії ITS. Розподіл функцій між компонентами СДС неможливий без комплексної конструктивної адаптації за багатьма критеріями стосовно режимів роботи ВТЗ, включаючи швидкість його руху, те реагування на збурення. Багатокритеріальна векторна оптимізація дозволяє системі ГАУ рухом ВТЗ реалізувати безаварійний та беззбитковий режим транспортних перевезень з запланованою швидкістю в умовах впливу змінних факторів ЗНОС.

При цьому для гарантованого завершення рейсу повинні виконуватися наступні умови щодо значень вектору та моменту силового впливу  $R$  та  $M$ .

$$\begin{cases} R_{\text{упр}} \geq R_{\text{возд.}}, \\ M_{\text{упр}} \geq M_{\text{возд.}} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sum_{p=1}^n R_{X_{\text{упр.}p}} \geq \sum_{j=1}^3 R_{X_{\text{возд.}j}}, \\ \sum_{p=1}^n R_{Y_{\text{упр.}p}} \geq \sum_{j=1}^3 R_{Y_{\text{возд.}j}}, \\ \sum_{p=1}^n R_{XOY_{\text{упр.}p}} \geq \sum_{j=1}^3 R_{XOY_{\text{возд.}j}} \end{cases} \quad (2.21)$$

$$\Delta R_{\text{упр}} = R_{\text{упр.max}} - R_{\text{упр}}$$

Протягом рейсу знаходиться ВТЗ у випадковому неоднорідному динамічному полі зовнішніх впливів, в значному ступеню – в умовах хвилювання різного характеру [265] (рис. 2.13).



Рисунок 2.13 – Плавання ВТЗ в морі в умовах хвилювання

У результаті впливу випадкового рушійного поля можуть виникати такі негативні наслідки:

1. Зміна траєкторії та зменшення швидкості ВТЗ, які відбуваються внаслідок хвильового опору корпусу ВТЗ. Рухомий ВТЗ перебуває під впливом сукупності хвильових систем: первинне поле хвилювання; відображені і дифраговані судном морські хвилі; судові хвилі, утворені самим ВТЗ [265]. Ця сукупність хвильових систем призводить до появи навколо змоченої поверхні ВТЗ складного випадкового поля і опору, які в загальному випадку знижують швидкість ВТЗ в порівнянні з його рухом на спокійній воді. Зниження швидкості може доходити до 50% і більше залежно від характеристик хвилювання і параметрів ВТЗ та погодних умов. При сильному хвилюванні навіть великі ВТЗ суттєво знижують свою швидкість.

2. Хитавиці (качка) ВТЗ. Невпорядковані обертальні коливання ВТЗ відбуваються навколо трьох осей (кільова, бортова качка та нишпорення) (рис. 2.14) [113, 265]. Поступальні коливання також відбуваються у трьох напрямках. Хаотичні рухи суден при хитавиці та бовтанки, пов'язані зі значними знакозмінними перевантаженнями, що призводить до поступової суттєвої втоми конструкційних матеріалів і подальшого пошкодження чи можливого руйнування.

3. Катастрофічні наслідки динамічного впливу великих хвиль, від яких щорічно гинуть десятки океанських ВТЗ.

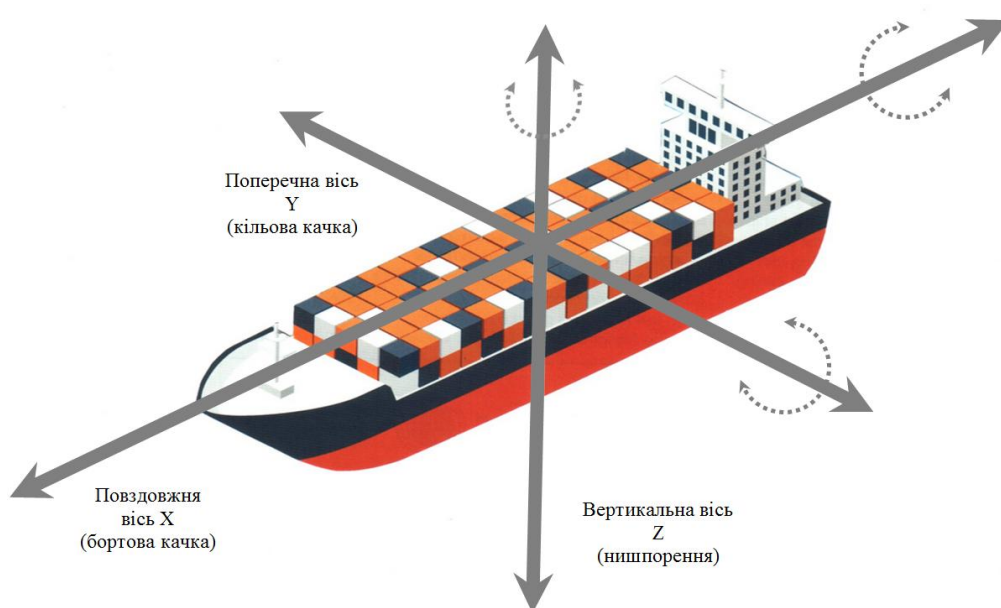


Рисунок 2.14 – Схема обертальних коливань ВТЗ під час хитавиці, що враховуються

Виникає необхідність провести аналіз, який пов'язаний з вивченням неоднорідних процесів впливу при здійсненні управління ВТЗ і запропонувати рекомендовані шляхи рухом ВТЗ у неоднорідному середовищі для забезпечення безпеки плавання під час несприятливих погодних умов.

Для цього розглянемо основні явища, що призводять до неоднорідностей і знижують керованість ВТЗ в складних умовах.

*1) Резонанс під час хитавиці (качки).*

Резонанс при хитавиці настає при збігу періоду коливання під час кільової хитавиці з періодам морських хвиль від руху судна  $\tau$  [265, 288]. Курсові кути  $q$  і швидкість ВТЗ  $V$  при резонансі пов'язані з параметрами хвилювання співвідношенням

$$\cos q = \pm \frac{1}{V} \left( c - \frac{\Lambda}{\tau} \right) \quad (2.22)$$

де  $c$  – середня фазова швидкість руху хвиль;

$\Lambda$  – середня довжина хвилі.

При вході ВТЗ в резонансну зону стрімкість кільової качки і її амплітуди досягають максимальних величин. У більшості випадків спостерігається зрушення фаз хвильових коливань морської поверхні і коливань ВТЗ при кільовій хитавиці. ВТЗ приймає на палубу великі маси води, динамічні удари руйнують корпус та конструкції ВТЗ. Особливо небезпечним при цьому є слемінг – удари днищем корпусу об воду після повного виходу з води носової частини ВТЗ. При цьому суттєві динамічні удари викликають пошкодження корпусу та обшивку, тріщини, руйнування найбільш слабких конструкцій або ділянок корпусу. Явище резонансу може наступати і при груповій системі хвилювання [265]. У цьому випадку  $c_{гр.}$  – групова швидкість хвиль, рівна половині середньої фазової швидкості хвилювання;  $\Lambda_{гр.}$  – середня довжина груп хвиль. Резонанс може бути припинений зміною курсу та/або швидкості ВТЗ, для чого необхідно мати дані про параметри хвилювання, що викликають явище резонансу.

*2) Розташування ВТЗ на гребнях великих хвиль з перевантаженнями корпусу.*

При штормовому хвилюванні в морі довжини хвиль досягають 200-300 м і можуть співпадати з довжиною ВТЗ. При розташуванні середньої частини – на гребні, а носу і корми в улоговинах, або навпаки, середньої частини - в улоговині хвилі, а носа і корми на гребнях хвилі, виникають сильні перегинальні моменти. Для запобігання пошкоджень корпусу ВТЗ необхідно визначити не тільки поточні середні параметри хвилювання, а й характер хвиль по курсу судна, у тому числі і фази великих хвиль рухомого ВТЗ.

*3) Вхід в зону турбулентності.*

Руйнування ВТЗ під час штормових умов відбувається внаслідок потрапляння в зону інтенсивних турбулентних хвильових рухів. Для запобігання пошкоджень ВТЗ необхідно змінити маршрут та обійти даний район.

*4) Удари великих хвиль.*

Вкрай небезпечними є удари о корпус ВТЗ одиночних хвиль, що значною мірою зростають в розмірах в наслідок інтерференції різних систем хвилювання. ВТЗ може постати лагом до хвилі і під впливом великих хвиль перекинутися. У випадку наявності групових хвиль може спостерігатися явище резонансу періодів видимих хвиль з періодом бортової качки. Для запобігання пошкоджень корпусу ВТЗ необхідно вимірювати параметри хвиль та їх руху. При груповій структурі хвиль максимальні висоти хвиль перевищують 10 м та можуть досягати катастрофічних значень в 15-20 м і більше. При загрозі таких ускладнень необхідно здійснювати дистанційне вимірювання структури і основних параметрів хвилювання.

*5) Штовханина, що виникає при наявності декількох систем хвилювання.*

У результаті інтерференції хвиль ВТЗ відчуває неупорядковану хитавицю. У результаті інтерференції окремі хвилі можуть досягати гігантських розмірів, а їх поява відбувається з різних сторін. ВТЗ на гребні такої хвилі може стати лагом до вітру, втратити остійність та перекинутися.

Для запобігання подібних аварійних подій необхідно отримати детальну поточну інформацію про всі основні складові інтерференції системи хвиль (середньої довжини, швидкості фази відносно ВТЗ, тощо). Більш того, необхідний прогноз про можливу появу особливо великої хвилі по курсу руху ВТЗ. При наявності таких даних можна

вирішити питання безпеки ВТЗ у неоднорідних середовищах. Неоднорідності середовища змінити під час загальних умов плавання не можна. Для запобігання аварійних подій слід на самому об'єкті створити адаптивну систему, яка реагує в процесі руху на постійні зміни параметрів хвилювання. При очікуванні наявності неоднорідності вздовж траєкторії руху ВТЗ, можна створити систему управління, яка забезпечила б несприйнятливості об'єкта до перешкод, створюваних для руху в неоднорідному середовищі. Але неоднорідність середовища представляють просторово-часове випадкове поле. Тому першим етапом має бути отримання в реальному часу інформації про просторовий розділ неоднорідностей для будь-якого моменту часу (послідовності реалізації замороженого поля) [265, 277]

$$Q(t) = Q(\rho, t); \rho = \{x, y, z\}. \quad (2.23)$$

Якщо до кінця часу регулювання поле незначно змінило свою структуру, тобто залишилося практично замороженим, то тимчасових змін поля можна не враховувати, а оперувати тільки просторовими характеристиками. Ступень замороженого поля можна оцінювати величиною відносини середнього квадрата різниць значень поля в моменти часу  $t$  і  $t+T_p$  до дисперсії поля

$$\frac{[Q(\rho, t) - Q(\rho, t + T_p)]^2}{Q^2(\rho, t)} = \frac{Q^2(\rho, t) - 2Q(\rho, t)Q(\rho, t + T_p) + Q^2(\rho, t + T_p)}{Q^2(\rho, t)} = 2[1 - R(T_p)], \quad (2.24)$$

Кореляційні функції таких геофізичних полів як морське хвилювання добре апроксимується експоненційною залежністю [6, 7]

$$R(\tau) = \exp\left(-\alpha \frac{\tau}{\Delta T_k}\right); \quad R(T_p) = \exp\left(-\alpha \frac{T_p}{\Delta T_k}\right), \quad (2.25)$$

де  $R(\tau)$  – часова кореляційна функція поля неоднорідностей середовища,  $\Delta T_k$  – інтервал часу кореляції.

Умови часової залежності можна записати у вигляді

$$T_p / \Delta T_k \ll 1. \quad (2.26)$$

При цьому, чим більше ВТЗ, тим постійна часу регулювання  $T_p$  збільшується. Тому умова (2.26) може не виконуватися для великих ВТЗ. Другим етапом для забезпечення адаптації ВТЗ до збурень середовища є прогнозування, тобто пророкування часових вимірів випадкового поля хвилювання. Воно полегшується тим, що тимчасові  $\mu$  і просторові частоти одних і тих же спектральних складових хвилювання пов'язані дисперсійним співвідношенням [265, 277]

$$\mu^2 = gK \quad (2.27)$$

де  $g$  - прискорення сили тяжіння.

Припустимо, що вдалося отримати для деякого часу  $t$  двовимірну просторову реалізацію піднесень хвильового рельєфу  $z(x,y,t)$ . Уявимо, що реалізацію у вигляді суми всіх плоских спектральних складових, тобто здійснимо двовимірне перетворення Фур'є над отриманою реалізацією рельєфу хвиль [265]

$$z(x, y, t) = \sum_i \sum_j a_{ij} * \cos[K_i(x \cos Q_j + y \sin Q_j) - \mu_i t - \varepsilon_{ij}], \quad (2.28)$$

де  $Q_j$  – напрямок спектральної складової щодо осі  $x$ ;

$a_{ij}$  – амплітуда елементарної площини хвилі.

Вона може бути виражена через спектр амплітуд комплексного спектра, або енергетичний спектр

$$a_{ij} = \sqrt{2S_z(K_i; Q_j)} \Delta K \Delta Q .$$

З дисперсійних відносин випливає, що кожна спектральна складова довгої хвилі  $\Lambda_i = 2\pi / \mu_j$  має відповідну швидкість поширення

$$C_i = \frac{\Lambda_i}{T_i} = \frac{2\pi / \mu_j}{2\pi / K_i} = \frac{\mu_j}{K_i} = \sqrt{\frac{g}{K_i}}. \quad (2.29)$$

При цьому зміни в часі складові фази  $\varphi_i = \mu_i t$  можуть бути виражені через хвильове число

$$K_i \varphi_i = (gK_i)(gK_i)^{\frac{1}{2}} t, \quad (2.30)$$

тобто через просторову характеристику хвилювання.

Для прогнозування поля підвищень рельєфу хвиль на момент часу  $t + \Delta t$  задаємо кожній спектральній складовій додатковий зсув фаз

$$\Delta \varphi_i = (gK_i)^{\frac{1}{2}} \Delta t. \quad (2.31)$$

Потім над отриманим комплексним спектром рельєфу для моменту часу  $t + \Delta t$ :

$$z(x, y, t + \Delta t) = \sum_i \sum_j a_{ij} * \cos \left[ K_i (x \cos Q_j + y \sin Q_j) - (gK_i)^{\frac{1}{2}} (t + \Delta t) - \varepsilon_{ij} \right], \quad (2.32)$$

здійснимо зворотне перетворення Фур'є. У результаті отримуємо шуканий рельєф хвиль

$$z(x, y, t + \Delta t). \quad (2.33)$$

Схематично послідовність операцій з отримання прогностичного рельєфу можна записати у вигляді такої послідовності:

$$\begin{aligned} z(pt) &\rightarrow F\{z(pt)\} \rightarrow s'_z(iK, Q, t) \rightarrow s'_z(iK, Q, t + \Delta t) \rightarrow \\ &\rightarrow F^{-1}\{s'_z(iK, Q, t)\} \rightarrow z(pt + \Delta t) \end{aligned} \quad (2.34)$$

Таким чином, якщо здійснити операції (2.32) та (2.34), то можна через  $\Delta t$  прогнозувати значення підвищень рельєфу хвиль в будь-які точці  $\rho(x, y)$ .

Очевидно, для якісного регулювання необхідна послідовність реалізації

$$z[\rho, t + \Delta t(0 < \Delta t < T_p)]. \quad (2.35)$$

Прогнозування всього рельєфу хвиль в околицях траєкторії ВТЗ дає можливість передбачити виникнення особливо великих хвиль з напрямками їх руху та іншими аварійними ситуаціями.

Дані про поточний і прогнозований рельєф хвиль для моменту часу  $t + \Delta t(0 \leq \Delta t \leq T_p)$  подаються в систему вироблення команд управління. Приклад прогнозування динамічних процесів під час нерегулярного хвилювання в морі за результатами розрахунків рельєфу хвиль і значення висоти хвиль (м) в околах ВТЗ в умовах нерегулярного хвилювання наведено в табл. 2.1 та на рис. 2.15.

Таблиця 2.1 – Приклад розрахункових значень висот хвиль (м) в околах ВТЗ під час нерегулярного хвилювання

	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
100	-1,5	-0,2	0,9	1,8	2,6	1,8	1,4	1,2	0,7	0,2	-0,8	-1,6
200	1,4	2,1	2,8	3,1	3,4	3,1	2,7	2,4	2	1,3	0,7	0,2
300	-0,6	-1,4	-0,6	0,5	1,5	2,1	2,3	1,8	0,9	0,1	-0,6	-1,8
400	-1,5	-1,9	-2,2	-1,7	-1,4	-0,9	0,2	1,5	1,9	2,6	2,9	3,2
500	-1,9	-2,2	-2,7	-2	-1,2	-0,5	0,8	1,3	2,6	3,1	2,4	1,5
600	-0,2	1,2	2,3	2,7	3,4	3,2	1,9	0,7	-0,9	-2,1	-1,6	-0,8
700	1,2	3,1	4,3	5,7	4,8	2,2	0,9	0,7	-0,9	-2,1	0,6	-0,8
800	0,7	1,5	1,9	2,4	2,6	2,1	1,8	2,6	3,4	3,9	2,9	2,2
900	2,1	2,4	2,1	1,5	0,8	-0,1	-0,9	-2,1	-2,7	-1,9	-0,9	-0,4
1000	2,8	3,9	4,2	5,2	6,9	6,8	5,3	2,8	1,1	-0,9	-1,7	-3,2



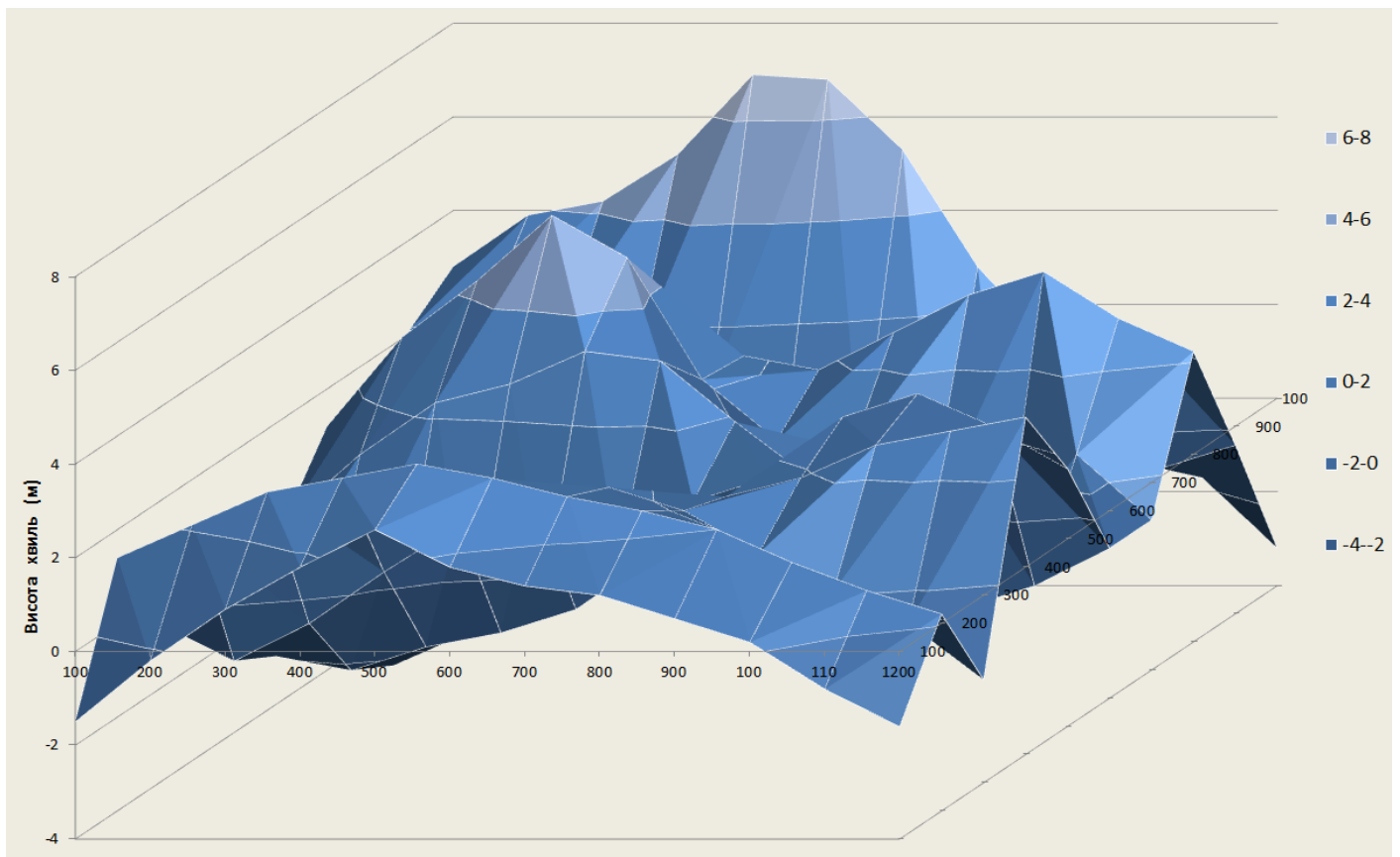


Рисунок 2.15 – Приклад відображення процесів динаміки хвилювання в локально обмеженому просторі

Але прогнозування неминуче пов'язане з помилками, основні причинами яких:

- обмеження розмірів двовимірної реалізації рельєфу хвиль, яку вдалося дистанційно виміряти;
- похибки самих дистанційних вимірювань;
- інерційність процесу дистанційного вимірювання та обробки інформації;
- зміна амплітуд і фазових співвідношень спектральних складових за час прогнозування під впливом їх загасання і дії збуджуючих хвилювання сил.

При цьому слід відмітити, що оцінка значень похибок є самостійною задачею і виходить за рамки даних досліджень.

Наступним етапом є вироблення керуючих команд для забезпечення інваріантності параметрів руху до дії обуреного середовища.

Для дистанційного виявлення та розпізнавання висоти хвиль та параметрів хвилювання на траєкторії руху запропоновано використовувати дистанційні

неконтактні хвилеміри, які нададуть змогу отримати перераховані вище характеристики хвилювання, необхідні для компенсації несприятливого впливу хвилювання на рух судна. Запропонована модель наведена на рис. 2.16.

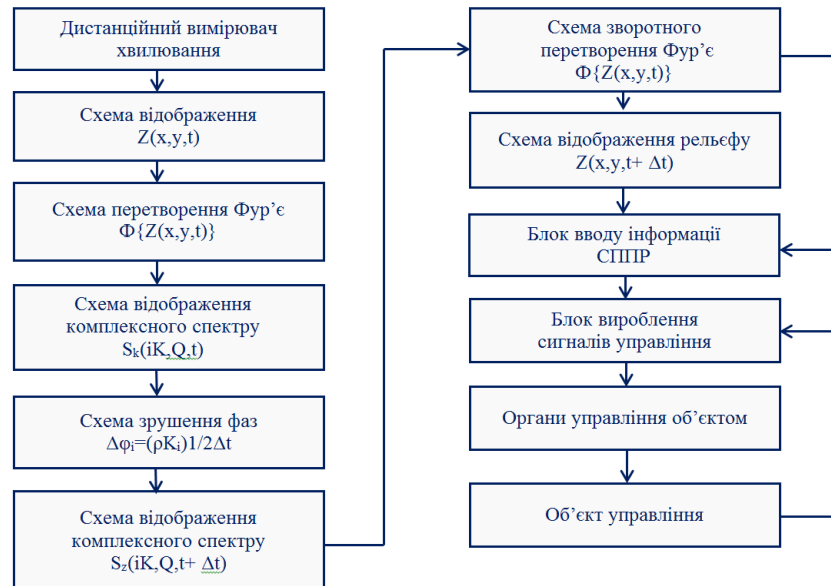


Рисунок 2.16 – Запропонована модель неконтактного хвилеміру для дистанційно виявлення та розпізнавання параметрів хвилювання

Інформація з дистанційного вимірювача хвилеміра в залежності від конкретних цілей може подаватися в самому різному вигляді:

- послідовність двовимірних реалізацій рельєфу хвиль або
- послідовність одновимірних комплексних спектрів зазначених двовимірних функцій;
- послідовність перетинів хвильового рельєфу (хвильовий профіль) або
- послідовність одновимірних комплексних спектрів цих хвильових профілів;
- послідовність огинання висот хвиль або
- послідовність двовимірних комплексних спектрів цих огинань тощо.

У ході вивчення основних некерованих зовнішніх процесів, що впливають на систему управління ВТЗ, запропонований один з можливих шляхів їх стабілізації в неоднорідному (збуреному) середовищі, що разом з розглядом особливості процесу

стабілізації в процесі управління ВТЗ в динамічному середовищі дозволяє розробити схему системи управління рухом ВТЗ в неоднорідному середовищі.

### **2.3 Алгебраїчний формалізований контроль циркуляції інформаційних потоків у підсистемах навігаційного обслуговування й управління рухом водних транспортних засобів**

Безпека руху ВТЗ визначає інтегровану системну оцінку якостей всіх підсистем, компонентів, елементів СДС, а також їх природну та соціотехнологічну взаємодію під час здійснення перевезень пасажирів і вантажів [298]. Вимоги до безпеки руху ВТЗ з боку міжнародних та державних організацій з роками стають все більш жорсткими.

Невирішена частина загальної проблеми на погляд автора складається саме стосовно фізичних обмежень професійно підготовленої людини-оператора (швидкість реакції з запізненням більш ніж 0,2-0,5 с; кількість врахованих факторів реального впливу не більш ніж 7 чинників; низькочастотний діапазон вхідних сигналів повідомлення, що сприймається; вузький діапазон можливих навантажень; погіршення працездатності при втомі та впливах небезпечних і шкідливих факторів тощо), які потребують раціонального розподілу функцій між людиною-оператором та машиною [289, 299]. Будь-які відомі порушення на межі людино-машинної взаємодії (Human Machine Interface – HMI), які перевищують природні (індивідуальні) обмеження можливості конкретної особи – IAS - забезпечити безпеку руху в екстремальних (форс-мажорних) умовах є причиною аварій та катастроф на транспорті.

Саме тому гостро необхідні інноваційні засоби ГАУ рухом ВТЗ за рахунок забезпечення цільової функціональної стійкості (ЦФС) за критеріями безпеки, розширеної автоматизації та упередженої адаптивності до темпів змін у зовнішньому середовищі. Таким чином, головні задачі ГАУ рухом ВТЗ полягають у запобіганні аварій шляхом своєчасного ухилення від зіткнень та ухилення від влучення у ядро НОН, де аварія неминуха (практично 100%) внаслідок непереборних (у порівнянні з

можливостями IAS) сил навколишнього оточуючого середовища з катастрофічним впливом його факторів на даний конкретний ВТЗ.

Знизити реальні ризики аварійних подій під час руху ВТЗ у ЗПРП запропоновано за рахунок активних упереджених дій IAS та штучного інтелекту засобів ГАУ. Вони своєчасно реагують на загрозливі тенденції зростання небажаних ризиків [289, 298] через наближення ВТЗ до НОН, фактори загрози яких поки ще діють на віддалених відстанях.

Рух ВТЗ без аварійних подій можливий лише вздовж шляху, який належить програмним послідовностям БОН без гарантованого контакту з сусідніми НОН, що можуть наближатись, але лише на гарантованій мінімальній відстані від минаючих ВТЗ у БОН. Тобто входження ВТЗ в НОН може бути майже стовідсотково виключено завдяки синергетичним властивостям ГАУ рухом ВТЗ. Процедури реорганізації мають прояв у загрозованих позаштатних ситуаціях початкового зростання ймовірності  $P_0(t)$  ризиків ускладнення обставин у ЗПРП, що поки віддалена.

Відстань або несхожість як поняття [31, 47, 164] визначає степеневу характеристику близькості чи віддалення між двома об'єктами. Метрика використовується як певний стандарт інструментарію міри для вимірювання. Математичне поняття метрики у сенсі функції  $d(x, y)$  з множини  $X \times X$  у множину дійсних чисел ( $X \times X \rightarrow R$ ) задовольняє стандартним умовам:

$$d(x, y) \geq 0; \text{ якщо } x = y, \text{ тоді } d(x, y) = d(y, x) - \text{симетрична тотожність};$$

$$d(x, x) = 0 - \text{ситуація рефлексивності};$$

$$d(x, y) \leq d(x, z) + d(z, y) - \text{для трьох точок виконується правило трикутника}$$

в метричному просторі  $(X, d)$ , де  $x, y, z \in X$  [31, 47].

Таким чином, для будь-якої відстані  $d$  функція  $d: X \times X \rightarrow R$  для всіх  $x, y, z \in X$  множини при  $x \neq y$  та  $D(x, x) = 0$  визначається

$$D(x, y) = d(x, y) + C, \tag{2.36}$$

$$C = \max_{x,y,z \in X} (d(x,y) - d(z,x) - d(y,z)), \quad (2.37)$$

як відповідна метрика заданої просторової множини.

Подібність на цій множині  $X$  – це інша функція  $S : X \times X \rightarrow R$ , якщо  $S$  позитивно визначена, симетрична для будь-яких  $x, y \in X$  при  $x = y$  маємо  $S(x, y) = S(x, x)$ , але  $\forall x \neq y$  буде виконуватись нерівність  $S(x, y) < S(x, x)$ .

Взаємозв'язок між відстанню  $d$  та подібністю  $S$  можливо визначати аналітично, наприклад згідно рівнянь [164]:

$$d = 1 - S, d = \frac{1}{S} - 1, d = \sqrt{1 - S}, d = \sqrt{2(1 - S^2)}, d = \arccos S, d = -\ln S. \quad (2.38)$$

Замкнений метричний інтервал  $x, y \in X$  між  $x$  та  $y$ :

$I(x, y) = \{z \in X : d(x, y) = d(x, z) + d(z, y)\}$  протилежний основний граф з ребром  $(x, y)$ , а точки  $z$  не існує.

Монотонна відносна відстань у метричному просторі  $(X, d)$  буде, якщо при  $\forall I(x, x')$  та  $Y \in X \vee (x, x')$  існує  $x'' \in I(x, x')$ , значення для якого  $d(x, x'') > d(x, x')$ .

Формалізація понять динаміки БОН та НОН. Поняття БОН запропоновано характеризувати наступним змістом у ПЧК, який змінюється, при цьому рух у його межах не впливає на головну якість – завжди мати ЦФС, тобто заданий (асимптотично майже 100%) рівень безаварійного руху ВТЗ.

Властивість БОН [271] мати ЦФС (БОН  $\subset$  ЦФС) гарантується технічними та технологічними засобами ГАУ внаслідок наявного надлишкового ресурсу. На борту ВТЗ ресурси (паливо, мастила, типові змінні елементи) витрачається, але вони відновлюється у термінальних пунктах маршруту як необхідний засіб гарантування  $P_c$  за критеріями надійності та живучості [273, 289, 299] у складних позаштатних ситуаціях. Тому відстань  $d_{ij}$  між термінальними пунктами  $i$  та  $j$  у межах конкретної

БОН обумовлена пунктами відновлення техніко-технічних ресурсів згідно регламенту на технічну експлуатацію ВТЗ.

Рельєф та геометрія простору БОН забезпечує рух ВТЗ у режимах:

- квазіпрямолінійного переміщення  $\{x(t), y(t), z(t)\} \in X(t)$ ;
- прискорення та гальмування  $\{\dot{x}(t), \dot{y}(t), \dot{z}(t)\} \in \dot{X}(t)$ ;
- маневрування з поворотам ліворуч і праворуч; циркуляцією по колу;
- рухом за правилами у змінному режимі при обгонах інших учасників у потоці габаритної смуги руху (ГСР);
- зупинки та знаходження стабільного місця  $X = const, \forall t \in T_s$  у дозволеній локальній області ЗППП, яка відображена як електронна навігаційна карта.

Моделювання БОН полягає у визначенні топологічного підпростору  $M$  в евклідовому просторі, що відображається на дисплеї ECDIS у межах повномасштабної СНУР ВТЗ. БОН як підпростір  $M$  – це замкнена поверхня, що обмежена вимогами майже 100% безпеки ВТЗ та будь-яка точка його місцезнаходження має окіл  $\varepsilon$ .

Маршрут із забезпеченням майже 100% безпеки руху ВТЗ визначається як послідовна зв'язність топологічних підпросторів  $M_S, M_1, M_2 \dots M_f$  між термінальними  $\varepsilon_i$  околами-пунктами  $(S, f)$  транспортної роботи. Якщо нормувати відстань між термінальними пунктами  $d_{sf} = 1$  у відносних одиницях на екрані ECDIS, тоді топологічний простір з інваріантними властивостями БОН можливо відобразити як послідовність точок  $M = \{1/n | \forall n = 1, 2, \dots, S\}$ , що починається з пункту призначення  $f$  та закінчується пунктом виходу (старту)  $S$ , де відомі початкові умови. Таким чином, у топологічному підпросторі  $M$  всі проміжні точки з  $\varepsilon_i$  околами задовольняють умовам інваріантності БОН<sub>*i*</sub> під час руху ВТЗ.

Поняття НОН характеризується іншим антиподним змістом. Простір НОН –  $N$  по відношенню до  $M$  не гомеоморфний [31, 47] у сенсі відсутності між ними зв'язності згідно критерію ЦФС. Головні риси простору НОН – наявність заборони на рух у напрямках наближення до критичних об'єктів. Різноманітна фізична природа критичного об'єкту пов'язана відповідно з неідентичними процесами, явищами,

причинами. Однак результуючі наслідки практично однакові: при зіткненнях та навалах – це загибель та втрата життя людини і пошкодження ВТЗ; при вибухах та пожежах – це значні ураження як природної біосфери, так і техніки, а також теплові удари, опіки, втрата працездатності людей.

Основи гарантування безпеки руху ВТЗ. Найбільш безпечним буде такий рух ВТЗ, який ніколи не переривається, не перетинає заборонені межі та майже 100% запобігає зіткненню із загрозливими об'єктами у НОН за рахунок своєчасного зупередження маневрування з метою раціонального розходження об'єктів [235, 273, 289, 299].

Запропонована формалізація будови ПЧК під час руху ВТЗ наведена на рис. 2.17, де стосовно ймовірностей на  $БОН(t)$  та  $НОН(t)$  завдяки СНУР з певними властивостями ЦФС чітко зберігається послідовність фазових просторів

$$БОН \cup ЗПРП = \{ГСР, ПЗО, ОЗМ, ТЗП, СЗА, ЗДЗ, ЗМШ\}, \quad (2.39)$$

де ГСР – габаритна смуга руху реального фактичного шляху з  $S$  умов;

ПЗО – планова зона оптимального руху згідно ЦФС у межах БОН;

ОЗМ – оперативна зона маневрування з реагуванням на перешкоди;

ТЗП – тактична зона плану згідно визначених об'єктів НОН;

СЗА – стратегічна зона альтернатив забезпечення безпеки при наявних НОН;

ЗДЗ – зона дистанційного зондування для зняття невизначеності у межах ПЧК на віддаленнях від рухомого ВТЗ не менш ніж  $d_{gs} \div d_{gf}$  при середній швидкості її

проходження  $V_c(t)$  за інтервал часу  $\Delta\tau_g = (d_{gs} - d_{gf}) / V_c(t)$ ;

ЗМШ – зона майбутнього шляху до термінального (можливо проміжного) пункту  $f$ , якщо в цій зоні можливо на протязі  $\Delta\tau_{ми}$  гарантувати майже 100% руху ВТЗ.

Поточні особливі властивості СДС для гарантування безпеки руху ВТЗ у чітко визначеному ПЧК ЗПРП відображені у таблиці, як приклад принципів структуризації баз знань та даних інтелектуальних СНУР з ЦФС. Параметрична характеристика кожного окремого простору (рис. 2.17) також виконується у відповідних табличних

файлах СНУР ВТЗ для оперативного розв'язання задач ГАУ. Семантичні символічні означення дозволяють використовувати алгебраїчні та логічні закономірності, які існують для природних та соціотехнологічних процесів і явищ у оточуючому середовищі [31, 164, 299]. Геометричні тривимірні значення параметрів ВТЗ, об'єктів БОН та НОН, ГСР та стаціонарних споруд у кожному кадрі  $k$  електронної карти на борту ВТЗ відомі з достатньою точністю. Невизначеність під час руху формують динамічні НОН, де відбуваються незалежні та неконтрольовані природні й соціотехнологічні явища.

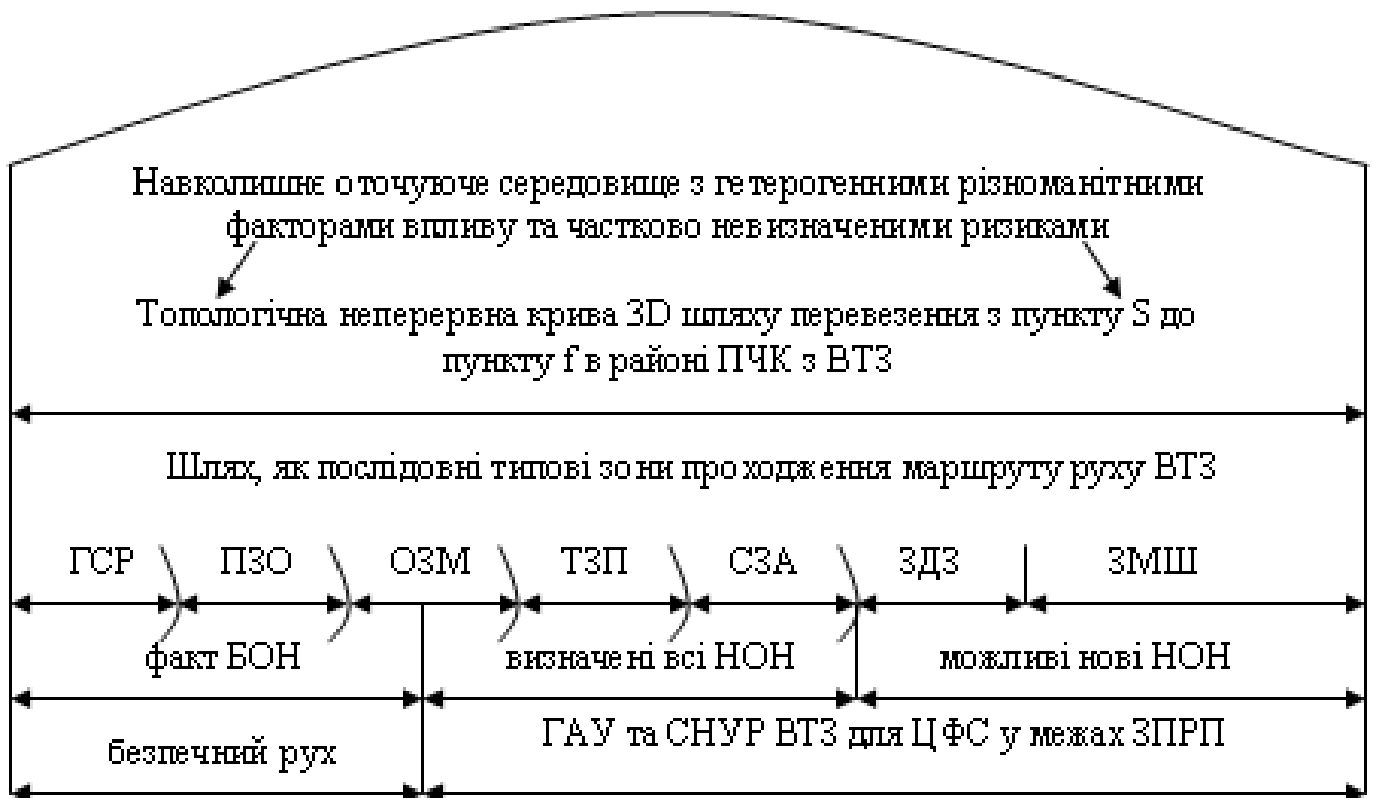


Рисунок 2.17 – Формалізована структурна послідовність ситуативних зон просторово-часового континууму під час руху ВТЗ між двома термінальними пунктами реалізації транспортної роботи та змінних факторах впливу

Закономірності вивчених природних процесів можливо характеризувати вимірюваним простором ймовірностей  $(\Omega, A, P)$ , де  $\Omega$  це множина всіх складних підмножин  $A$ , що вимірюються,  $P$  – міра підмножин  $A$  з умовою  $P(\Omega) = 1$ . Простір вибірок для множини  $\Omega$  містить елементи  $a \in A$ , що називають подіями. Якщо



підмножина множини  $\Omega$  має лише один елемент, відбувається елементарна подія. Ймовірнісна міра  $P$  на  $A$  характеризує  $P(a)$  як ймовірність події  $a$ .

Випадкова величина  $X : \Omega \rightarrow R$  визначає відношення переходу з простору ймовірностей  $(\Omega, A, P)$  в простір вимірювання, де використовуємо дійсні числа  $R$  на множині значень  $\chi$ , яку називають множиною носія розподілу  $P$ , де  $x \in \chi$  визначає конкретний стан. Закон розподілу або кумулятивна функція щільності  $F(x)$  фіксує, що випадкова величина  $X$  приймає значення  $F(x) = P(X \leq x) = P(\omega \in \Omega : X(\omega) \leq x)$  не більш ніж  $x$ . Випадкова величина  $X$  буде мати значення в фіксованому інтервалі  $[a, b]$  відповідно закону розподілу ймовірностей

$$P(a \leq X \leq b) = P(\omega \in \Omega : a \leq X(\omega) \leq b).$$

Рухомі ВТЗ та інші об'єкти з динамікою зміни у ПЧК можливо описувати через неперервні функції розподілу  $F : R \rightarrow R$  з стандартними властивостями [31, 164].

Якщо для кожного числа  $\varepsilon > 0$  існує таке число  $\delta > 0$  для будь-якої послідовності попарно неперетинаємих інтервалів  $[x_k, y_k], \forall 1 \leq k \leq n$ , що за умов нерівності  $\sum_{1 \leq k \leq n} (y_k - x_k) < \delta$  будемо мати відповідну нерівність  $\sum_{1 \leq k \leq n} |F(y_k) - F(x_k)| < \varepsilon$ .

Ймовірнісна метрика  $d$  гарантує, що за умов, тільки тоді, коли  $d(X, Y) = 0$ , будемо мати  $P(X = Y) = 1$ .

Для рухомих ВТЗ доцільно в якості базової відстані обрати величину, рівну геометричній довжині повздовжньої лінії його корпусу, тобто на просторі станів місцеположення у відповідній зоні (див. рис. 2.17) маємо  $\chi_k$  умовно-конкретний корпус ВТЗ як твердого тіла з наперед визначеними параметрами відповідно до обраних шкали та одиниць виміру. Це дозволяє визначати за допомогою  $\chi_k$  відстані між сусідніми ВТЗ у транспортних потоках та розміри локальних зон, через які проходить поточний реальний шлях перевезення за час подолання типового району ПЧК (див. рис.). Географічний профіль цього типового району дозволяє використовувати точні координати як місця старту  $S$ , середовища, що охоплює ВТЗ та

інших учасників руху у межах СДС (табл. 2.2), а також найбільш віддалену точку фінішу  $f$ , де закінчується цей район, та при необхідності починається інший, з аналогічною структурою послідовних 7 зон (рис. 2.17).

Мета, завдання та тема безпеки руху ВТЗ потребує повного розкриття невизначеностей стосовно рухомих НОН, конкретних ризиків, загроз, відмов, помилок та інших складностей у межах СДС. Розв'язок кожної конкретної задачі можливий при чітких формальних визначеннях, особливо на етапах прийняття часткових та остаточних рішень щодо ГАУ за критеріями ЦФС.

Тому необхідно визначити основні поняття з використанням знання  $\chi_k$  реального корпусу ВТЗ.

Безпечна відстань – найкоротша відстань між ВТЗ, яка гарантує уникнути джерело загрози життя (НОН).

Індивідуальна зона безпеки – сфера ПЧК з радіусом віддалення від центру об'єкта, що гарантує мінімальну циркуляцію або обертання навколо даного центру.

Відстань до найближчого сусіднього ВТЗ – безпечна відстань гарантованого збереження цілісної структури групового руху при русі у транспортному потоці за принципом копіювання поведінки (*«роби так, як зробить сусід»*), наприклад: пориви вітру, значні хвилі, течії, інші перешкоди.

Відстань до НОН – відстань до значної небезпеки, яка загрожує життю екіпажу та пасажирів з причин особливих природних явищ непереборної сили (шторм, землетрус, зсув, торнадо, смерч, фронт блискавок, аномальні явища тощо).

Відстань форсованого бігу – дистанція, коли негайно здійснюється реакція на надмірне наближення НОН зі швидким зростанням ризику катастрофи.

Відстань реагування – відстань, з якої 7 різних сенсорів людини (IAS) реагують на фізичні, хімічна та біогенні ознаки та сигнали загроз для власного життя.

Міжконтактна відстань – відстань, при маневруваннях, перетинах, розходженнях та інших формах запобігання зіткнень та інших аварійних подій внаслідок раціонального маневру ухилення без фізичного контакту та ураження.

Крива послаблення збурення в залежності від  $d_{ij}$  віддалення потенціалу точки  $i$

Таблиця 2.2 – Поточні основні властивості складної динамічної системи для гарантування безпеки руху ВТЗ

Склад СДС	Ключові головні об'єкти	Структурна семантика складної динамічної системи для гарантування безпеки руху ВТЗ	Приклади частки факторів впливу	Приклади типових загроз та ризиків	Вимоги регламенту ІМО
Природне навколишнє середовище	сонце вітер акваторія течії хвилі	теплові удари, опіки погіршення здоров'я тілесні ушкодження фізичні ураження непереборні лиха, негоди	дальність обзору тиск стисла протилежні хвилі-вбивці	туман торнадо вужькості антиподні	своєчасне оснащення цілодобове вимірювання прогнозування
Соціотехнологічне штучне середовище	споруди термінали знаки обмеження канали	навантаження перенапруження захворювання ушкодження втрата працездатності	мости порти маяки міліни шлюзи	підводні об'єкти відмови зсув черги	виконання правил застережень рекомендацій досвіду
Системи навігації та управління рухом ВТЗ	засоби навігації орієнтації оцінювання вибору реалізації	запізнення викривлення хиби, завади широкополосні шуми випадки	GPS локатор ECDIS ACU автостерновий	помилки похибки неадекватність затримки некерованість	точність дальність своєчасність повнота надійність
Ієрархічні ПЕВО IAS	адміністратори менеджери диспетчери логісти судноводії	ігнорування регламенту порушення вимог порушення правил відволікання уваги	судновласник економіст диспетчер боцман капітан	накази штрафи помилки суперечність незадовільна вахта	узгоджений розподіл функцій та контроль
ЗПРП	загрози перешкоди межі умови обставини	місцеположення наближення збільшення ризиків ускладнення збіг обставин	балки, опори міліни створ заборони одночасність	близькість невизначеність суперечність ремонт збіг обставин	підвищена увага допоміжна вахта мобілізація
Учасники руху ВТЗ в локальній зоні (тут, зараз)	попутні у поточі зустрічні перетин курсів завади пріоритети	особисті цілі власний шлях суттєва взаємозалежність інші ВТЗ, потерпілі деякі обставини, причини	цивільні військові пірати маневри правила	порушення норм і правил навали зіткнення	телекомунікація зв'язок узгодження попередження ухилення запобігання
Фізичні особливості фаз наближення	3D габарити відстані швидкості прискорення кривизна	природні керовані порушення блискавки неузгодженість	накриття загроза критичні імпульсні змінна	поглинання удар, вибух загроза ураження стрибки	ухилення удалення гальмування стабілізація плавність руху

впливу стосовно центра (ядра  $j$ ) процесу чи явища джерела загроз.

Моделювання взаємодії  $I_{ij}$  згідно кривої послаблення в залежності від відстані між точками  $i$  та  $j$ , наприклад, по закону Парето, використовують функції виду [298]:

$$\ln I_{ij} = a - b \ln d_{ij}, \quad (2.40)$$

$$\ln I_{ij} = a - b d_{ij}^P, \quad (2.41)$$

де  $a, b, P$  - фіксовані параметри конкретного явища, для якого типові значення  $P = \{0,5;1;2\}$  при відображенні зменшення загрозового фактору впливу при збільшенні відстані від джерела з максимальним потенціалом  $a$  в ядрі випромінювання.

Безпечний шлях (робоча відстань ефективної транспортної роботи) залежить від 100% відсутності всіх факторів ризику будь-якого форс-мажорного явища (деякі приклади наведені у табл. 2.2) природного та соціотехнологічного джерела, яке знаходиться від ВТЗ на безпечній неконтактній відстані.

Різноманіття процесів, явищ та зовнішніх обставин природної СДС необхідно чітко, повно та якісно за критеріями ЦФС систематично відображати у пам'яті СНУР ВТЗ для своєчасної класифікації динамічних зон БОН та НОН, які завжди варіюються, змінюються, виникають і зникають.

Кінематична модель СДС «ЗНОС – ВТЗ – БІКК» може бути визначена як рух ВТЗ у вигляді точки з окіом безперервного рейсу з встановленою границею  $\pm \varepsilon_0$  при цілеспрямованих діях бортового інформаційно-коригуючого комплексу (БІКК) щодо забезпечення точності утримання на заданому маршруті  $|\varepsilon_0| = const$  [295].

При розгляді площини  $x-O-y$  в замкненій області, на якій відображається рух ВТЗ в момент  $t=t_0$  в точці  $M_0$  можна відобразити гармонічну єдність руху на другій площині

$u$ - $0$ - $v$  , на якій можна зробити опис кінематичного руху точки центру ваги ВТЗ згідно з парою функцій

$$U=u(x,y),$$

$$V=v(x,y).$$

При цьому функції  $U=u(x,y)$  і  $V=v(x,y)$  конкретно визначені та мають безперервні часткові похідні до другого порядку, а місцезнаходження ВТЗ та вектор його руху в конкретний час відомі. Рівняння Лапласу

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = 0 \quad (2.42)$$

забезпечують виконання рівнянь

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y} \text{ та } \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x} \quad (2.43)$$

Функції  $u(x,y)$  і  $v(x,y)$  є гармонічними парами та мають інтегральні відношення в площині у вигляді

$$I = \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial v}{\partial x} = \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 = \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2 > 0, \quad (2.44)$$

де  $U'(x)$ ,  $U'(y)$ ,  $V'(x)$ ,  $V'(y)$  – часткові похідні, з яких хоча б одна не дорівнює 0.

В площині  $x$ - $0$ - $y$  в параметричному вигляді визначаємо дуги певної кривої у вигляді функції

$$\begin{cases} x = x(t), \\ y = y(t), \end{cases} \quad (2.45)$$

де  $t$  – загальний параметр, яким визначається час на ділянці за маршрутом рейсу.

Гармонічну пару, визначену на іншій площині  $u$ - $0$ - $y$  та відображаючу іншу дугу у вигляді іншої кривої, визначаємо у вигляді наступної функції

$$\begin{cases} V = \bar{u}(t), \\ y = \bar{v}(t). \end{cases} \quad (2.46)$$

Обидві криві, побудовані за цими функціями, зображені на рис. 2.18.

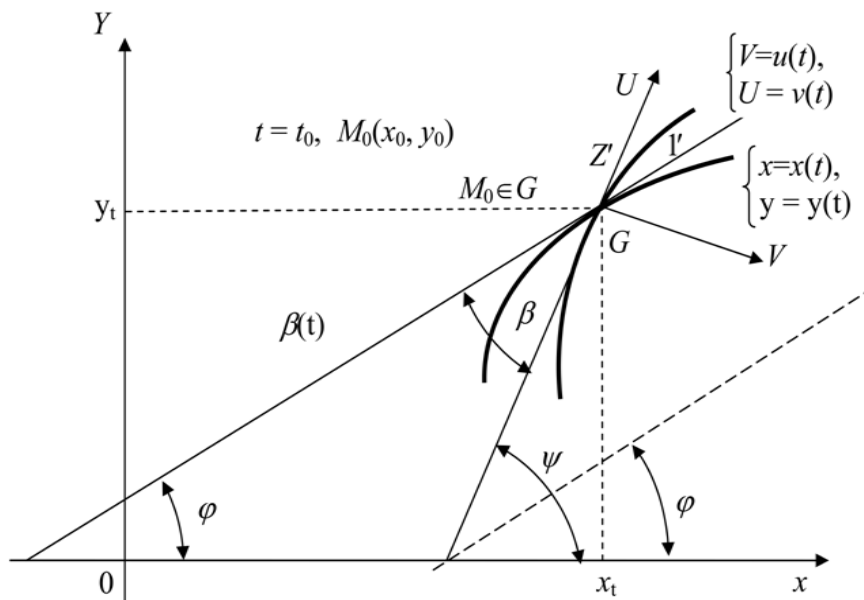


Рисунок 2.18 – Траєкторія локального руху ВТЗ на площині у точці  $(x_t, y_t)$

Для вимірювання відхилень від запланованого маршруту дотична до першої кривої визначає кут  $\varphi$  з віссю  $O-x$ , дотична до другої кривої визначає кут  $\psi$  з віссю  $O-y$ .

В області  $G$  геометрично отримуємо відносний кут  $\beta = (\psi - \varphi)$ , який дозволяє створити множину

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{tg} \psi - \operatorname{tg} \varphi}{1 + \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \psi}, \quad (2.47)$$

При цьому тангенси обох кутів будуть визначатися такими рівняннями:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\partial y}{\partial x}, \operatorname{tg} \psi = \frac{\partial y}{\partial x}. \quad (2.48)$$

Це дозволяє отримати кінцевий результат значення фактичного кута повороту  $\beta$

між кривими, що характеризує спільну для усіх факторів, які впливають на відхилення фактичного маршруту від запланованого.

$$\beta = \arctg \frac{\frac{\partial V}{\partial y} \frac{\partial x(t)}{\partial t}}{\frac{\partial V}{\partial x} \frac{\partial y(t)}{\partial t}} = -\arctg \frac{\frac{\partial U}{\partial y} \frac{\partial y(t)}{\partial t}}{\frac{\partial U}{\partial x} \frac{\partial x(t)}{\partial t}} . \quad (2.49)$$

$$\beta = f[U'(x, y) \& V'(x, y)], \quad (2.50)$$

де  $x, y$  &  $V, U$  – задані дуги визначених кривих

Реальні швидкоплинні обставини на борту ВТЗ разом з фактичними ускладненими ситуаціями у зовнішньому середовищі СДС, де також знаходяться центри мережі додаткової підтримки прийняття поточних рішень з метою гарантування ЦФС рухомого ВТЗ, формують умови для оперативного визначення ефективних законів ГАУ з метою запобігання зіткнень з іншими учасниками у поточних зонах потенційного контакту.

#### **2.4 Предикативні правила подання алгебраїчних поліномів в методах комплексної обробки інформації для підсистем спостереження, розпізнавання об'єктів навігації та управління рухом водних транспортних засобів**

Поняття відстані у просторі існування СДС дозволяє розв'язувати різноманітні практичні задачі стосовно діяльності ПЕВО включаючи соціальне життя ITS у всіх реальних нестационарних середовищах.

Теоретично-математичне поняття метрики обґрунтоване М.Фреше у 1906 р. та Ф. Хаусдорфом у 1914 р. для розв'язку відповідних задач у топологічних просторах. Метрика це функція  $d(x, y) \geq 0$  на множині  $d: X * X \rightarrow X$  дійсних чисел, що задовольняє умовами рівності при  $x = y$  маємо  $d(x, y) = d(y, x)$ , а також умовам

геометричного трикутника  $d(x, y) \leq d(x, z) + d(z, y)$ ,  $\forall (x, y, z) \in X$ , що було відомо ще Евкліду [267].

Завдяки поняттям та інструментам метрики й відстані забезпечені сучасний стан прогресивних технологій CNS/VTM (комунікації, навігації, спостереження/ ВТЗ, команда, управління) будь-якого ВТЗ [133, 137, 138, 141].

Запропоновано розробити засоби інтелектуалізації парадигми символічних предикативних перетворень джерельних заданих понять у невідомі, поки ще невизначені й тому шуквані поняття автоматизованого розв'язування задач судноводіння в умовах ЗПРП та загрозливих впливів факторів ЗНОС. Саме вони формують НОН. Дана мета може бути досягнута за умов наявності у досліджуємому ПЧК цілісної СДС розподілених БОН, де гарантовані три умови, а саме:

- життя людей та збереження вантажів, які знаходяться на борту ВТЗ;
- безаварійність руху ВТЗ вздовж габаритної смуги руху у ЗПРП та збереженню життя біоти локальної екології;
- безконфліктність динаміки рухів НОН та БОН у наслідок нестационарного ЗНОС, що еквівалентно економічній беззбитковості у наслідок уникнення коштовних витрат [267].

Проблемні задачі наступного розвитку відображення поточної ситуації СДС вимагають докорінну інтелектуалізацію всіх процесів управління рухом ВТЗ у надзвичайних, критичних умовах впливу ЗНОС за критеріями гарантування найвищого рівня безпечного плавання в ЗПРП.

Дослідження присвячено ГАУ ВТЗ та конструктивній технології інтелектуалізації предикативних процедур ECDIS, спрямованих на визначення об'єктивних реальних зв'язків динаміки, які за певних ситуаційних причин поки що неявні та приховані самою складністю нестационарних перехідних процесів взаємозалежної зміни параметрів кожного учасника СДС у реальному часі .

Термін предикат характеризує  $n$ -арне відношення та в математичній логіці визначає логічну функцію від  $n$  предметних змінних. Predicatum у перекладі з латині означає сказане-висловлене, що набуває лише значення або істинності, або хибності. В



теорії доведень предикатив, що має значення істинності для аксіом шляхом застосування операцій математичної логіки, забезпечує виведення істинних наслідків (теорем). Предикативність понять (правил, відношень) зберігає інваріантну властивість початкового, наприклад істинного значення для заключного (практично-складного) логічно обґрунтованого висновку.

Відношення на впорядкованій  $n$ -множині  $A_1, A_2, \dots, A_n$  визначається як підмножина декартового добутку  $A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n$  заданої фіксованій множині. Окремий випадок, коли  $A_1 = A_2 = \dots = A_n, \forall i = \overline{1, n}$  забезпечує  $n$ -арну  $A^n$  степінь базового первинного атрибута. Степінь виразу  $a^n$  означає добуток  $n$  кількості множників, де  $n$  - це показник ступеня та  $a \neq 0$  є основою ступеня.

В теорії функцій показник ступеня може бути:

- натуральним числом  $n \geq 0 \in N$ ; від'ємним показником  $a^{-n} = 1/a^n$ ;
- дробовим показником  $a^{p/q} = \sqrt[q]{a^p}$ , де  $P$  - ціле та  $q$  натуральне; ірраціональним показником  $a^\alpha (a > 0)$  у сенсі границі послідовного ряду чисел  $a^\alpha = \lim a^{r_n}, r_n \rightarrow \alpha$ , де число  $\alpha$  не є раціональним й тому незчисленним у протилежність числу  $r_n$ , яке є лише певним наближенням до  $\alpha$  наприклад,  $\alpha_1 = \sqrt{3}, \alpha_2 = \sqrt{2}, \alpha_3 = \sqrt{3} \pm \sqrt{2}, \alpha_4 = \lg 5$  та інші ірраціональні вирази. Єдиний обернений елемент  $a^{-1}$  задовольняє тотожності  $a * a^{-1} = a^{-1} * a = e = a^{+1-1} = a^0 = 1$ .

Основні властивості степеневих функцій:

$$\left. \begin{aligned} a^n \cdot a^k &= a^{n+k}; & a^n : a^k &= \frac{a^n}{a^k} = a^{n-k}; \\ (a^n)^k &= a^{nk}; & (a^k)^n &= a^{nk}; \\ (a \cdot b)^n &= a^n \cdot b^n; & (a : b)^n &= a^n : b^n = a^n \cdot b^{-n}; \\ \text{похідна } y' &= (x^a)' = ax^{a-1}; & \text{інтеграл } \int x^a dx &= \frac{x^{a+1}}{a+1} + C. \end{aligned} \right\} \quad (2.51)$$

Степеневу функцію можливо розкласти у вигляді степеневих рядів виду

$$y(x) = \alpha_0 x^0 + \alpha_1 x^1 + \alpha_2 x^2 + \dots + \alpha_n x^n + \dots, \quad (2.52)$$

де  $\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_n, \dots$  константи біля степеневих послідовних одночленів функції з визначенням відповідного сталого коефіцієнта. У кожній власній області збіжності степеневий ряд (2.48) є аналітичною функцією аргументу  $|x| < r$ , де  $r$  інтервал  $] -r, r[$  визначає радіус збіжності ряду.

Функціональний аналіз складних функцій дозволяє конструктивно (бездоганно) визначати метричні  $(X, d)$  та топологічні  $(X, \tau)$  властивості досліджуваних просторів [142, 143, 164, 267]. Аксиоматизація цих понять кожного простору базується на точкових елементах  $x \in X$  певної множини та цільових відношень відповідно:  $d$  – відстань у метризованому просторі з означеною мірою;  $\tau$  – топологія даного простору для характеристизації відношення «нескінченної близькості». Таким чином в множині  $X$  конкретних точок  $x$  (вузлів) топологічного простору можливо виділяти певні класи множин, що є відкритими множинами або околами. Аксиоматичне визначення поняття окіл точки визначає, що він містить дану точку  $x$  (вузол) поряд з деякою множиною, яка містить цю саму точку.

Відношення «нескінченної близькості» визначається через наступну властивість відкритої множини: точка  $x$  гранична для множини  $M$ , якщо будь-який окіл точки  $x$  містить точку множини  $M$ . Тому на топологічному просторі можна розглядати неперервні функції і неперервні відображення, які ефективні для моделювання динаміки рухів ВТЗ у СДС. Одночасно множина  $M$  відкрита у тому сенсі, що вона разом з кожною точкою  $x$  містить усі точки у просторі, для яких умова  $S(x, y) < \delta$  задовольняється для довільного  $\delta > 0$ , де  $S(x, y)$  - відстань між відповідними точками.

Топологічні інваріантні або характеристики топологічного простору, які не змінюються при гомеоморфізмі, дозволяють означити п'ять класів. Їх аксіоматичні сутності:

- Топологічний простір  $T_0$  або простір Колмогорова  $(X, \tau)$  відрізняє дві точки  $x \neq y$  завдяки можливості їх відокремлення. Незалежне розпізнавання  $x, y \in X$  існує

завдяки відкритій множини  $\varphi : x \in \varphi \wedge Y \notin \varphi$  або навпаки  $Y \in \varphi \wedge x \notin \varphi$ , що явно конструктивно визначається без суперечок.

- Топологічний простір  $T_1$  завдяки  $\epsilon T_0$  просторам та додатково для кожної пари точок  $x, y \in X$  можливо зафіксувати відповідно дві відкритих множини  $U$  та  $V$  таким чином, щоб  $x \in U$  та  $y \in V$ . Одночасно множини  $U$  та  $V$  нетотожні тобто предикати існування  $x \in U \wedge y \notin U$  та  $y \in U \wedge x \notin U$  різні.
- Топологічний Хаусдорфов простір  $T_2$  передбачає виконання умов  $T_1$  простору  $(X, \tau)$  та додатково властивість, коли для двох точок  $x, y \in X$  їх околи не перетинаються.
- Топологічний простір Виєториса  $x$  існує за умов  $T_1$  простору та властивості регулярного простору, де кожний окіл будь-якої точки  $x$  містить замкнений окіл тої самої точки.
- Топологічний простір Титса нормального Хаусдорфого простору  $T_4$  характеризує будь-який метричний простір  $(X, d)$ , що виконує умови  $T_1$  простору та одночасно є нормальним Хаусдорфовим простором, де для будь-яких двох неперетинаємих замкнених множин  $L$  та  $T$  існує дві відкритих множини  $U$  та  $V$  таким чином, що  $L \subset U$  та  $T \subset V$ . Наприклад, перше характеризує простір фазових станів ГАУ як динаміки управління, а другий відображає віртуальне життя (еволюцію) кожної дії на протязі перехідних процесів.

Топологічний простір  $T_5$  завжди є просторами  $T_1$  та  $T_4$  з додатковою властивістю цілком нормального Хаусдорфого простору, де будь-які дві розподілені множини мають околи, що не перетинаються у сенсі відсутності контакту з замиканням протилежної множини. Наприклад,  $f : X \rightarrow [0,1]$ , але  $f(x) = 0, \forall x \in A$  коли в той час  $f(y) = 1 \forall y \in B$  тобто розділенні області існування.

Функція  $f$  з одного метричного простору  $(X, d_x)$  оригіналу в інший  $(Y, d_y)$  буде неперервною в точці  $z \in X$ , якщо для будь-якого дійсного числа  $\epsilon > 0$  існує відповідне

число  $\delta > 0$ , таке, що  $\forall x \in X$  коли  $d_x(x, z) < \delta$  буде задовольнятися нерівність  $d_y(f(x), f(z)) < \varepsilon$  в іншому просторі зображень.

Реальні природні об'єкти, агрегати та СДС існують завдяки оригінальним взаємодіям у реальному ПЧК, прояв яких можливо спостерігати, фіксувати, описувати та вивчати завдяки відображенням цих явищ у вигляді математичних моделей. Кожна будь-яка модель реального об'єкта значно спрощена та призначена для конкретного розв'язання певного класу задач практики, де замість оригіналів застосовують їх спрощенні зображення, образи, подоби, які фіксують лише задачні взаємовідношення у межах ГАУ рухом ВТЗ.

За таких більш системно узгоджених зв'язків між елементами СДС у області зображень конструктивно отримують потрібний розв'язок у вигляді модельного зображення результату. Завдяки зворотним символічним перетворенням, що практично тривіальні, виникає оригінальний результат у реальному ПЧК ЖЦ [267].

Предикативність прямих та зворотних процедур гарантована представленням задачної системи у вигляді алгебраїчної системи виду

$$\alpha = \langle A, \omega_F \omega_P \rangle, \quad (2.53)$$

де  $A$  - не порожня множина елементів, які аксіоматично вважають як елементарні поняття в ролі носія даної алгебраїчної системи;

$\omega_F$  - множина функціональних операцій на множині елементів  $A$ ;

$\omega_P$  - множина предикатів та відношень на множині  $A$ , яка складена із скінченної кількості елементів для задач практики ITS забезпечити безаварійний рух ВТЗ.

Аналітичний конструктивний метод доведення реалізується за схемою: від невідомого на початку аналізу задачі до відомого й далі від шуканого до цільового результату. На будь-який ВТЗ як об'єкт СДС, до якої належить маршрут судноводіння об'єктів ITS, впливають різноманітні фактори впливу ЗНОС [271, 141]. Конкретні прояви реагування об'єкта на ці впливи залежать від реальних умов, обставин, від збігу багатьох факторів, тобто від таких умов (*in+off*), що визначають головні, цільові ефекти, результати та відповідні режими процесів експлуатації на сучасні ЖЦ ГАУ.

Фізичний сенс, як й «людський фактор» частіше зразу невизначений, не вимірюється, не є об'єктивною істиною. Цей стан обумовлено відсутністю адекватних моделей, які обгрунтовані теоретично, та безперервно багаторазово підтверджують їх практичну ефективність. Для цього практичні задачі треба відображати у вигляді замкнених повних систем рівнянь, які побудовані логічно згідно базових теорій з чітким науково-логічним, фізичним та математичним базисом предикативної форми моделі. Головне призначення типових робочих операційних моделей полягає у отриманні нових знань відповідно до майбутніх задач та потреб практики.

Ефективність застосування робочих операційних моделей визначається комбінованими методами комплексного моделювання СДС на базі апробованих інваріантних складових розрахунково-базових моделей [267, 277]. Якісне цільове моделювання потрібних явищ завдяки обмежено задачею практики ITS та критеріями ефективності майбутніх нових результатів. Подібність явищ (процесів, перетворень та інших форм зміни початкового стану у іншій цільовій – термінальній стан) встановлюється у моделях та в об'єктах реального Всесвіту. Вона необхідна для використання цих інваріантних закономірностей. Саме вони забезпечують та гарантують отримання найбільш привабливих комфортних форм двобічного узгодження між цільовими параметрами робочих операційних моделей та корисними значеннями реального об'єкта СДС. Двобічне узгодження досягається проникненням у сутність якостей природних явищ.

Конкретні масштаби реальних явищ просто встановлюємо відповідно природній ієрархічній вкладеності <нано  $10^{-9}$  - мікро  $10^{-6}$ > - <міні – макро> - <мега  $10^6$  – екса  $10^{18}$ > часток (чи малих чи надто великих) відносно базової характерної одиниці ( $1=10^0$ ) обраного масштабу. Характеризація сутності заданого ПЧК обмежує простір, де відбуваються рух ВТЗ відповідно динаміки майбутніх СДС. Тому вибір конкретних одиниць (розмірних з найменуваннями чи відносно безрозмірних) виміру також залежить від особливостей модельних явищ об'єкта СДС [142, 143, 164, 277].

Відповідно робіт Р.О. ді Бартіні обгрунтована комплексна система предикативних величин, що існують у реальному ПЧК. Вона у якості базових, первинних, ключових розмірних параметрів фіксує лише дві: довжина = відстань  $[L]$  та час  $[T]$  = тривалість

часу вимірних подій. Всі інші вторинні, похідні поняття цієї системи побудовані як добутки (2.51) від перших двох базових складових. Для будь-якої похідної (2.47) чи (2.52) змінної визначається поняття у формі виду поліноміального двочлена за загальною формулою

$$M(r, s) = [L^r T^s], \quad (2.54)$$

де  $r$  та  $S$  цілі числа (позитивні або від'ємні) натурального ряду чисел (кодів) числення.

Формула розмірності у вигляді виразу (2.50) відображає базовий принцип побудови (2.47) необхідних похідних параметрів, які не залежать від вибору масштабів тому, що основний масштаб двох фундаментальних одиниць  $L$  та  $T$  зафіксовано. При перерахунках чисельних оцінок параметрів – аргументів, наприклад,  $l = K_1 \cdot L$  та  $t = K_2 \cdot T$  формули символічної розмірності у будь-якій системі просторово-часових масштабів однозначно визначають

$$(l^r t^S) = (K_1^r K_2^S) [L^r T^S] = K_{lt} \cdot [L^r T^S] = K^d, \quad (2.55)$$

де  $K_{lt} = (K_1^r K_2^S)$  - відповідний фіксований коефіцієнт перерахунку для інших обраних умов моделювання задачного ПЧК.

Запропонований компактний комплекс  $K^d$  формується за наступних алгебраїчних умов значень показників степенів у степеневих функціях (2.51) та (2.52)

$$(r, S) \in \{-6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, +4, +5, +6\}, \quad (2.56)$$

де є збереження симетрії натурального ряду чисел навколо нульового елемента. Значення інтегрованого показника  $d$  отримується відповідно алгебраїчного складання з урахуванням знаків

$$d = r + s, \quad (2.57)$$

де  $d = \{-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3\}$  за умов протилежних знаків для індексних  $r$  та  $s$  складових у 7-вимірному (метричному та топологічному) просторі їх цілечисельних значень кодів.

Базові координати для просторових значень  $L^r$  параметра обираємо у вигляді ортогональної декартової системи з орієнтацією векторів  $ox, y, z$  проти часової стрілки.

Дії та рухи й зміни у просторі  $L^r$  орієнтуємо знаками  $\langle$  було  $\langle 0, sign- \rangle$ , зараз окіл  $0$ ,  $\langle$  буде  $\rangle 0, sign+ \rangle$ . Характеризація процесів на площинах єдиного умовного кубіта з відповідними масштабами  $L_1$  вздовж осі  $ox$ ,  $L_2$  для осі  $oy$ ,  $L_3$  для осі  $oz$  потребує ввести також орієнтації для часових діаграм – графіків.

Нижнім індексом визначаємо наступне:  $T_1 \equiv T_{x(y \ o \ z)}$  – час опису подій, що бачимо (спостерігаємо, вимірюємо, оцінюємо) на стрілці часу вздовж осі  $sign \ ox$  для станів статички, кінематики та динаміки на ортогональній  $(y \ o \ z)$  площині простору;

$T_2 \equiv T_{y(z \ o \ x)}$  з аналогічним кодуванням відносно стрілці часу осі  $sign \ oy$  для  $(z \ o \ x)$  площині простору;  $T_3 \equiv T_{z(x \ o \ y)}$  коли стрілка часу з застосуванням вісі  $sign \ oz$  для  $(x \ o \ y)$  площині умовного простору – кубіта. Об'єктивність застосування різних часових масштабів для опису подій у єдиному ПЧК обумовлена практикою ситуативних часових рядів. Якщо найбільші – головні процеси (максимальної швидкості змін) зафіксовані за часом  $T_1$ , наприклад, повздовжній рух за відповідною траєкторією, тоді ортогональні – бічні (коливальні) рухи, що супроводжують визначальний рух можуть бути повільними. В той же час, наприклад, врахування рельєфу поля, де виконується рух ВТЗ, доцільна за іншими часовими закономірностями [134].

Запропоноване агрегування (2.47, 2.48) та (2.50, 2.51) характерне для дуже складних процесів ITS, технологій ПЕВО та інженерно-технічного забезпечення на базі транспортної аналітичної механіки. Створення єдиного інформаційно-метрологічного простору дозволяє ефективно розв'язувати дуже складні задачі з практики ITS, якщо застосувати таблицю 2.3, де інтегровані методологічні основи знань транспортної

динаміки. Роль даної таблиці полягає у фіксуванні аксіоматичних понять у однорідному координатному базисі для подальшої алгебраїзації (алгоритмізації, програмування, прогнозування, прийняття рішень, реалізації управління) за принципами предикативності [164].

Покрокові ланцюгові процеси СДС з урахуванням всіх впливових факторів у агрегатованому ПЧК залишаються інваріантно істинними за умов алгебраїчного виконання необхідних перетворень або дієвих відображень області оригіналів у модельну область зображень, яка гарантовано забезпечує отримання цільового результату ГАУ – безаварійного руху ВТЗ на акваторіях ЗПРП.

Безпечна відстань – найкоротша відстань між ВТЗ, яка гарантує уникнути джерело загрози життя (НОН). Індивідуальна зона безпеки – сфера ПЧК з радіусом віддалення від центру об'єкта, що гарантує мінімальну циркуляцію або обертання навколо даного центру.

Відповідно рівняння (2.53) результуюче значення  $d = 0 = r + s$  згідно таблиці 2.3 отримуємо для опорного околу понять:  $L^{-2}T^{+2}$  – магнітне проникнення;  $L^{-1}T^{+1}$  – провідність;  $L^0T^0$  – константа – числове значення;  $L^{+1}T^{-1}$  – швидкість;  $L^{+2}T^{-2}$  – різниця потенціалів;  $L^{+3}T^{-3}$  – потік чи струм;  $L^{+4}T^{-4}$  – сила;  $L^{+5}T^{-5}$  – потужність;  $L^{+6}T^{-6}$  – швидкість передачі потужності (наприклад, швидкість світла – електромагнітної енергії у вакуумі  $c = const$ ).

Класифікація різноманіття 46 понять стосовно подій за ієрархічними ознаками множин геометрій та фізик [10] побудована наступним чином. Траєкторні одномірні рухи чи часові однопараметричні закономірності відносяться до випадку  $d = r + s = \pm 1$ . Різноманіття подій на проективній площині (двох змінних) класифікуємо за умов  $d = r + s = \pm 2$ . Польові три вимірні процеси у сферично-об'ємному просторі відповідно класифікуємо за умов  $d = r + s = \pm 3$ . Вивчення закономірностей СДС передбачає застосування теорії статички, кінематики та динаміки процесів взаємодії між об'єктами підпорядкованими ГАУ ВТЗ.

Ці інші 3 класи характеризують природні події у ПЧК за специфічними явищами.

Візуалізація топології тензорного ПЧК СДС відображена на екранних вікнах ECDIS.



Таблиця 2.3 – Розв’язання складних задач з практики ITS за допомогою знань транспортної динаміки

Код ЄІП	Класи змінних векторів зі знаковою орієнтацією у ПЧК						
	Окіл основи	Позиція на траєкторії		Спільна дія на поверхні площині		Інтегрована польова дія в об’ємі сфери	
<i>d</i>	0	-1	+1	-2	+2	-3	+3
ранг 1	<b>12 → 11</b> $L^{-2}T^{+2}$ магнітне проникнення	<b>6 → 4</b> $L^{-2}T^{+1}$ зміна магнітного проникнення	<b>С т а т и к а</b>				
2	<b>2 → 3</b> $L^{-1}T^{+1}$ провідність	<b>1 → 5</b> $L^{-1}T^0$ зміна провідності		<b>8 → 7</b> $L^{-1}T^{-1}$ щільність заряду		$L^{-1}T^{-2}$ зміна об’ємної щільності	
3	<b>5 → 6</b> $L^0T^0$ коефіцієнт константа групоїда	<b>5 → 8</b> $L^0T^{-1}$ частота	<b>6 → 1</b> $L^0T^{+1}$ період тривалості	<b>3 → 4</b> $L^0T^{-2}$ кутове прискорення щільності	<b>11 → 10</b> $L^0T^{+2}$ поверхня часу	$L^0T^{-3}$ зміна кутового прискорення	<b>12 → 5</b> $L^0T^{+3}$ обсяг часу
4	<b>2 → 1</b> $L^{+1}T^{-1}$ швидкість $\dot{X}$	$L^{+1}T^{-2}$ прискорення $\ddot{X}$	<b>4 → 5</b> $L^{+1}T^0$ довжина	<b>10 → 7</b> $L^{+1}T^{-3}$ щільність струму	<b>4 → 2</b> $L^{+1}T^{+1}$ тривалість відстані	$L^{+1}T^{-4}$ зміна щільності струму	
5	<b>3 → 1</b> $L^{+2}T^{-2}$ різниця потенціалів	$L^{+2}T^{-3}$ градієнт електромагніта	$L^{+2}T^{-1}$ обільність проникнення	$L^{+2}T^{-4}$ Тиск	$L^{+2}T^0$ поверхня простору	$L^{+2}T^{-5}$ зміна тиску	
6	<b>10 → 9</b> $L^{+3}T^{-3}$ потік струму	<b>11</b> $L^{+3}T^{-4}$ кутове прискорення маси	<b>10</b> $L^{+3}T^{-2}$ маса кількість	$L^{+3}T^{-5}$ потужність поверхні	$L^{+3}T^{-1}$ об’ємні витрати	<b>КІНЕМАТИКА</b>	<b>11 → 6</b> $L^{+3}T^0$ об’єм простору
7	<b>7 → 6</b> $L^{+4}T^{-4}$ Сила	<b>7</b> $L^{+4}T^{-5}$ швидкість зміни сили	<b>4</b> $L^{+4}T^{-3}$ імпульс заряд	<b>Д</b> <b>И</b>	$L^{+4}T^{-2}$ магнітний момент	<b>Д</b> <b>И</b> <b>Н</b> <b>А</b> <b>М</b> <b>І</b> <b>К</b> <b>А</b>	<b>3</b> $L^{+4}T^{-1}$ об’ємна швидкість зміщення
8	<b>8 → 9</b> $L^{+5}T^{-5}$ потужність	<b>12</b> $L^{+5}T^{-6}$ зміна потужності	<b>8</b> $L^{+5}T^{-4}$ енергія момент сили	<b>Н</b> <b>А</b> <b>М</b>	<b>5</b> $L^{+5}T^{-3}$ дія момент кількості руху		<b>2</b> $L^{+5}T^{-2}$ момент інерції
9	<b>9 → 12</b> $L^{+6}T^{-6}$ швидкість передачі потужності		<b>9</b> $L^{+6}T^{-5}$ швидкість передачі енергії	<b>і</b> <b>к</b> <b>а</b>	<b>6</b> $L^{+6}T^{-4}$ швидкість передачі дії		<b>1</b> $L^{+6}T^{-3}$ момент дії

Примітка до таблиці 2.3, що онтологічно поєднана з таблицею 2.4.

Базові стрілки → статика, а саме вузол і (початок – вхід) зв’язок вузол j (кінець – вихід) відображають предикативні відношення між означеними поняттями

Таблиця 2.4 – Алгебраїзація причинно-наслідкових предикативних відношень 12 вузлових понять модельної СДС

код	Вузол invariant		Еквівалентні складові вхідних джерел причинних впливів			Вихідні наслідки реагування	
	структура	вираз	canal in 1	canal in 2	canal in 3	off a	off b
1		$L^{+6}T^{-3}$	$(L^{+1}T^{-1})L^{+5}T^{-2}2$	$(L^{+2}T^{-2})L^{+4}T^{-1}3$	$(L^0T^{+1})L^{+6}T^{-4}6$	$(L^{-1}T^0)1 = L^{+5}T^{-3}5$	
2		$L^{+5}T^{-2}$	$(L^{+1}T^{+1})L^{+4}T^{-3}4$			$(L^{+1}T^{-1})2 = L^{+6}T^{-3}1$	$(L^{-1}T^{+1})2 = L^{+4}T^{-1}3$
3		$L^{+4}T^{-1}$	$(L^{-1}T^{+1})L^{+5}T^{-2}2$			$(L^0T^{-2})3 = L^{+4}T^{-3}4$	$(L^{+2}T^{-2})3 = L^{+6}T^{-3}1$
4		$L^{+4}T^{-3}$	$(L^0T^{-2})L^{+4}T^{-1}3$	$(L^{-2}T^{+1})L^{+6}T^{-4}6$		$(L^{+1}T^{+1})4 = L^{+5}T^{-2}2$	$(L^{+1}T^0)4 = L^{+5}T^{-3}5$
5		$L^{+5}T^{-3}$	$(L^{-1}T^0)L^{+6}T^{-3}1$	$(L^{+1}T^0)L^{+4}T^{-3}4$	$(L^0T^{+3})L^{+5}T^{-6}12$	$(L^0T^0)5 = L^{+6}T^{-4}6$	$(L^0T^{-1})5 = L^{+5}T^{-4}8$
6		$L^{+6}T^{-4}$	$(L^0T^0)L^{+5}T^{-3}5$	$(L^{+4}T^{-4})L^{+4}T^{-5}7$	$(L^{+3}T^0)L^{+3}T^{-4}11$	$(L^0T^{+1})6 = L^{+6}T^{-3}1$	$(L^{-2}T^{+1})6 = L^{+4}T^{-3}11$
7		$L^{+4}T^{-5}$	$(L^{-1}T^{-1})L^{+5}T^{-4}8$	$(L^{+1}T^{-3})L^{+3}T^{-2}10$		$(L^{+4}T^{-4})7 = L^{+6}T^{-2}6$	
8		$L^{+5}T^{-4}$	$(L^0T^{-1})L^{+5}T^{-3}5$			$(L^{-1}T^{-1})8 = L^{+4}T^{-5}7$	$(L^{+5}T^{-5})8 = L^{+6}T^{-5}9$
9		$L^{+6}T^{-5}$	$(L^{+5}T^{-5})L^{+5}T^{-4}8$	$(L^{+3}T^{-3})L^{+3}T^{-2}10$		$(L^{+6}T^{-6})9 = L^{+5}T^{-6}12$	
10		$L^{+3}T^{-2}$	$(L^0T^{+2})L^{+3}T^{-4}11$			$(L^{+1}T^{-3})10 = L^{+4}T^{-5}7$	$(L^{+3}T^{-3})10 = L^{+6}T^{-5}9$
11		$L^{+3}T^{-4}$	$(L^{-2}T^{+2})L^{+5}T^{-6}12$			$(L^0T^{+2})11 = L^{+6}T^{-4}6$	$(L^{+3}T^0)11 = L^{+3}T^{-2}10$
12		$L^{+5}T^{-6}$	$(L^{+6}T^{-6})L^{+6}T^{-5}9$			$(L^0T^{+3})12 = L^{+5}T^{-3}5$	$(L^{-2}T^{+2})12 = L^{+3}T^{-4}11$

Примітки до таблиці 2.4:

Множина з 12 вузлів класифікується за властивостями:

3 вузли {1,5,6} мають 3 входи;

3 вузли {1,7,9} мають 1 вихід *off a*;

3 вузли {4,7,9} мають два входи;

6 вузлів {2,3,8 та 10,11,12} мають лише 1 вхід;

по 2 виходи *off a*  $\wedge$  *off b* у 9 вузлів {2,3,4,5,6,8, 10,11,12}.

Множина понять статички поєднує умови рівновагомих еквівалентних дій у елементі ПЧК, які незважаючи на фактичні дії не змінюють позицію (стан, місцезнаходження) об'єкта, стаціонарність, тобто практична не змінність такого стану. Тому, що всі сили та моменти сил, незалежно від поточного часу, збалансовані у будь-якій системі координат. Множина понять кінематики поєднує різні позиції конкретного об'єкта у ПЧК, які за течєю часу не співпадають за значеннями координат у наслідок реального складного руху, змін, трансформації, перетворень.

Зміни у єдиному просторі та часі є властивостями рухомої матерії. Множина понять динаміки дозволяє розв'язувати дві задачі. Перша (пряма задача динаміки) коли заданий рух і маса тіла, тоді визначають сили, під дією яких здійснюється цей рух у ПЧК. Друга задача (обернена) полягає у тому, що за заданими законами дії сил, які прикладені до тіла

заданою масою та початковими умовами, визначають наступні стани траєкторного руху у конкретному ПЧК, якій моделюємо алгебраїчно (3) функціональними операціями та предикативними відношеннями.

СДС з базових понять таблиці 2 відображає природну предикативну взаємодію «нижнього кубіта» [5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – 11 – 12] (низ) з 8 вузлів та поєднаного з ним «верхнього об'єму» [1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6] (верх) з означених 6 вузлів спільної динаміки, чотирьох трикутних граней та двох чотирикутних граней єдиного інформаційного простору (ЄП).

Звертаємо увагу, що спільна множина різноманітних масштабних констант  $L^0T^0$  у вигляді єдиного ребра (5 – 6) поєднання їх належить обом різним агрегатним групоїдам, часткам ІСП.

Але у кожному з них реально можливі суто різні особливості та специфіка динамічних процесів. Дійсно зміни <масової енергетичної сили> тривалих транспортних процесів значно відрізняються від змін <інерційно імпульсних дій> швидкісних перехідних (стрибкоподібних) процесів у самої енергетичної підсистемі ГАУ ІТS. Тому фактичні значення констант (масштабів характеристикації гетерогенних різнотемпових подій) відрізняються якісно та чисельно у відповідно конкретних локальних («низ» ↓ та «верх» ↑ ) об'ємах ПЧК. Таким чином подвоєння різноманітностей ролі  $const(5 \rightarrow 6) \downarrow$  та  $const(5 \rightarrow 6) \uparrow$  враховується при оцінці понять об'єднаної статички  $\{(11+1)+(1+9)\} = 22P$ , яка сформована ребрами ЄІП у кодованій формі таблиця 2.3.

Таблиця містить відповідно 22 понять статички, 12 понять кінематики та 12 понять динаміки для єдиного ПЧК. Згідно теореми Ейлера про топологічний зв'язок виду

$$(B + G) - P = 2, \quad (2.58)$$

де  $B$  – множина (кількість) вузлів модельних понять чи вершин опуклого багатокутника,  $G$  – кількість граней чи поверхонь площин для моделювання цього об'єкта,  $P$  – кількість ребер, які побудовані перетином сусідніх площин та формують базу даних технології моделювання. Дане інваріантно-групове відношення (2.58) не залежить від конкретного значення чисельних характеристик агрегату, що займає об'єм простору розподілу між зовнішнім та внутрішнім станами його локальних елементів у кодованому ЄІП.

Для множини понять запропонованих таблиць 2.2 та 2.3 існує аналогія подібності моделей (2.54) та (2.55) об'єкту СДС з базовими підсистемами ВТЗ, засобів ГАУ, фактори впливу ЗПРП.

Динаміка –  $D \equiv B = 12$  – кількість множини класифікації динамічних характеристик.

Кінематика –  $K \equiv \Gamma = 12$  – кількість понять класифікаційних ознак кінематики.

Статика –  $C \equiv P = 22$  – кількість понять класу можливих станів статички.

Таким чином рівняння (2.58)

$$12 + 12 - 22 = 24 - 22 = 2 \quad (2.59)$$

підтверджує теорему Ейлера, що означає її предикативну властивість між складовими базовими понять єдиного ПЧК при розв'язках задач практики ризикованого та затратного руху ВТЗ, якій обов'язково повинно бути прибутковим в умовах прогресу інформаційних технологій ITS об'єктизованого ЄП.

### **Висновки по другому розділу**

1. На основі розробленої автором методом безаварійного руху ВТЗ у локально обмеженій безпечній області навігації вперше сформульована постановка задачі формотворення трансверсальних траєкторій у цьому просторово-часовому континуумі, коли будь-які конкретно ідентифіковані та класифіковані як небезпечні об'єкти з природно-незалежними явищами зміни просторово-часових координат небезпечної області навігації знаходяться на значних відстанях від корпусу конкретного ВТЗ, та гарантовано забезпечується відсутність контактної взаємодії.

2. Вперше обґрунтовано доцільний склад показників та критеріїв для завчасного упередженого дистанційного виявлення та розпізнавання і кваліфікації гетерогенних загрозливих збурень та небезпечних об'єктів у конкретній зоні судноводіння під час рейсу ВТЗ заздалегідь спланованим маршрутом з урахуванням закономірностей динамічних природних процесів у нестационарному середовищах, що впливає на якість навігаційного обслуговування в конкретних зонах ПЧК.

3. Запропоновано новий підхід до математичної 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.

4. Розроблені предикативні правила подання алгебраїчних поліномів в методах комплексної обробки інформації для підсистем спостереження, розпізнавання об'єктів навігації та управління рухом ВТЗ.

Матеріали розділу 2 висвітлені у працях автора [113, 265, 267, 271, 273, 277, 278, 279, 282, 285, 288, 289, 295, 296, 298, 299].

## РОЗДІЛ 3

### СИНТЕЗ МОДЕЛЕЙ ПОЛІЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМ З ВЛАСТИВОСТЯМИ ГАРАНТОВАНОГО АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ З КОНТРОЛЕМ ІНДИВІДУАЛЬНОГО СТАНУ СУДНОВОДІЯ

#### 3.1 Метод забезпечення якості діагностики та контролю індивідуального стану судноводія для гарантування безпеки судноплавства

Складні динамічні системи (СДС) будь-яких ІАС постійно змінюються у відповідності з впливом зовнішніх факторів природного середовища, яке оточує судно [261]. Як свідчать матеріали розслідування аварій, перехід з передаварійного стану в аварійну ситуацію має місце в часі й просторі СДС індивідуально та неповторно. Тому питання готовності персоналу ВТЗ, в першу чергу, судноводія до виконання повсякденних функцій та дій в екстремальних ситуаціях має важливіше значення.

Головним завданням судноводія як оператора цієї СДС є запобігання входу судна в НОН - кризисну зону, в якій усі наявні засоби автоматичної, автоматизації не в змозі запобігти наслідкам швидкоплинних процесів руйнування та загибелі у наслідок зіткнення, посадки на міль, вибуху, пожежу або іншої аварійної події.

Під час формування пари <оператор (ІАС) - машина (ВТЗ)> індивідуальність ІАС майже не враховується. Крім того, реальний поточний стан судноводія не контролюється, детально не діагностується. Сучасні засоби СНУР ВТЗ направлені лише на точність визначення місцезнаходження прийомоіндикатора супутникових навігаційних систем типу GPS, ГЛОНАСС, Galileo. Існуюча неузгодженість ергатичного контуру управління ВТЗ приводить до збільшення еквівалентного запізнення часу реагування на зміни параметрів між учасниками руху в ЗППП.

Це обумовлює неадекватність та неефективність законів управління суден. Втрата часу приводить до зменшення дистанцій в межах ЗПРП. Само це приводить до попадання ВТЗ в НОН і подальшим руйнівним процесам з учасниками руху.

Запропонована методика визначає постійну і безперервну індивідуалізацію взаємодії кожної людини-оператора СДС і засобів СНУР на усіх еволюційних кроках їх життєвих циклів.

Сутність безаварійної взаємодії індивідуальних, персональних операційних характеристик ІАС і машини (ВТЗ) є в послідовності контролюємих кроків придбання знань, навичок, тренінгу та досвіду ІАС для оперативного управління в екстремальних обставинах реальних ситуацій і реальних ЗПРП наведено на рис. 3.1.

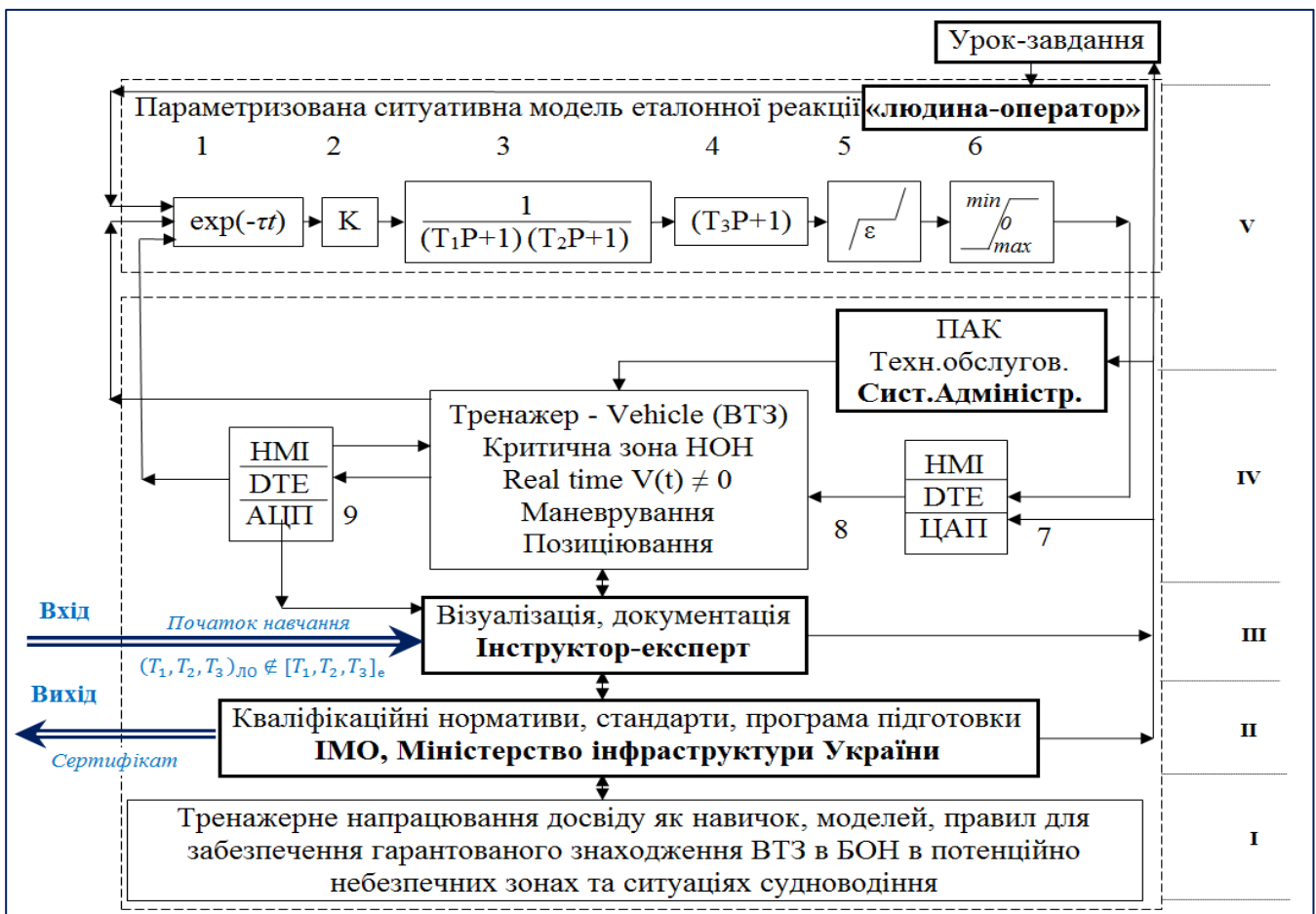


Рисунок 3.1 – Схема відпрацювання спеціального індивідуального завдання на навігаційному тренажері з відпрацювання управління ВТЗ з деталізацією моделі операторних функцій людини в екстремальних умовах зовнішніх та внутрішніх факторів середовища



Запропонована практика навчання та тренінгу IAS для управління майбутнім конкретним ВТЗ починається з першого кроку формалізації його особливостей. Первісна діагностика фізіологічних і біохімічних характеристик конкретної людини (потенційного майбутнього 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 суден >. Цей контур визначає сутність динаміки й особливість перехідних процесів для запобігання зіткнення шляхом своєчасного ухилення від небезпечної ККЗ в ЗППІ.

Дана операційна модель IAS визначає наявність трьох лінійних та трьох нелінійних типових передаточних функцій. Вхідний та вихідний оператори (рис. 3.1) відповідно характеризують:

- запізнення в реакції сенсорної процедури сприяння вхідного сигналу (ланка 1); зони нечутливості і одночасного порогу на нереагування (незалежність від природного фонового шуму в ланці 5) при прийнятті рішення;
- двостороннє насичення (обмеження лінійної функції пропорційного реагування ланки 6) у відношенні природної м'язової можливості адекватно реалізовувати власно прийняті рішення шляхом передачі зусиль з використанням різноманітних технічних засобів класу НМІ, цифрового термінального обладнання (DTE), аналогово-цифрових перетворювачів (АЦП і ЦАП – ланки 7 і 9);
- лінійні ланки 2, 3, 4 спрощено моделюють процеси в нервовій мережі людини з використанням пам'яті і пошаровими процесами когнітивної обробки вхідних сигналів моторних рішень даного IAS.

Операційна структура IAS (рис. 3.1) відображають лише один з багатьох контурів ГАУ ВТЗ, в яких людина функціонує як багатополіусник, що перетворює  $m$  вхідних сигналів в  $n$  вихідних реакцій, які приймають засоби НМІ. Саме це дозволяє визначити суттєві параметри кожного конкретного IAS на борту ВТЗ.

Індивідуальність параметрів по ергатичному каналу визначає відомий факт, що професіонали-майстри практично весь стаж проходять без аварій (блок 8) тому, що завжди своєчасно не наближаються до небажаної критичної зони. Крім того, безаварійні судноводії безперервно накопичують особистий досвід, підтримують оптимальний та адекватний стан своїх операційних каналів, своєчасно виконують необхідні профілактичні дії.

І навпаки, в інших випадках скоєння аварійної події проява «людського фактору» (табл. 3.1) обумовлена неефективними параметрами нервової системи такого судноводія, який не був сформований як «безаварійний професіонал» для реалізації транспортної роботи на суднах в звичайних типових умовах [261].

Таблиця 3.1 – Інтегрована оцінка кандидатур претендентів для допуску управління рухом суден

Формальні професійні вимоги	Мастер безаварійної (100%) роботи	Особа, яка потенційно може скоїти аварію
Знати і не порушувати встановлені правила	Точно знає, не допускає будь-яких порушень правил і вимог	Частково забуває, здатен на неадекватні дії
Уміти маневрувати в усіх типових ситуаціях	<b>ТАК:</b> $\tau_M \approx \tau_{opt}$ $\varepsilon_M \approx \varepsilon_{opt}$ $X_{i \min} < X_{Mi}(t) < X_{i \max}$ $\{K, T_1, T_2, T_3\}_M \subset optim$	<b>НІ:</b> $\tau_o > \tau_{opt}$ $\varepsilon_o > \varepsilon_{opt}$ $X_{oi}(t) \rightarrow X_{sup}$ $\{K, T_1, T_2, T_3\}_0 \notin optim$
Володіти ситуацією в ЗПРП	$\forall t \in ЖЦ$ Завжди повністю і адекватно прогнозує і не допускає входу в ККЗ	$\exists \Delta t$ Випадково стан «ейфорії» приводить до ризику входу в ККЗ
Забезпечувати самоорганізацію підвищення власного рівня ефективності	Самотренаж, самоконтроль, самоконцентрація, самовдосконалення	Завжди або іноді неорганізована та/або розсіяна психіка та дії
Документи підтверджують фактичний стан підготовки, кваліфікації та практичний досвід	Відповідність кваліфікаційних документів фактичної кваліфікації	Документи відсутні, наявні в неповному обсязі або підроблені

Формалізація і класифікація параметрів уніфікованої моделі IAS по її індивідуальному діагностуванню дозволяє своєчасно тільки організаційними методами відкладати (переривати) подальший кар'єрний ріст до того часу, поки даний IAS не замінить власні параметри (табл.3.1) до необхідних. Вони контролюються відповідно до заданих кроків профілактики аварійних ситуацій. На призупиненому кроці навчання (підвищення рівня кваліфікації) будь-яка людина, яка не відповідає стандартним для цього кроку (курсу, етапу, завданню) вимогам, в будь-якому випадку не зможе перейти на наступний, більш високий, етап продовження програми навчання (тренажера, накопичення досвіду) [261].

З урахуванням вищезазначеного, з метою завчасної готовності українських судноводіїв до виконання функції з управління усі засоби бортових системи навігаційного обслуговування одраз після призначення на будь-який ВТЗ, автором було запропоновано керівництву Міністерства інфраструктури запровадити моделювання поведінки та методів керування ВТЗ в екстремальних умовах шляхом обов'язкової тренажерної підготовки на повномасштабному багатфункціональному навігаційному тренажері з візуалізацією (Bridge Resource Management) (рис. 3.2 (а)) та тренажері з використання електронних картографічних та навігаційно-інформаційних систем (ECDIS) (рис. 3.2 (б)) відповідно до вимог ІМО як обов'язковий елемент для отримання сертифікату судноводія на рівні експлуатації та рівні управління.



Рисунок 3.2 (а) – Відпрацювання вправ на повномасштабному повнофункціональному навігаційному тренажері з візуалізацією (BRM)



Рисунок 3.2 (б) – Тренажер з використання електронних картографічних та навігаційно-інформаційних систем (ECDIS)

Зазначені вимоги були підготовлені особисто автором та були затверджені такими нормативними актами:

- Положенням про порядок присвоєння звань особам командного складу морських суден, затвердженим наказом Міністерства інфраструктури України від 07.08.2013 № 567, зареєстрованим в Міністерстві юстиції України 23 серпня 2013 року за № 1466/23998 (Додаток Ж, п. 72);

- Вимогами до тренажерного та іншого обладнання, призначеного для підготовки та перевірки знань судноводіїв на повномасштабних навігаційних тренажерах з візуалізацією, затвердженим наказом Міністерства інфраструктури України від 07.10.2014 № 491, зареєстрованим в Міністерстві юстиції України 24.10.2014 за № 1330/26107 (Додаток Ж, п. 78).

Після нормативного запровадження цих стандартів судноводії для отримання кваліфікаційного документу на право керування ВТЗ, окрім інших вимог, повинні додатково пройти зазначені види обов'язкової тренажерної підготовки. Існуюча на цей час нормативна предикативна послідовність для отримання судноводієм кваліфікаційного документу наведена на рис.3.3.

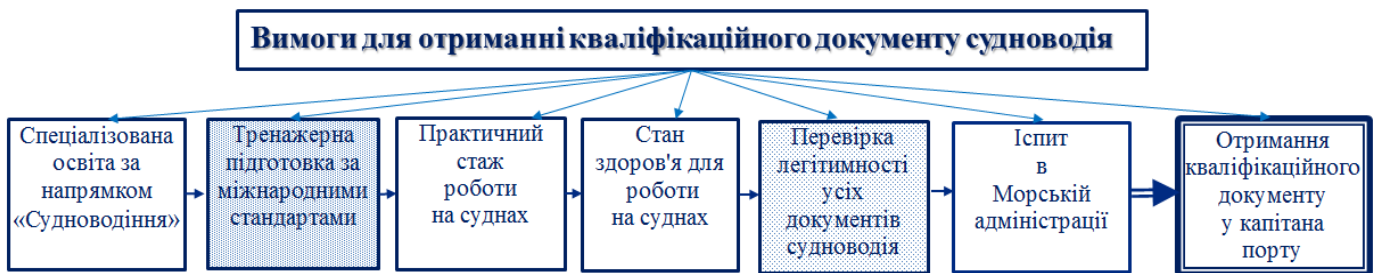


Рисунок 3.3 – Предикативна послідовність щодо отримання сертифікату судноводія

З урахуванням введення зазначених обов'язкових вимог автором досліджено закономірності діяльності судноводіїв та команд навігаційного міста в системах навігаційного обслуговування і управління рухом з використанням моделювання поведінки судноводіїв та методів керування ВТЗ межах поліергатичної СНУР в екстремальних умовах шляхом проведення аналізу якісних та кількісних параметрів засвоєння судноводіями навичок тренажерного відпрацювання вправ з

безаварійного проведення ВТЗ в ЗППІ та в районах з обмеженими габаритами. З цією метою було проведено вивчення якості відпрацювання судноводіями вправ та засвоєння ними практичних навичок.

Відпрацювання проводилося на навігаційному повномасштабному тренажері з візуалізацією Navi-Trainer NTPro-4000 (тренажер) (рис. 3.4 (а), (б), (в)).



Рисунок 3.4 (а) – Навігаційний повномасштабний тренажер з візуалізацією Navi-Trainer NTPro-4000



Рисунок 3.4 (б) – Радіолокаційне відображення навігаційної обстановки на тренажері під час моделювання поведінки судноводіїв та методів керування ВТЗ



Рисунок 3.4 (в) – Приклад небезпечного наближення з іншим ВТЗ під час моделювання поведінки судноводіїв та методів керування ВТЗ при введенні інструктором додаткових ввідних, при якому на тренажері спрацьовує візуальна та звукова сигналізація

Тренажер дозволяє відпрацьовувати вправи з навігаційного проведення ВТЗ в районах інтенсивного судноплавства та в стиснених районах плавання (саме ці райони є ЗПРП). Програмне та апаратне забезпечення тренажера створено з урахуванням вимог розділів А-II/1 та А-II/2 Міжнародного кодексу з підготовки та дипломування моряків, Модельних курсів ІМО 1.22, 1.32, 7.01 та 7.03, наказу Міністерства інфраструктури України від 07.10.2014 № 491 «Про затвердження

Вимог до тренажерного та іншого обладнання, призначеного для підготовки та перевірки знань осіб командного складу та суднової команди», затверджений зареєстрованим в Міністерстві юстиції 24.10.2014 за № 1325/26102 (Додаток Ж, п.78).




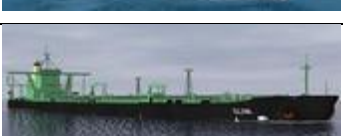


Відпрацювання вправ під час вивчення проводилося за групами (окремо капітани, окремо старші помічники, окремо вахтові помічники, та спільна команда містку як на реальному ВТЗ (капітан, старший помічник, вахтовий помічник)). Усім командам ставилося приблизно однотипне завдання щодо проведення однотипного ВТЗ межах полієргатичної СНУР в морських умовах під час підходу до порту чи проливу та швартування чи постановка на якір. На виконання вправи усім групам давалося не більше 120 хвилин. Під час відпрацювання враховувалися штрафні бали за наявні порушення вимог судноплавства, а також вводилися додаткові ввідні під час проведення вправ (додатково вводилися два небезпечних ВТЗ в районі плавання та раптово суттєво змінювалися погодні умови (вітер, течія, хвилювання, видимість)).

Відпрацювання навігаційних вправ на тренажері проводилося в таких районах плавання відповідно до програмного забезпечення тренажера:

- Bosphorus strait;
- Dover Strait;
- Gibraltar Strait;
- Malakka Strait;
- Abu-Dhabi;
- Houston and Texas;
- Irish Sea;
- New York;
- Mykolaiv;
- Odesa;
- Saint-Petersburg;
- Open sea.

Вправи відпрацьовувалися на нижченаведених типах ВТЗ, зазначених в табл.3.2, математичні моделі яких внесені в програмне забезпечення тренажеру.

Таблиця 3.2 – Моделі ВТЗ, на яких досліджувалися закономірності діяльності судноводіїв в системах навігаційного обслуговування і управління рухом межах поліергатичної СНУР

Тип судна	Тоннаж (рег. тон)	Довжина (м)	Ширина (м)	Макс. осадка (м)	Макс. швидкість (вузл.)	Зображення
Суховантажне судно (Dry cargo ship)	22.641	166	23	8,1	17,4	
Балкер (Bulk carrier)	274.000	320	46	18,9	14,6	
Контейнеровоз (Container ship)	171.371	364	46	16,0	24,2	
Газовоз (LNG tanker)	124.706	300	52	11,5	19,5	
Пасажирський лайнер (Passenger cruise ship)	24.841	230	29	8,0	24,0	
Нафтовий танкер (VLCC)	364.073	333	60	22,5	14,5	
Автомобілевоз (Car carrier)	39.282	199	32	11	19,6	
Судно ріка-море (River-sea ship)	4.514	114	13	3,6	10,1	

Повний перелік математичних моделей ВТЗ, внесених в програмне забезпечення навігаційного повномасштабного тренажеру Navi-Trainer NTPro-4000 для відпрацювання вправ судноводіями рівня експлуатації та управління, наведений в Додатку К.

Результати проведеного аналізу (кількість балів за результатами відпрацювання на момент завершення завдання з урахуванням отримання штрафних балів) наведені в таблиці 3.3 та на графіку рис. 3.5.



Таблиця 3.3 – Якість моделювання поведінки та методів керування ВТЗ в екстремальних умовах під час відпрацювання тренажерних вправ групами судноводіїв

Групи судноводіїв	1-е відпрацювання	2-е відпрацювання	3-е відпрацювання	4-е відпрацювання	5-е відпрацювання
Команда містка	79	91	100	100	100
Капітани	64	77	94	100	100
Старші помічники	57	70	91	97	100
Вахтові помічники	45	62	87	89	95
Команда містка з додатковими ввідними	75	86	95	100	100
Капітани з додатковими ввідними	61	75	94	100	100
Старші помічники з додатковими ввідними	42	67	87	95	99
Вахтові помічники з додатковими ввідними	40	57	83	85	94

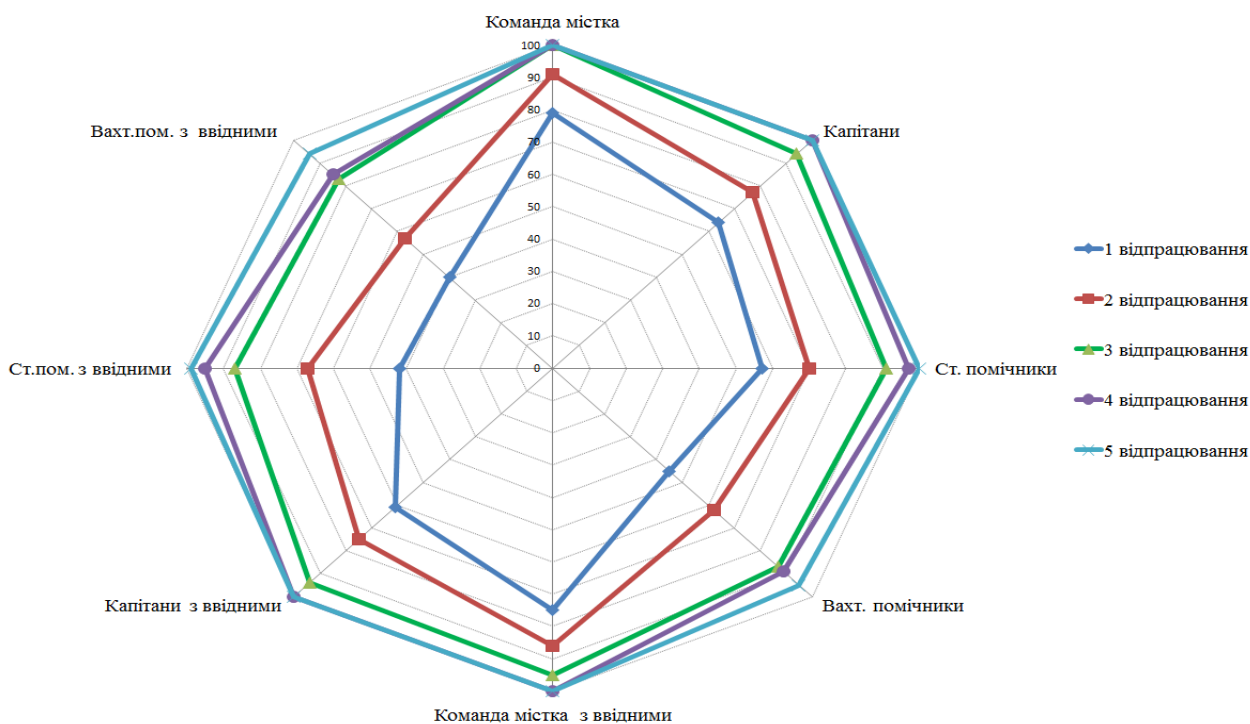


Рисунок 3.5 – Розподіл якості моделювання поведінки та методів керування ВТЗ в межах полієргатичної СНУР в екстремальних умовах під час відпрацювання тренажерних вправ (в %) в залежності від груп судноводіїв, кількості відпрацювань та введення додаткових ввідних

Крім того, під час моделювання поведінки та методів керування ВТЗ був проведений аналіз часу виконання вправ різними групами під час повторних послідовних відпрацювань. Результати наведені в табл. 3.4 та на рис 3.6.

Таблиця 3.4 – Час (у хвилинах) виконання тренажерних вправ при моделюванні поведінки судноводіїв та методів керування ВТЗ різними групами

Групи судноводіїв	1 відпрацювання	2 відпрацювання	3 відпрацювання	4 відпрацювання	5 відпрацювання
Команда містка ( $t_{ком.міст.}$ )	120	118	114	112	109
Капітани ( $t_{кан.}$ )	120	120	117	114	111
Ст.пом. ( $t_{ст.пом.}$ )	120	120	120	115	110
Вахт. пом. ( $t_{вахт.пом.}$ )	120	120	120	120	120

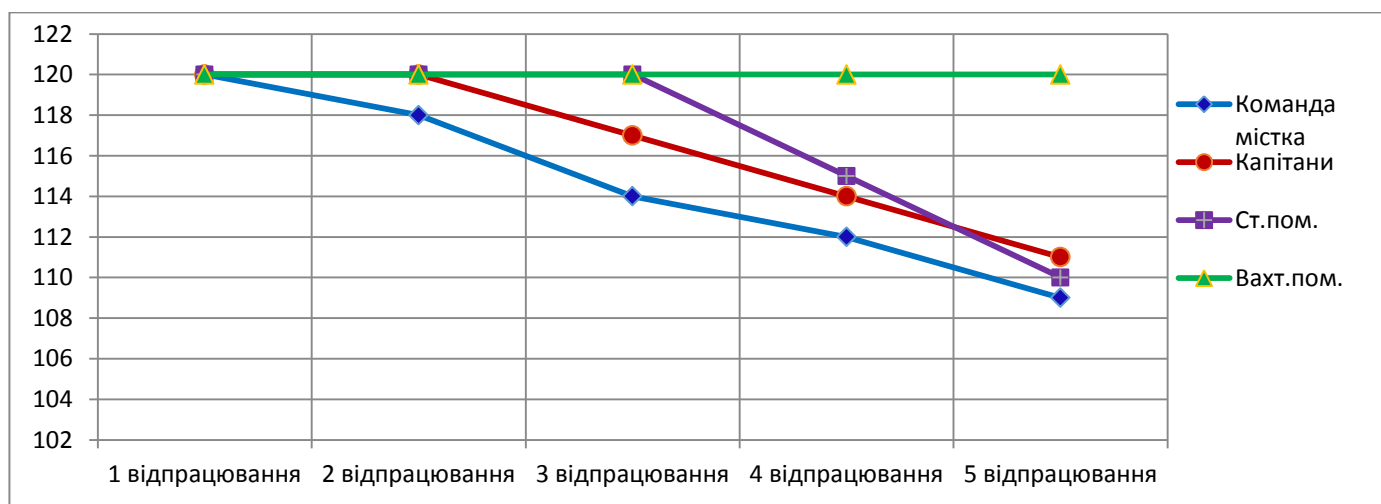


Рисунок 3.6 – Графік зміни часу (у хвиликах) виконання тренажерних вправ при моделюванні поведінки судноводіїв та методів керування ВТЗ різними групами за кількістю відпрацювань

Дослідження закономірностей діяльності судноводіїв та команд навігаційного міста системах навігаційного обслуговування і управління рухом з використанням моделювання поведінки та методів керування ВТЗ в екстремальних умовах за результатами відпрацювання вправ показали, що в середньому впевнене (100%) виконання вправи здійснюється групами судноводіїв, що складаються з капітанів та

повної команди міста, лише з 4-го разу, старшими помічниками капітанів – лише з 5-го разу, вахтові помічники (судноводії рівня експлуатації) з приводу нестачі професійного досвіду навіть на 5-ї вправі допускають помилки.

Час відпрацювання вправ в межах 120 хвили, що стандартно давалися усім групам, при відпрацюванні 5-ї вправи зменшилася приблизно на 10 хвилин усіма групами судноводіїв, за виключенням групи вахтових помічників капітана.

Конкретне середнє значення скорочення часу на моделювання поведінки та методів керування ВТЗ в екстремальних умовах при виконанні вправ усіма групами судноводіїв розраховано таким чином:

$$T_{\text{середн.}} = (t_{\text{ком.міст.}} + t_{\text{кап.}} + t_{\text{ст.пом.}} + t_{\text{вахт.пом.}}) / 4 = \\ = (109 \text{ мін.} + 111 \text{ мін.} + 110 \text{ мін.} + 120 \text{ мін.}) / 4 = 112,5 \text{ мін.}$$

$$\Delta T = (T_{\text{max}} - T_{\text{середн.}}) / T_{\text{max.}} = (120 \text{ мін.} - 112,5 \text{ мін.}) / 120 \text{ мін.} = 7,5 / 120 = 6,2 \%$$

Результати вищенаведеного аналізу свідчать про те, що за умови неодноразового відпрацювання моделювання поведінки та методів керування ВТЗ в екстремальних умовах на тренажерному обладнанні суттєво зменшується кількість помилок судноводіїв та зменшується час на оцінку ситуації та виконання конкретного маневру конкретного ВТЗ. Це напряму позитивно впливає на безпеку плавання власного ВТЗ та інших об'єктів в його околі, а також людей, що знаходяться на них.

З метою гарантованого виконання встановлених алгоритмів безпеки та коригування можливих похибок людини-оператора ВТЗ запропоновано використовувати відповідний програмний комплекс технічної діагностики і контролю (КТДК) поточного стану даного конкретного IAS. Схема взаємодії людини-оператора та КТДК наведена в табл. 3.5 [261].

Тільки за умови відповідності на кожному конкретному кроці індивідуальних психологічних параметрів операторської діяльності даного IAS вимогам щодо безпеки руху даного типу ВТЗ може бути продовжений подальший процес навчання.

Якщо вимоги не виконуються, КТДК визначає процедури повторення тій же частини курсу дій, яка поки ще недостатньо засвоєна.

На етапах експлуатації відповідно до завдань IAS програмний КТДК використовує накопиченні індивідуальні особливості тільки конкретного IAS для гарантування безпеки руху даного ВТЗ в реальних ситуаціях СДС.

Таблиця 3.5 – Модель взаємодії людини-оператора та КТДК  
для гарантування безпеки руху ВТЗ

Причини похибок людей		Функції КТДК	Результуючий показник безпеки
Зовнішні	Внутрішні		
Критичні параметри. Напружена динаміка. Загрожуюче навколишнє середовище	Протиріччя між вимогами і станом IAS в ЗППП	Точна діагностика перехідних процесів. Повний контроль поточних станів СДС	Безаварійність. Гарантопригодність. Раціональність
Значні аномалії завад. Випадкові завади. Значні ризики	Втомленість. Пагане самопочуття Не використання ресурсів при входженні в ЗППП	Захист від факторів впливу. Фільтрація шумів. Функціональна стійкість	Адаптопригодність. Адекватність. Результативність
Високочастотні різноманітні спектри завад	Нервові і психологічні перевантаження. Зниження роботоздатності	Стабілізація параметрична. Поканальна координація взаємодії	Швидкість точного реагування. Зниження ризиків
Небезпечні сили і моменти в кризисних потоках СДС	Обмеженість власних фізичних та фізіологічних ресурсів екіпажу	Мережева телекомунікація. Вмикання способів зовнішньої допомоги	Вихід з кризисної зони, ухилення від загроз. Запобігання зіткнень

Комплексне багатокритеріальне управління ВТЗ по критеріям безпеки життя використовує наступні рівні ієрархічні моделей СДС:

- декларативно-графічні – для базових понять безпеки руху;
- схем попередньої обробки даних – для вимірювання факторів впливу на безпеку руху в ЗППП;
- інформаційно-логічних – для описання сценаріїв та діючих в той час умов;
- логіко-семантичні – для комплексних цільових взаємодій;
- структурно-функціональні – відносно форм взаємодії та впливу;
- програмно-конструктивні – для відповідних алгоритмічних перетворень;
- схеми узагальнення накопичених даних і прийняття раціональних рішень – для гарантування актів дій по зниженню або запобіганню ризиків аварій.

Цільова маніпуляція «змістом» наявних символічних описаній реальної СДС визначає інформаційно-аналітичні інструменти за допомогою яких ББК (разом з КТДК) [221] не дозволяє порушити норми правил безпечного руху ВТЗ в екстремальних надзвичайних ситуаціях конкретної ЗППП.

Запропонована методика дозволяє здійснювати комплексне використання програмних засобів спеціалізованої діагностики і контролю стану судноводія на усіх етапах навчання, тренінгу, дипломування та експлуатації ВТЗ для гарантування цим оператором безпеки руху в екстремальних умовах. Завдяки паралельної та покрокової процедурі 100% виконання тестових завдань програми навчання формується рівень функціональної стійкості ГАУ суден к зовнішнім впливам та внутрішнім відмовам, який гарантує безаварійний рух та маневрування в екстремальних умовах на поточному життєвому циклі ІАС, ПЕВО, ТІУС.

В той же час, під час комплексного застосування новітніх засобів телекомунікації в морському судноплавстві, необхідно враховувати відносно нову проблему – проблему несанкціонованого доступу та використання інформації (т.з. кібер-злочинність). Поява цієї проблеми вимагає вжиття додаткових нових інтелектуальних та превентивних заходів інформаційного захисту, т.з. кібер-безпеки. Кібер-злочинність відрізняється від звичайних злочинів більшим відділенням та часом між злочинцем та злочином, масштабом прибутків від злочину з точки зору обсягу та цінності [72, 80, 111].

По мірі того, як судна становляться більш технічно складними на шляху прогресу до часткової або повної автономності, будуть проявлятися технічні уразливості (рис. 3.7), які пов'язані з:

- ✓ з'єднанням між суднами та берегом та іншими суднами;
- ✓ способами підключення обладнання на борту;
- ✓ використанням на борту суден апаратури GPS, ECDIS, AIS;
- ✓ контроль та управління судновою енергетичною установкою;
- ✓ використання хмари для збереження та обробки даних.

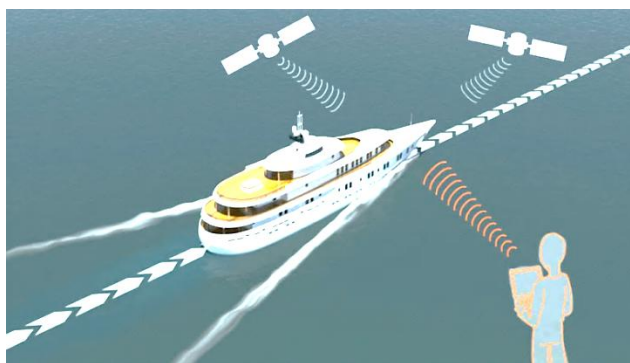


Рисунок 3.7 – Варіанти потенційної кібер-атаки на ВТЗ

Світова морська галузь після низки резонансних кібер-атак визначає, що цей від злочинності знаходиться у зростаючій загрозі (рис. 3.8).

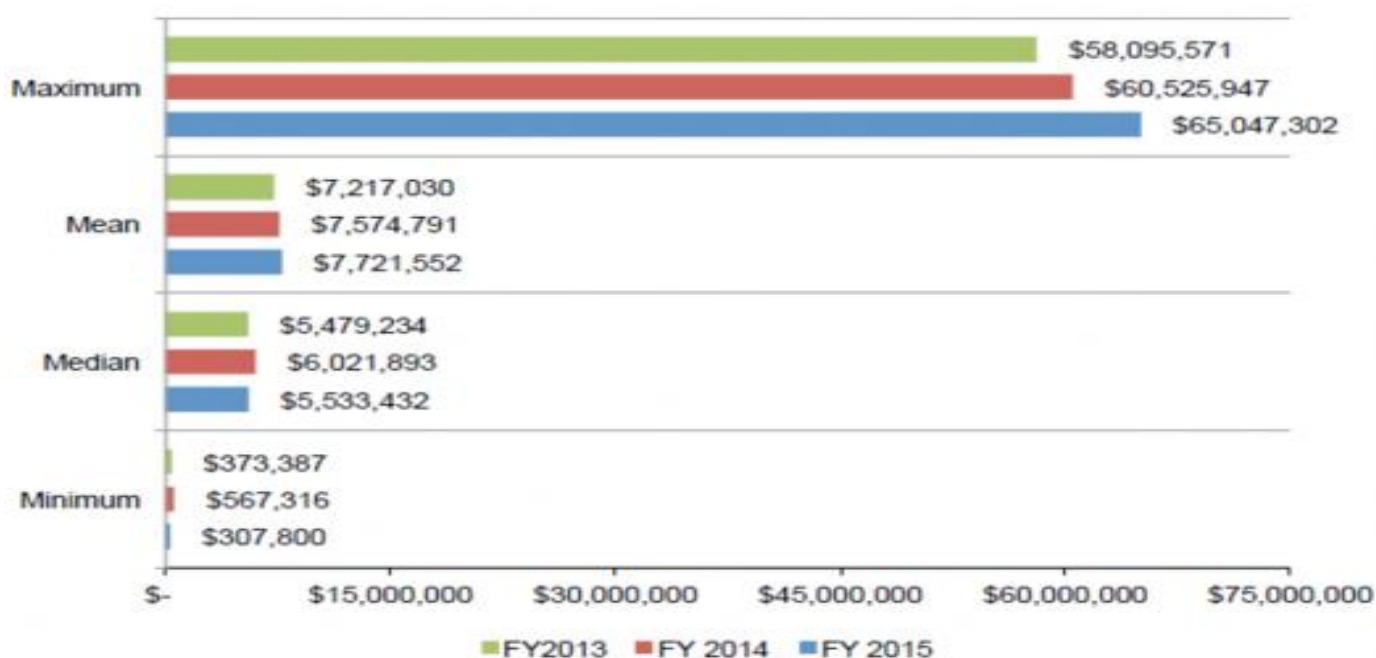


Рисунок 3.8 – Світова статистика фінансових збитків від кібер-атак в 2013-2015 р.р.

ІМО за останні роки вжито низку заходів для підвищення обізнаності про загрозу, яку кібер-злочинність являє для судноплавної галузі [61, 63, 110, 111]. Зокрема було розроблено та 05.07.2017 р. видано «Керівництво з управління морськими кібер-ризиками».

Відповідно до цього Керівництва усім учасникам морського сектору необхідно створити відповідні заходи для відновлення судових ІТ систем для оцінки та відновлення ВТЗ звичайних операцій для запобігання повторного виникнення інциденту з урахуванням результатів розслідування акту втручання.

При подальшому розвитку інтегрованих систем загроза кібератаки на погляд автора буде рости експоненціально. Вкрай важливо, щоб весь персонал, пов'язаний з інформаційними системами на березі і на судах, своєчасно усвідомлював небезпеку і міг йти в ногу з досягненнями в області технологій.

Але за результатами опитування членів екіпажів суден та працівників судноплавних компаній щодо сучасного рівня обізнаності про загрози, пов'язані з кібер-злочинністю в галузі, яке проводилося в 2017 році, (рис. 3.9) виявилось, що будь-яку підготовку з питань інформаційного захисту пройшла тільки незначна частина персоналу. Зразок листа опитування наведено у Додатку Л.

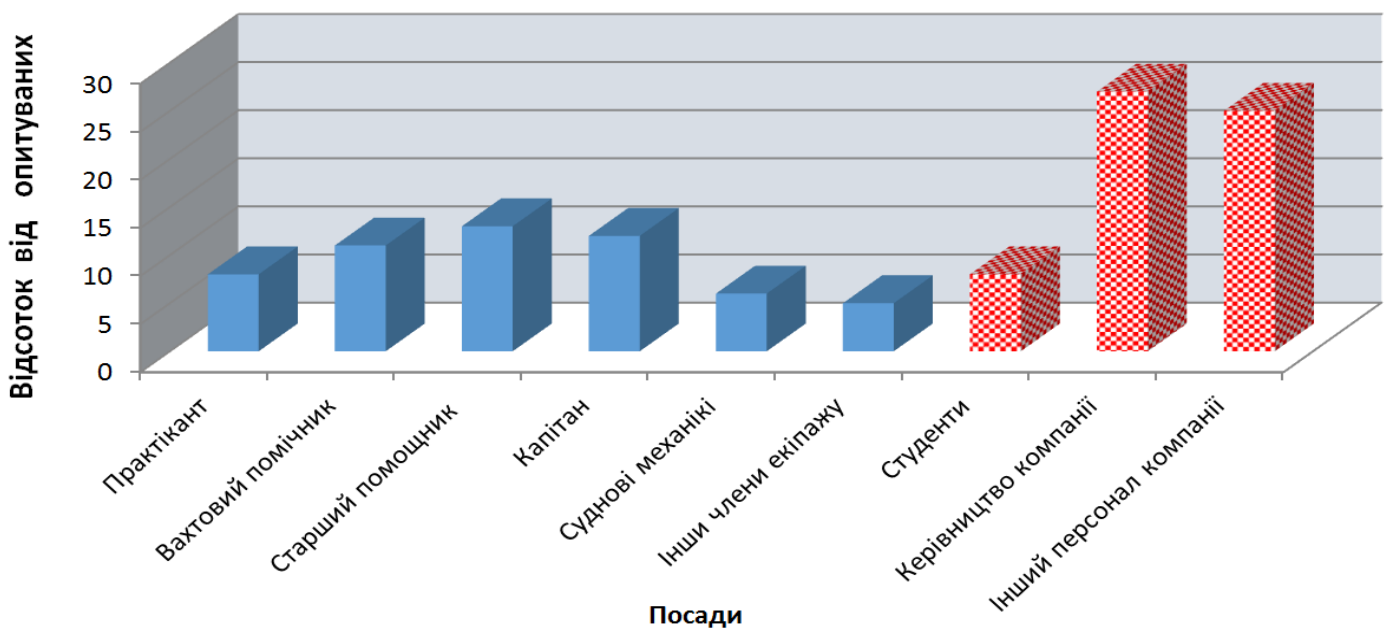


Рисунок 3.9 – Кількість судових та берегових фахівців, які пройшли будь-яку підготовку з інформаційної безпеки (у відсотках від кількості опитуваних).

При цьому, як свідчать дані опитування, існують відмінності між кіберобізнаністю персоналу на суднах і на березі. В цілому судновий персонал обізнаний набагато менше, ніж береговий. Низький рівень підготовки з цих питань, можливо, вплинув на відношення респондентів у їх сприйнятті рівня обізнаності про методи, які використовуються кібер-злочинцями.

Автор вважає за необхідне якомога швидко усунути це протиріччя між фактичним станом готовності до кібер-загроз та вимогам сучасного розвитку телекомунікаційних технологій та запровадити в морському секторі, зокрема для членів екіпажів морських та річкових суден, підготовку з інформаційної безпеки як ефективного способу, який дозволить забезпечити максимально можливий захист працівниками галузі своїх робочих місць та засобів комунікації для зменшення ймовірності і наслідків кібер-атаки. При цьому, у зв'язку з ростом технологій та кваліфікації кібер-злочинців, рівень підготовки судового персоналу щодо кіберобізнаності необхідно постійно системно підвищувати.

### **3.2 Принципи гарантованого адаптивного управління в ієрархічних полієргатичних системах навігаційного обслуговування водних транспортних засобів**

Будь-яка СДС з точки зору характеристикації подій між минулим та майбутнім її станами відповідно до причинно-наслідкової взаємодії на кожному певному часовому інтервалі може бути описана у вигляді формалізованого функціонального перетворення. Зовнішні носії речовини, енергії, інформації, ресурсів (PEIP) завдяки структурно-функціональних змін вхідних параметрів перетворюються у вихідні продукти СДС. Сутність формалізованого функціонального перетворення полягає у визначенні конкретної порції початкових факторів впливу на СДС (позначаємо як причини), які завдяки внутрішнім реакціям СДС формуються у реєстровані наступні наслідки на зовнішніх полюсах СДС взаємодії з довкіллям [289].



Складність, як властивість СДС (на прикладі ITS, ВТЗ, СНУР, ЗПРП, РЕІР, ІАС) запропоновано класифікувати за наступними ознаками.

1. Багатомірність і велика кількість складових елементів (компонентів, учасників взаємодії, підсистем)  $n \in N$  у єдиній системі [312].
2. Багаторівнева ієрархічна зв'язаність між складовими елементами  $n$  та  $m$ , що формулюють різноманіття взаємодій, починаючи з  $(n, m)$  парних відношень [190].
3. Різноманіття просторових форм взаємодії конфігурацій, структур, мереж, включаючи страти, рівні ієрархії, ступені взаємовідношень [245].
4. Багатокритеріальність та суперечливість локальних, групових і глобальних цілей, обмежень, вимог, потреб, потенціалів [237].
5. Багатократність часових подій, перетворень, змін, що впливають на фактичний стан, якість та кількість атрибутів поточного існування [125].
6. Різноманіття фізичної (хімічної, біологічної, електромагнітної...) природи учасників динамічного руху у межах єдиної СДС [280, 299].
7. Багатоплановість реального життя СДС у Всесвіті, що охоплює та змінює різні фактори впливу зовнішнього середовища, включаючи природно-кліматичні та соціо-технологічні явища й процеси [195, 312].

У реальних умовах функціонування СДС виникають наслідки композиційної складності (рис. 3.10), які носять об'єктивний характер.

Для формалізації поняття ЗПРП на акваторіях судноводіння запропоновано чітко визначити наступні складові.

F1. Відома та означена система координат, масштаб, одиниця виміру для частки навігаційного простору обслуговування ВТЗ, де можуть виникнути небажані позаштатні ситуації.

F2. На карті ЗПРП визначені координати меж: БОН і НОН; статичних перешкод; заборонених ділянок; вхідні та вихідні координати входу до ЗПРП та покидання її дозволивим регламентованим чином.

F3. Типові рози вітрів на кожний сезон та відповідні природно-кліматичні обмеження для ключових параметрів: ступеня радіаційного освітлення сонця; кути

можливого осліплення, температури повітря і водної акваторії, топологія гідродинамічних течій, топологія вітронегінних хвильових рухів.

F4. Типові часи пікових інтенсивностей руху ВТЗ на визначених траєкторіях маршрутів у межах ЗППП.

F5. Соціотехнологічні особливості даної ЗППП за календарем її експлуатації всіма поліергатициними виробничими організаціями (ПЕВО) та окремими ВТЗ.

F6. Розташування радіонавігаційних базових станцій AIS, RIS – спеціальних базових станцій, а також сигналів і буїв вздовж дозволених траєкторій.

F7. Реєстраційний журнал режимів роботи всіх рухомих об'єктів у ЗППП із записами конкретних часових подій згідно чинних правил електронного документообігу та диспетчерського обслуговування екіпажів ВТЗ.



Рисунок 3.10 – Схема причинно-наслідкових процесів еволюційної трансформації властивостей СДС за різноманітними фазами життєвих циклів та реальної експлуатації без повного відновлення цілісності і первинного ресурсу стійкості всіх елементів

Визначальними особливостями та ключовими ознаками ЗППП, яку обслуговує визначена СНУР ВТЗ, запропоновано визначити наступні характеристики:

1. Область практичного обслуговування ЗППП відкрита для впливу зовнішніх чинників та факторів соціотехнологічного й природного середовищ, які змінюються з причин зовнішніх незалежних явищ (припливи, відпливи, цунамі, землетруси, виверження вулканів, нагінні хвилі, течії, поверхневі потоки) у глобальному значно розширеному навколишньому просторі.

2. В ЗППП реалізується багатопланова соціальна діяльність за суто різними програмами міжнародних і міждержавних установ, комерційних організацій та приватних осіб.

3. В ЗППП рух різноманітних ВТЗ підпорядковано у межах відповідних ергатичних (людино-машинних) систем з ієрархічними рівнями підпорядкування кожної ПЕВО.

4. Кількість ВТЗ у ЗППП варіативна, практично не обмежена, що сприяє виникненню ситуативних кластерів, «пробок», загроз й обмежень безпечного руху.

5. На кожному ВТЗ може виникати змінний внутрішній поточний стан (рис. 3.19) з індивідуальними особливостями (наприклад, захворювання людей, відмови елементів або вузлів техніки даного ВТЗ).

6. ЗППП є системою масового (для всіх, хто зараз присутній) обслуговування та організації безаварійного руху, незважаючи на багатопріоритетність ВТЗ та багатозв'язаність рухів запобігання зіткнень у локальних ділянках.

7. Фізична гетерогенність та конструктивно-технологічна індивідуальність й неоднорідність силових елементів, що утворюють реальну динаміку руху кожного ВТЗ, ускладнює реальну динаміку взаємоузгодженого гарантованого судноводіння при суперечливих критеріях діяльності учасників запобігання аварійних подій.

Гарантоздатне управління ITS, як СДС, на яку впливають змінні зовнішні фактори, буде тоді, коли означені кількісно та якісно внутрішні ресурси упродовж визначеного терміну  $\Delta t$  зобов'язані забезпечити функціональну стійкість за критеріями безпеки руху ВТЗ, включаючи захист життя людей [280, 299].

ГАУ для СНУР ВТЗ у ЗПРП повинно відображати у стаціонарних та бортових ПАК вищезначені властивості СДС: складності зовнішнього середовища та композиційну складність внутрішньої будови ITS, ВТЗ, СНУР, ЗПРП, РЕІР, ІАС, які взаємодіють; нестационарність динаміки взаємодії між складовими компонентами СДС; різноманіття реальних джерел конфліктів у просторі та часі під час експлуатаційних рейсів за програмними маршрутами руху багатьох ВТЗ; статистику типових порушень та причин аварійних подій; досвід захисту життя за критеріями безпеки руху ВТЗ та по аналогії захисту стратегічних об'єктів від катастроф [245].

Ключові властивості ГАУ для СНУР ВТЗ, які базуються на фундаментальних законах еволюції та життєздатності, запропоновано визначити таким чином:

- принцип системності між частками цілісного складного об'єкта будь-якої природи визначає взаємозалежність, взаємозв'язаність, взаємовідношення [167];
- принцип організованості СДС визначає залежність структури об'єкта від умов, які сформулювали відповідні зв'язки [125];
- принцип необхідного різноманіття множини, що покриває підлеглу множину, характеризує достатність потужності для взаємооднозначних відношень [318].
- обов'язковість зовнішнього доповнення, яке приймає рішення, визначає живучість у складних змінних обставинах [147];
- умови ефективності визначають принципи функціонального гомеостазиса [237] з раціональним розподілом функцій для конкретних режимів роботи та видів поведінки учасників транспортної системи;
- закони упорядкування та пріоритетів формують на всіх рівнях організації (архітектурному, структурному, функціональному, технічному, технологічному, логічному, інформаційному) стійкі та міцні композиції;
- закони самоорганізації, самовдосконалення, саморозвитку при синергетичній взаємодії учасників спільних подій оптимізують витрати РЕІР на кожному етапі еволюції або життєвому циклі [21, 180, 218].

Будь-які порушення фундаментальних законів підвищують хаос, ризик зіткнення, зайві витрати РЕІР. Навпаки, знання типових (стандартизованих, апробованих, обґрунтованих) причин означає індикацію ознак, що передують у часі

та характеризують майбутні причинно-наслідкові зв'язки (ланцюги, потоки-течії) конкретних процесів та явищ. Таким чином, побудова ГАУ для СНУР ВТЗ у ЗПРП забезпечує зняття невизначеності, розкриття прихованої вади поточних процесів та отримання повноважень (зобов'язань) щодо попередження аварій за рахунок точності управління рухом.

З урахуванням вищезазначеного автором визначено наступні умови для гарантування безпеки руху ВТЗ:

- ✓ кількість суто складних обставин у ЗПРП незначна та кардинально обмежена;
- ✓ БОН за геометричними та топологічними ознаками складають всі траєкторії можливих та дозволених рухів ВТЗ заданого класу без зіткнень у межах дозволених варіацій в умовах судноводіння;
- ✓ НОН для заданого класу ВТЗ у визначеній ЗПРП складають простір, який доданий до чітко визначеного простору БОН для отримання повної характеристики усього означеного простору ЗПРП;
- ✓ спільна характеристика БОН та дозволених варіацій зовнішніх умов судноводіння у означеному просторі ЗПРП одночасно формує відповідні закони стратегічного управління рухом ВТЗ.

Визначальні чіткі поняття законів стратегічного управління рухом ВТЗ мають наступні обмеження:

- діяльність ВТЗ, як конкретного об'єкта на акваторії БОН дозволена відповідно означеної документації, перелік дозволеного характеризує всі реальні експлуатаційні обставини та часові обмеження;
- у випадках внутрішніх та зовнішніх причин власної неспроможності (відмови головних двигунів, пожежі, вибухи, терористичні напади) екіпаж негайно сповіщає про конкретні обставини диспетчера СНУР даної ЗПРП та отримує зовнішню допомогу й рекомендації стосовно дозволених режимів руху у межах БОН;
- у випадках зовнішніх причин форс-мажорних обставин, які наближаються до ЗПРП та стрибкоподібно погіршують умови руху на плановій траєкторії

(визначеної без умов критичних обставин) екіпаж встановлює чіткий радіозв'язок з диспетчером СНУР даної ЗППП та спільно визначають гарантований закон запобігання лиха.

Напрями гарантованого рівня безпеки руху ВТЗ запропоновано реалізувати шляхом забезпечення дієвості наступних функцій:

1. Інформаційно-технологічне впорядкування циркуляції потоків даних, необхідних для засобів СНУР ВТЗ на всіх рівнях ієрархії державного управління з метою виключення аварій.

2. Комп'ютерна реорганізація та підвищення адекватності відображення нормативно-технологічної бази запобігання розвитку аварійних подій на акваторіях судноводіння.

3. Розвиток розподіленої інформаційної системи на базі мереж телекомунікації АРМ для ІАС, що є головними носіями комп'ютеризованого управлінського ресурсу в єдиній системі ГАУ безпекою руху ВТЗ.

4. Змістовний контроль та поглиблена діагностика процесів: вимірювання первинних даних й показників фактичного стану учасників руху у ЗППП; збору та накопичення повнокомплектних складових опису складних динамічних процесів та явищ; прогнозування форм та режимів розвитку подій та ситуацій на майбутній період відповідального управління; планування програмування технологічних взаємодій для всіх ВТЗ в ЗППП; узгодження планів та програм в процесі єдиного державного акту прийняття рішення щодо перспективних форм системного управління з метою гарантування рівня безпеки руху ВТЗ на означений термін; реалізація прийнятих рішень, що є законами державного управління й нормативною базою удосконалення, зміцнення рівня безпеки рухів ВТЗ.

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

6. Застосування фізичних ресурсів гетерогенних форм зменшення ризику та об'єктивних перешкод шляхом швидкої актуалізації процесів протидії та захисту

життєдіяльності ВТЗ, що гарантують ухилення від загроз та шкідливих факторів, запобігання зіткнень; відновлення втрачених ключових ресурсів, компенсацію похибок і помилок, парирування відхилень від норм експлуатації технічних засобів.

7. Повсякденне й масове зростання професійної кваліфікації ІАС управління на основі: знання інновацій, нових технічних й технологічних рішень; тренінгу навичок, роботи у екстремальних умовах, аналогічних тим, що відбулися; володіння всім арсеналом ресурсів, включаючи власний накопичений досвід розв'язку задач гарантування безпеки руху ВТЗ та життя на його борту.

З урахуванням вищевикладеного можна зазначити, що запропонована методика гарантування безпеки руху ВТЗ може забезпечити майже 100% запобігання аварій за умов системної організації додаткових спеціальних функцій, а саме:

- ✓ неперервний суворий контроль за ключовими параметрами стану кожного учасника динамічного руху на всіх етапах його життєвого циклу;
- ✓ прогнозування та діагностика наближення розвитку подій до критичних режимів, заборонених зон, меж втрати функціональної стійкості, загроз безпеки руху;
- ✓ адекватний, своєчасний, швидкий вибір способу заздальгідь своєчасного ухилення від загроз, зниження ризиків, запобігання зіткнень, віддалення від локальної зони катастроф;
- ✓ навчання та тренінг екіпажу до раціональних дій у екстремальних ситуаціях;
- ✓ цілеспрямована раціональна реорганізація та вдосконалення засобів гарантованого адаптивного управління у межах СНУР ВТЗ на основі накопиченого досвіду експлуатації та підвищення безпеки руху морського та річного транспорту.

### **3.3 Метод аксіоматики алгоритмічних перетворень в інтелектуальних системах навігації та управління рухом водних транспортних засобів**

Сучасні та новітні СНУР різноманітних рухомих ВЗТ все більш набувають рис ІТС поліергатичного класу. Означена тенденція обумовлена тим, що по всьому світі навіть в провідних країнах відбуваються резонансні аварії з ВТЗ, які спроектовані,

побудовані та оснащені сучасними СНУР для забезпечення безпеки життя пасажирів, вантажів та захисту навколишнього середовища [266].

Внаслідок реальних процесів природного та соціотехнічного типу у відкритій СДС відбуваються неконтрольовані динамічні зміни, які впливають на рух ВТЗ в транспортних потоках, а також на кожного інтелектуального агента системи (IAS ∈ ITS) у межах СНУР. Поточні нечутливі зміни у просторі і часі породжують дефекти, які на перших етапах майже непомітні. Але через певні інтервали часу при відповідному збігу системних обставин у внутрішньому та зовнішньому середовищі непомітні малі дефекти можуть стрибкоподібно перетворитись у загрозові аварійні події та конфліктні ситуації. Завдяки різним заздалегідь налагодженим процедурам реалізуються необхідні для управління результатами вимірювання параметрів процесів руху ВТЗ у зоні обслуговування СНУР.

В більшості робіт по теорії та практиці вимірювань використовують припущення про існування еталона, як точного значення вимірювальної величини з оціненою похибкою [144, 309]. Але бажаний «еталон» інколи неможливо знайти [204], особливо для реальних режимів експлуатації ВТЗ у складних умовах функціонування СДС. На практиці, з урахуванням вищезазначеного, особливо для гарантування безпеки руху різноманітних ВТЗ необхідні оцінки похибки вимірюваної величини. Саме для таких ситуацій будується алгоритм на базі формальної логіки та аксіоматики [129, 200, 220, 299, 317].

Процес алгоритмічних перетворень початкових (вхідних) даних у наступні дані (вихідні результати) визначає правило розв'язування зафіксованої практичної задачі шляхом покрокових стандартних актів дії.

Для створення умов гарантованого безпечного управління у межах конкретних ЗПРП запропоновано багаторівневе розгалужене ієрархічне управління процесами руху ВТЗ складати не менш ніж з семи рівнів ієрархічної організації:

1. прогнозування планування та програмування стратегічних нормативів стосовно щільності та обсягів перевезень різними ВТЗ на майбутній термін;
2. розподілу всіх видів ресурсів на узгоджений розвиток транспортного комплексу та підвищення рівнів безпеки руху у межах ЗПРП;



3. проектування виготовлення та впровадження новітніх прогресивних СНУР ББК навігації та управління рухом кожним ВТЗ;
4. забезпечення кадрами, технологією та технікою для контролю синхронізації та організації інтегрованих перевезень пасажирів й вантажів за дозволеними маршрутами;
5. логістичного забезпечення ресурсами, які витрачаються ВТЗ та IAS $\in$ ITS при здійсненні транспортної роботи учасниками поліергатичних різноманітних підсистем;
6. координаційного оперативного управління з метою уникнення загроз, небезпеки, ризиків під час поточного ситуативного руху по ділянках акваторій;
7. фізико-енергетичного (сило-моментного) коригування похибок у межах оперативного термінального управління ВТЗ та реалізації поточної ситуації адекватних актів маневрування без аварійних подій.

На кожному рівні ієрархічної організації ITS та інтегрованих глобальних СНУР запропоновано розв'язувати специфічні задачі, кожна з яких має причетність та проекцію на сферу забезпечення безпеки руху ВТЗ у межах ЗПРП на кожному життєвому циклі єдиного транспортного комплексу. Практичні цінності мають лише такі розв'язки, які отримані з оцінкою точності результату. Втрата корисності результатів діяльності IAS $_{ij}$ ,  $\forall i=1, n$ ,  $\forall j=1, 7$  відбувається у наслідок неузгодженої конфліктної діяльності без фіксування значень умов механізмів алгоритмів точності оцінок початкових проміжних та цільових даних стосовно розв'язку фіксованої задачі. Похибку та фактори невизначеності генерують деякі особи, що приймають рішення в IAS.

Наслідок цільового вимірювального експерименту (ЦВЕ) це те, що отримують у процесах реалізації ЦВЕ, який містить всі суттєві умови зв'язку обставин обмеження та факторів впливу на результат який виникає по застосуванням природних соціотехнологічних та технічних ресурсів.

Фіксована подія є наслідком ЦВЕ, у якому явно може буди відокремлена та відсторонена роль ОПР, тому, що швидкоплинність реальних фізичних процесів та

явищ реєструється автоматично з застосуванням сучасних комп'ютерів для завершення записів у пам'ять ЕОМ, наявних ББК та діючих ПАК СНУР ВТЗ.

Результат вимірювань отримуємо лише на основі реалізації запланованої програми здійснення ЦВЕ та спеціальної програми, обробки накопиченої сутності даних у вигляді фіксованих наслідків та подій з конструктивними об'єктами дослідження.

Конструктивна програма завжди побудована за чітко визначених правил, методів та алгоритмів розв'язку типових задач практики, які складають задачну систему для комплексної обробки результатів ЦВЕ.

Постановка задач ЦВЕ обов'язково потребує ретельного конструктивного обґрунтування станів під час минулого, сучасного, майбутнього.

Точність, повнота, достовірність (надійність) одержання результатів ЦВЕ досягається за рахунок дотримання двох наступних принципів.

Принцип існування гомеоморфного відображення властивостей емпіричної системи (об'єкту, процесу, явища) в математичну модель, яка одночасно отримана завдяки формальним операціям та процедурам досягнення наслідків та результатів.

Принцип інваріантності шкальних значень або шкальних перетворень означає, що повне гарантування щодо отримання одних й тих кількісних значень вимірних величин є обов'язковою умовою єдності мір та однакових обставин, що відображають та фіксують як внутрішній так і зовнішній стан щодо факторів впливу на зазначений об'єкт, який є метою та цілями ЦВЕ.

Формалізацію системи базових означень запропоновано здійснювати так.

01. Математична модель емпіричного об'єкту (явища, процесу) дослідження є продуктом сукупності накопичених та зафіксованих знань фактів аргументів аксіом (припущень), які дозволяють побудувати цілісну, логічну, бездоганну й несуперечливу структуру, що гомеоморфно відображає основні, ключові, головні властивості об'єкта. Математична модель (яка побудована з математичних об'єктів, термінів, понять та символів) призначена для подальших розв'язків певного класу задач практики для нових параметрів (деталей, зв'язків між ними, обмежень, та умов функціонування СДС подібності та адекватності реальних об'єктам.

У межах ЦВЕ об'єкти та математичні моделі неповністю тотожні. Математична модель лише заміщує складний природний об'єкт. Спрощена математична модель працює (у межах засобів моделювання) незалежно від самого реального об'єкта. Саме це забезпечує швидкість одержування результатів вимірювань під час моделювання. Але слід враховувати, що негативна сторона математичного моделювання пов'язана з існуванням принципової часткової невизначеності та ризику похибки. Тому ключовим процесом є контроль похибок на кожному етапі моделювання СДС. Особлива увага до безпомилковості необхідна при визначеності заданої множини  $X$ , яка складається з базових елементів  $x_i \in X$ ,  $\forall i = \overline{1, n}$  – конструктивних деталей непорожньої сукупності.

Згідно відбору та групування однорідних за зазначеними властивостями елементів множини  $X$  можливо складати різні класи  $C$  об'єктів (точок) як відповідної  $\mathfrak{Z}$  підмножини. Відкрита множина простору  $C$  складається з елементів даної сукупності та пустої множини. Певне об'єднання заданих множин є топологією простору  $C$  або топологічною структурою. Топологією  $\mathfrak{Z}$  будується система околів. При цьому окіл  $U$  є околom точки  $x_i \in X$  з позначенням  $U(x_i) \in \mathfrak{Z}$  якщо  $x_i \in U$ .

02. Пара  $(X, \mathfrak{Z})$  множин є топологічним простором, якщо виконані такі умови:

$$(\forall x_i \in X)(\exists U \in \mathfrak{Z}): x_i \in U \quad (3.1)$$

$$(\forall x \in X)(\forall U(x), V(x) \in \mathfrak{Z})(\exists W(x) \in \mathfrak{Z}): W(x) \subseteq U(x) \cap V(x) \quad (3.2)$$

Тоді дві різні точки простору стають розділені (розрізнені) в топології  $\mathfrak{Z}$  за допомогою околів. Це отримано у наслідок того, що кожна пара точок хаусдорфового простору  $(X, \mathfrak{Z})$  має околиці, що не перетинаються.

03. Хаусдорфовим топологічний простір  $(X, \mathfrak{Z})$  буде тоді, коли крім умов (3.1) та (3.2) означення (3.2) доповнюють додатковою умовою

$$(\forall x, y \in X, x \neq y)(\exists U(x), U(y) \in \mathfrak{Z}): U(x) \cap U(y) = \emptyset \quad (3.3)$$

04. Підсімейство  $(B \subset \mathfrak{T})$  відкритих множин є базою топології  $\mathfrak{T}$ , якщо кожний елемент з  $\mathfrak{T}$  можливо подати у вигляді об'єднання із  $B$ .

05. Метричний простір для класу  $C$  об'єктів (точок  $(x, y, z, \dots)$ ) встановлює правила для кожної пари точок  $x, y \in C$ , якщо визначено дійсне число  $d(x, y)$  (як метрика відстані між  $x$  та  $y$ ) таке, що

$$\begin{aligned} d(x, y) &= 0, \quad \forall x \in y, \\ d(x, y) &\leq d(x, y) + d(y, z). \end{aligned} \quad (3.4)$$

Таким чином для всіх елементів  $x$  та  $y$  із  $C$  виконується нерівність трикутника та властивості міри  $d(x, y) \geq 0, d(x, y) = d(y, x)$ . та симетрії.

Вище вказані міри забезпечують відображення (перетворення, відповідність, операція, функція  $x \rightarrow x' = f(x)$ ) при побудові математичної моделі в області зображень відносно реальних природних (фізичних) об'єктів в області оригіналу. Міра (3.3) та (3.4) може бути застосована для фізичних величин: довжина, площа, об'єм, маса, сила, тиск, відстань тощо.

06. Дійсна функція  $q$ , яка задана в просторі  $X$  на  $\sigma$  алгебрі підмножин  $\mathfrak{T}$  вимірного простору за допомогою  $q(A) \in \mathfrak{R}$  множини дійсних чисел на прямій називається зарядом, якщо використовуються такі умови

$$\begin{aligned} q(\emptyset) &= \emptyset, \\ q(\sum_{j=1}^{\infty} A_j) &= \sum_{j=1}^{\infty} q(A_j), \\ a &= (A, \Omega_f, \Omega_p), \end{aligned} \quad (3.5)$$

де  $a$  – алгебраїчний об'єкт для якого  $A$  – носій алгебраїчних системи не нульової множини елементів, а також множину  $\Omega_f$  функцій (операцій на  $A$ ) і множину  $\Omega_p$  предикатів (логічних відношень на  $A$ ).

Функція заряду  $\pm q$  злічена та адаптивна, причому невід'ємні та від'ємні підпростори не перетинаються.

07. Вимірним топологічним простором з зарядом  $q$  називаємо трійку  $(X, \mathfrak{Z}, q)$ , яка необхідна для безпомилкового визначення (опису та моделювання) ЦВЕ.

Математична задача вимірювань для відображення природних процесів руху ВТЗ при участі СНУР ITS по кожній ЗППП запропоновано розкласти на дві складові.

*Перша* – постановка задачі функціонує та описує відомий взаємозв'язок (взаємозалежність) усіх математичних моделей об'єктів процесу вимірювань, включаючи завдання – значення параметрів, структури, початкових та граничних умов областей їх існування та конкретні обмеження на витрати, ресурси, механізми.

*Друга* – питання, що треба розв'язати та вирішити шляхом доведення гарантованої оцінки результату і можливої похибки. Для більшості конструктивних задач практики відповідь, яка задовольняє вимогам та сформульованим (ініційованим, актуалізованим) запитання міститься в неявній формі у постановці самої задачі. Дана властивість алгебраїчної системи для формулювання прямих та обернених задач обумовлена повною теоретичної аксіоматизації ЦВЕ згідно наступних формальних тверджень.

Аксіома 1. Кожному наслідку ЦВЕ ставиться у відповідність конструктивний елемент (деталь, точка)  $x_i$  визначеної відкритої та не нульової множини  $X$ .

Аксіома 2. Серії послідовних наслідків ЦВЕ (часові та просторові упорядковані ряди), які стосуються одного й того ж самого об'єкту вимірювань, відображені (поставлені у відповідність) у топології  $\mathfrak{Z}$  підмножин множини  $X$ .

Аксіома 3. Міра-заряд  $q$ , якій визначено на алгебрі підмножин  $\mathfrak{Z}$  як дійсна функція, узагальнює результати у просторі наслідків ЦВЕ множин  $X$ .

Конструктивна математизація даної системи аксіом потребує гарантування виконання вимог, в першу чергу аксіоми повинні бути:

- ✓ несуперечливими відносно об'єктів вимірювань;
- ✓ незалежними одна від іншої;

- ✓ неповною у тій частині, яка дозволяє подальший розвиток теорії с різними топологіями, що знімають певну невизначеність припущень.

Конструктивні алгоритми ПАК, що належать ББК ВТЗ та засобам СНУР у ЗППП, характеризуються роздільними спроможностями та межами максимальної похибки вимірювальної величини. Потенційна спроможність типових програм модулів ПАК служить основою для побудови системи околів Хаусдорфова топологічного простору  $(X, \mathfrak{T})$ . В результаті проведення та фіксування за однаковими умовами  $n(n > 1)$  кроків вимірювання згідно програмами ЦВЕ отримуємо дискретну упорядковану послідовність значень заряду  $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ , яка служить основою при визначенні результату та похибки вимірювань.

08. Результатом ЦВЕ є однозначно та конструктивно визначена функція послідовних значень заряду  $Q_n = f(q_1, q_2, \dots, q_n)$ , яка задовольняє умовам повністю визначеним задачею вимірювань. Така функція фактично є алгоритмом обробки наслідків при покроковому розв'язку заданої задачі. Від функції  $Q_n$  та метрики оцінювання відстані між зарядами  $\zeta(q_i, q_j)$  задовольняють відомим умовам:

- співпадання околів –  $\zeta(q_i, q_j) = 0, \forall i = j; i, j \in N$ ;
- симетрії топології  $\zeta(q_i, q_j) = \zeta(q_j, q_i)$ ;
- нерівності трикутника  $\zeta(q_i, q_m) \leq \zeta(q_i, q_j) + \zeta(q_j, q_m), \forall i, j, m \in N$ .

Формальна структуризація топології та аксіоматизація властивостей елементів та самого об'єкта дозволяє визначати відношення між розрізненими точками.

09. Похибка ЦВЕ в топологічному означеному просторі з зарядом  $(X, \mathfrak{T}, q)$  є діаметр множини значень заряду  $\{q\}$ , як точна верхня грань між парами з множини

$$\sup \zeta(q_i, q_j), i, j \in N; q_j, q_i \in \{q\}. \quad (3.6)$$

10. Результат при фіксованій  $X$  множині та реалізації програми ЦВЕ є перетин  $\mathfrak{T}_0 = \bigcap_n \mathfrak{T}_n$  конструктивно визначеної множині топології  $\{\mathfrak{T}_n, n = \overline{1, N}\}$  з множиною  $X$ .

Таким чином можливо стверджувати, що результатом вимірювань є найслабкіша топологія  $\mathfrak{T}_0$  множини  $X$ , яка міститься (вкладена) у всіх можливих топологіях  $\{\mathfrak{T}_n, n = \overline{1, N}\}$ . База топології  $\mathfrak{T}_0$  є областю визначення результату вимірювань.

У разі, коли згідно заданої задачі неможливо приписати міру (заряд  $q$ ), необхідно змінити першу частину та відкоригувати постановку задачі таким чином, щоб відбулось узгодження фізичної природи простору оригіналу з математичною конструктивною моделлю простору зображень, де й виконується розв'язок типових задач з конструктивним визначенням результату та похибки вимірювання у означеному  $\mathfrak{T}$  топологічному просторі заданій множини  $X$ .

При даному аксіоматичному підході не використовується поняття еталона та точного значення величини вимірювання. Для цього потрібна вже цілісна система алгебраїзації з наданням топологічних властивостей та міри для заданої  $X$  множині.

Проблеми забезпечення навігаційної безпеки руху ВТЗ наряду з організаційними, технологічними та технічними напрямками потребують формалізації і структуризації знань та конструктивних алгоритмів прогресивних ПАК новітніх СНУР. Засоби вимірювання та оцінки небезпеки й ризиків зіткнення шляхом побудови функціональної стійкості навігаційного обслуговування безпеки руху ВТЗ повинні базуватись на конструктивній теорії цілеспрямованого вимірювального експерименту. Контроль параметрів режимів роботи ВТЗ та показників навігаційної безпеки буде конструктивним та ефективним за умов аксіоматизації властивостей елементів СДС з точними визначеннями результату, похибки та алгоритму розв'язку типової математичної задачі.

### **Висновки по третьому розділу**

1. Визначено теоретичні положення методики забезпечення якості діагностики та контролю індивідуального стану судноводія під час виконання навчальних завдань, для яких методом моделювання режимів роботи, аналогічних тим, що

встановлені на реальному ВТЗ, визначені еталонні моделі адаптивного та ергатичного управління для гарантування безпеки судноплавства в умовах ризиків. Нормативно врегульовані питання щодо обов'язкової тренажерної підготовки судноводіїв.

2. Запропоновано принципи гарантованого адаптивного управління в ієрархічних системах навігаційного обслуговування засобів водного транспорту та змінних транспортних потоків.

3. Розроблено метод аксіоматизації процедур для прискорення алгоритмічних перетворень в інтелектуальних системах навігації та управління рухом ВТЗ.

Матеріали розділу 3 висвітлені у працях автора [111, 261, 266, 280, 289, 299] та у Додатках Ж, К, Л.



## РОЗДІЛ 4

## МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕПЕРЕРВНОГО БЕЗАВАРІЙНОГО ПОЛІЕРГАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ У ВИПАДКАХ ПРОЯВІВ ЗАГРОЗ В ЛОКАЛЬНІЙ ЗОНІ СУДНОВОДІННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ НОВІТНІХ МІЖНАРОДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

### 4.1 Забезпечення технології підтримання прийняття рішень з урахуванням моделей та методів “e-Navigation”

До складу суднових та берегових засобів і систем забезпечення безпеки судноплавства входять (рис. 4.1 та 4.2): електронні картографічні навігаційно-інформаційні системи (ЕКНІС - ECDIS), автоматизовані ідентифікаційні системи (AIC - AIS), супутникові навігаційні системи GPS/ГЛОНАСС/Galileo, інтегровані навігаційні системи (ІНС - INS), інтегровані системи управління навігаційним

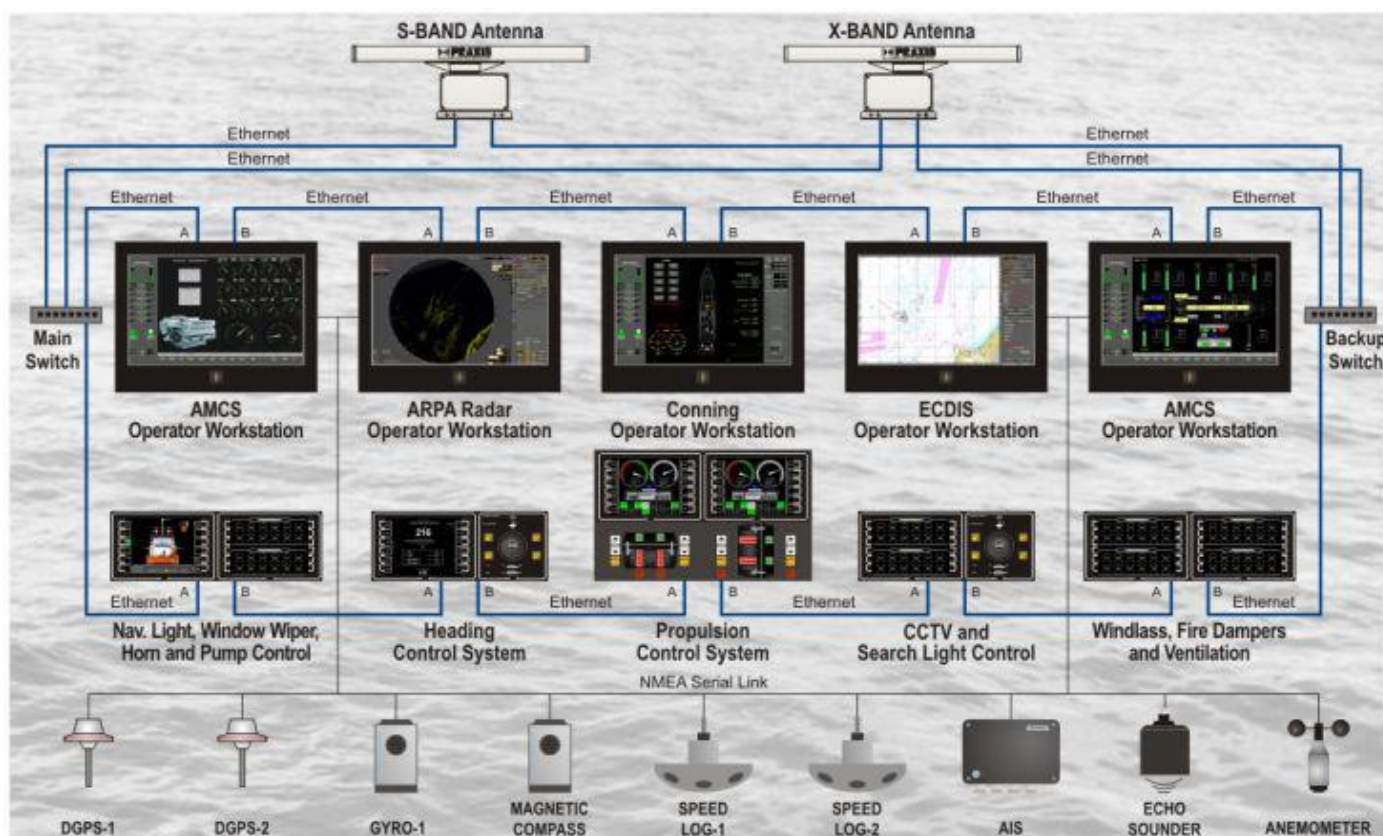


Рисунок 4.1 – Схема системи управління навігаційним містком морського судна

містком (ИСУМ - IBS), радіолокаційні станції (РЛС - RADAR), засоби автоматичної радіолокаційної прокладки (ЗАРП - ARPA), засоби Глобальної морської системи зв'язку у разі лиха та для забезпечення безпеки (ГМЗЛБ - GMDSS), реєстратори даних рейсу (РДР - VDR), система дальньої ідентифікації та спостереження за суднами (СДІ - LRIT), суднові системи аварійного сповіщення на містку (САСМ - BNWAS), системи управління рухом суден (СУРС - VTS), широкий спектр тренажерів для підготовки морських фахівців, тощо.

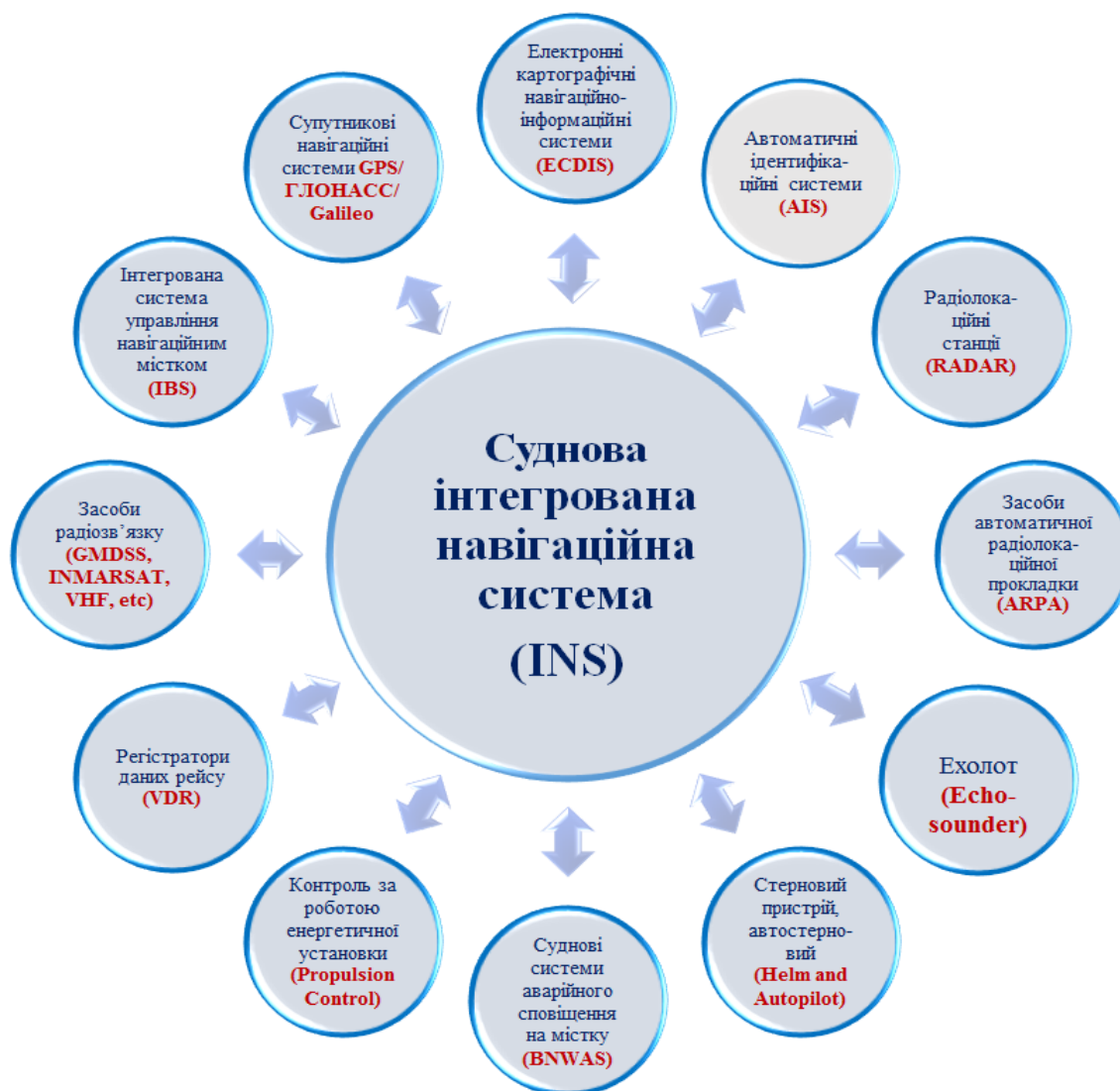


Рисунок 4.2 – Схема інформаційного обміну суднових систем з інтегрованою навігаційною системою ВТЗ

Фотографії компоновки обладнання навігаційного містка сучасного морського судна та багатофункціонального катера наведені на рис. 4.3 (а), 4.3 (б) та 4.3 (в).



Рисунки 4.3 (а) та (б) – Компоновка обладнання навігаційного містка сучасного морського судна



Рисунок 4.3 (в) – Компонівка обладнання навігаційного містка сучасного морського катера

При цьому слід розуміти, що існуючі на цей час на морському флоті технології обміну навігаційної та іншої інформації, що стосуються безпеки судноплавства, не можуть забезпечити своєчасний, якісний та ефективний обмін інформацією в рамках “e-Navigation”. Проблеми стосуються обмеженої пропускною спроможністю каналів передачі даних, вартості тарифів, залежності від бездротових технологій, тощо.

На рис. 4.4 наведені основні, на погляд автора, джерела отримання інформації в рамках “e-Navigation” [291] про наявність та стан фактичних несприятливих зовнішніх та внутрішніх факторів, які потребують коригування параметрів руху ВТЗ.

На рис. 4.5 наведена запропонована автором інтегрована схема інформаційного обміну в межах системи навігації та управління рухом ВТЗ, побудованої на принципі стратегії “e-Navigation”.

Виходячи з Стратегії “e-Navigation”, ЕКНІС має бути найважливішим засобом навігації і підтримання прийняття рішень в світовому морському флоті. Питання

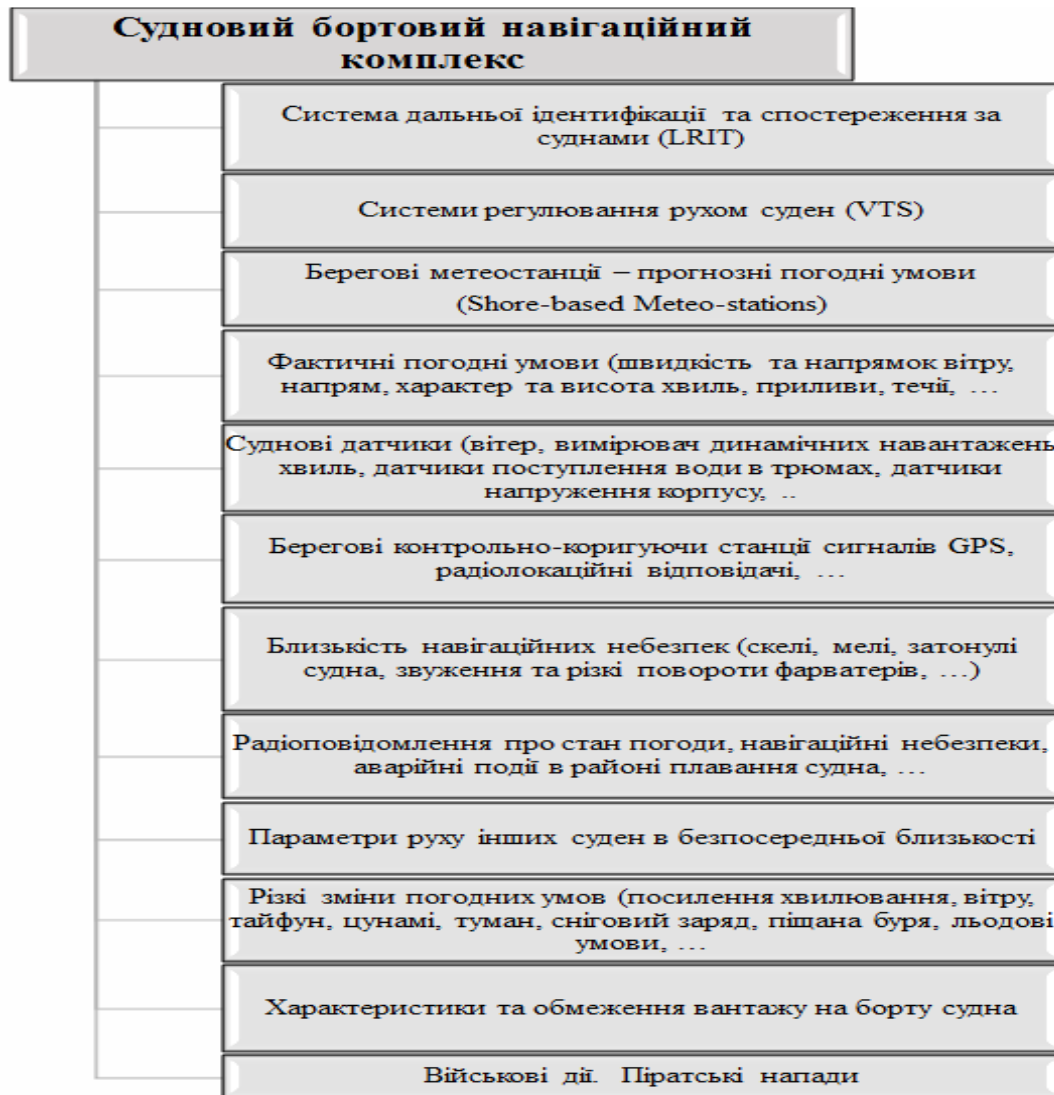


Рисунок 4.4 – Джерела отримання інформації про наявність та стан фактичних несприятливих факторів, яка потребує коригування запланованих параметрів руху ВТЗ

щодо уніфікації апаратури, програмного забезпечення та інтерфейсу повною мірою застосовуються й до засобів ЕКНІС для відображення в електронному форматі навігаційної обстановки та інших даних з метою безпеки. Приклади відображення фактичної інформації на екранах ЕКНІС реальних ВТЗ наведені на рис. 4.6 (а) та (б).

На погляд автора без обов'язкового оснащення усіх морських ВТЗ уніфікованими електронними картографічними системами та широкомасштабного запровадження електронних навігаційних карт, створення їх повної світової колекції, комплексне застосування сучасних засобів навігації та реалізація Стратегії “e-Navigation” неможливо.

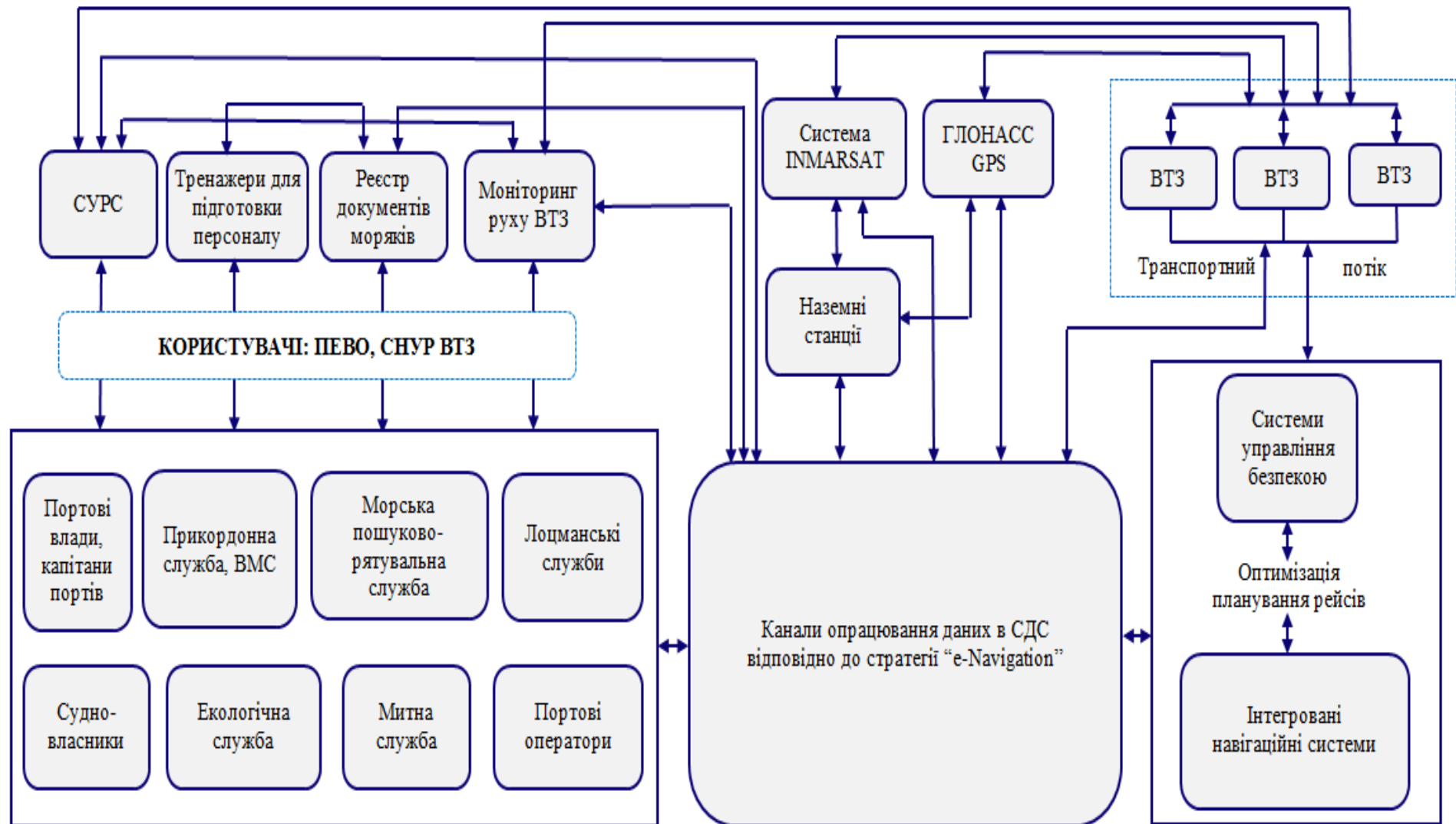


Рисунок 4.5 – Запропонована інтегрована схема інформаційного обміну в межах системи навігації та управління рухом ВТЗ, побудованої на принципі стратегії "e-Navigation"



На погляд автора від запровадження “e-Navigation” мореплавцям і учасникам морської індустрії, зокрема морського транспорту України, з урахуванням розвитку морських технологій протягом вже найближчих років слід очікувати наступних змін:

- вимоги до інтерфейсу, конфігурації та розташування робочих станції будуть уніфікованими, ознайомлення з обладнанням має бути інтуїтивним чи по зрозумілим символам;
- судноводії будуть мати доступ до усієї доступної навігаційної інформації;
- надійність навігаційного обладнання буде постійно перевірятися за допомогою вбудованих інтегрованих текстів;
- електронні навігаційні карти та публікації для мореплавців будуть автоматично оновлюватися за умови укладення відповідних угод з виробниками;
- можливість виявлення цілей та інтеграції з доступною інформацією на навігаційному графічному дисплеї будуть розширюватися (наприклад, інтеграція обміну інформацією, включаючи інформацію про власний ВТЗ в реальному часі, карти, АІС, охоронні зони показання РЛС, інформація про навколишнє середовище, вимоги до швартування, тощо);
- навантаження на оператора з прийому, опрацюванню та передачі інформації (reports and information) буде зменшуватися шляхом автоматичного вводу судових даних, стандартизації форматів;
- під час використання “e-Navigation” поліпшиться рівень послуг з навігаційного обслуговування, що надаються ПРРС мореплавцям;
- ПРРС зможуть забезпечувати розширені послуги з організації руху шляхом автоматичної розсилки планів по потокам ВТЗ, координації і обміну надійними даними в розширеному форматі для ВТЗ та заінтересованих берегових служб;
- берегові служби будуть забезпечуватися навігаційними даними, скоригованими в реальному часі, віртуальними навігаційними засобами, оновленою інформацією про погоду і рух ВТЗ з використанням символів й автоматичною передачею інформації;
- поліпшення загальної картини в районі плавання в реальному часі розширить можливості прийняття рішень та спостережень для національних властей, ПРРС, САР



та судновласників;

➤ берегові влади зможуть дистанційно інспектувати навігаційне обладнання шляхом дистанційного тестування його працездатності;

➤ e-Navigation дозволить розширити можливості зв'язку під час пошуково-рятувальних операцій шляхом автоматичного зв'язку, пріоритетів зв'язку в аварійних випадках, збору інформації і координації даних.

На погляд автора, в залежності від можливостей морської індустрії та наукових розробок, а також готовності адміністрації, частина змін може бути здійснена у відносно короткий час, частина – в більш довгостроковій перспективі. При цьому проект “e-Navigation” не зможе бути повністю реалізований за допомогою тільки обмеженої кількості країн, організацій та приватних структур. Необхідна широка скоординована робота в світовому або, як мінімум, в регіональному масштабі, в тому числі активних дій з боку Морської адміністрації України.

На погляд автора, у наслідок запровадження “e-Navigation” за рахунок уніфікації, стандартизації, системної і інформаційної інтеграції навігаційного обладнання мають скоротитися відносні витрати на застосування такого обладнання. Крім того, в більш віддаленому майбутньому, коли рівень автоматизації і надійності судових приладів та систем суттєво зросте, можливо частина судових посад не будуть необхідними, як це відбулося с радіооператорами, функції яких на цей час виконують судноводії.

Але, навіть при сучасному розвитку індустрії та морських технологій, активному розвитку стратегії “e-Navigation”, на цей час практичне запровадження технічних засобів на ВТЗ пов'язане з певними ускладненнями.

Незважаючи на оснащення усіх морських суден апаратурою ЕКНІС на сьогодні не існує єдиної глобальної колекції морських електронних навігаційних карт та посібників в одному стандарті, доступних для усіх користувачів. Не вирішені також проблеми, пов'язані і їх розповсюдженням та своєчасною коректурою. Для цього на погляд автора країнам-членам ІМО, які мають картографічні сервіси, зокрема Україні, необхідно прикласти додаткових зусиль для збільшення районів покриття електронними навігаційними картами і підвищення їх якості.

Другою проблемою є ситуація з практичним застосуванням ЕКНІС на борту суден. На цей час апаратуру ЕКНІС у світі розробляє та виготовлює біля 150 виробників, які навіть при наявності єдиних стандартів, розроблених ІМО, здійснюють розробку апаратури на власний розсуд.

Тому апаратура практично усіх виробників відрізняється системою меню інтерфейсів і можливістю вирішення додаткових навігаційних завдань, а також алгоритмами архівування даних. Це призводить до того, що судноводії, які проходять підготовку в навчальних центрах на апаратурі ЕКНІС одного виробника, при призначенні на судна, в більшості випадків, вимушені використовувати апаратуру іншого виробника, яка встановлена на борту судна. Оскільки будь-який судноводій має повною мірою вміння застосовувати усю наявну на містку апаратуру, в тому числі й апаратуру ЕКНІС, до початку першої ходової вахти, значна кількість судноводіїв масштабу з виведенням на екран інформації про фактичний стан погоди.

повинна проходити додаткову підготовку (*specific training*) для використання саме установленної на борту судна апаратури ЕКНІС [286].

Це є ще одним прикладом того, що незважаючи на стрімкий ріст інформаційних технологій в сфері морського і річкового транспорту, розробка технологій поліергатичного управління продовжує бути актуальною.

Для вирішення цієї проблеми на погляд автора необхідно вирішити деякі питання практичної підготовки та компетентності для роботи на апаратурі ЕКНІС для судноводіїв, судновласників, лоцманів та інших користувачів цієї апаратури, а також виробників апаратури, серед яких основні:

- судновласникам необхідно забезпечити досягнення й підтримання необхідного рівня компетентності екіпажу а також встановлювати на судах апаратуру одного виробника;
- інструкторам, які здійснюють підготовку з використання ЕКНІС, незважаючи на особливості апаратури різних виробників необхідно забезпечити, щоб підготовка судноводіїв забезпечувала рівень компетентності не нижче, ніж встановлений ІМО;





Рисунок 4.7 (б) – Відображення інформації про фактичний рух ВТЗ за даними АІС в районі Мармурового моря та протоки Босфор

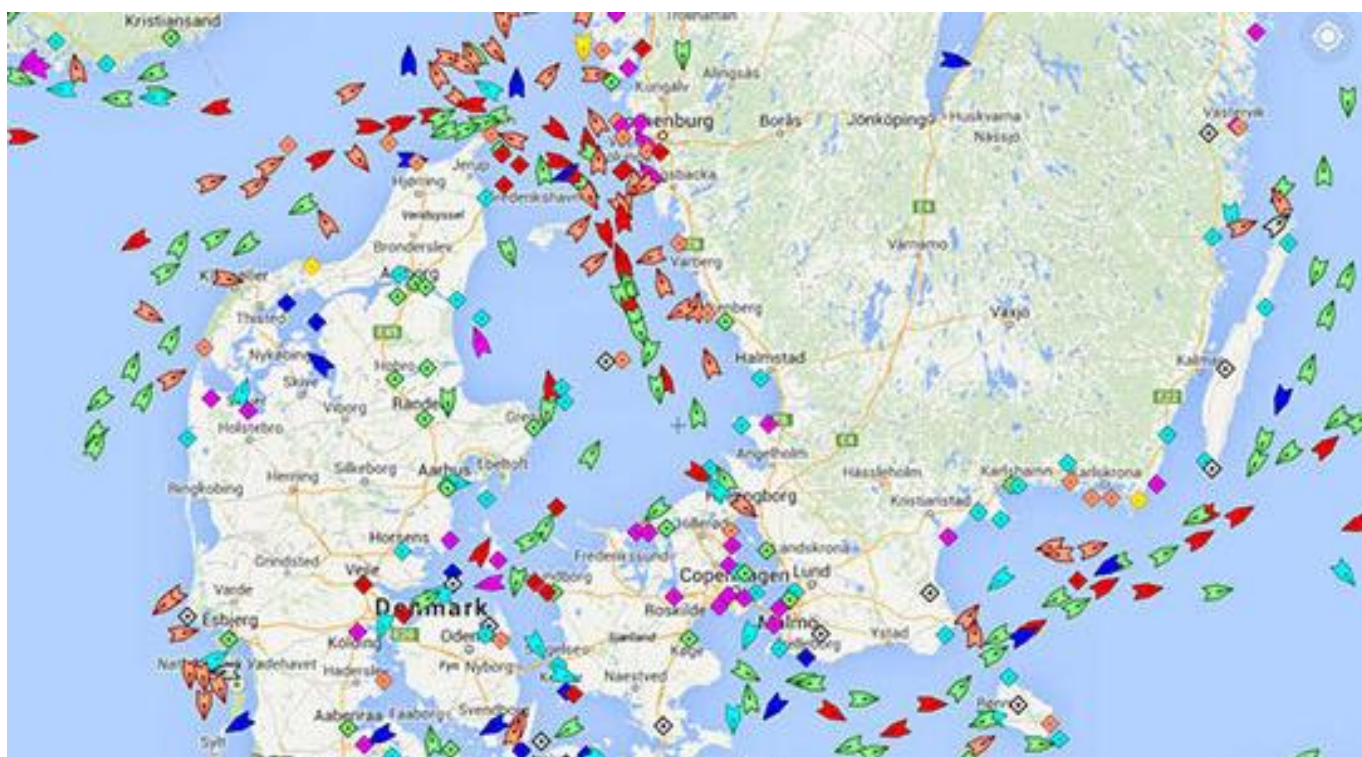


Рисунок 4.7 (в) – Відображення інформації про фактичний рух ВТЗ за даними АІС в районі Датських проливів

## 4.2 Принципи полієргатичного забезпечення інтегрованих показників ефективності систем навігації та управління рухом водних транспортних засобів

Сучасні ББК СНУР ВТЗ побудовані на принципах інтеграції наступних автоматизованих ПАК: диференціальної глобальної супутникової системи (GPS/GLONASS/GALILEO/інші); радіолокаційних засобів автоматичної прокладки (ARPA); електронних картографічних навігаційно-інформаційних систем (ECDIS). Диференціальні, локальні та інтегровані компоненти з активною участю IAS (Human) забезпечують: багатофункціональність за вимогами замовників; оптимальний розподіл функцій на межі НМІ; швидкодію під час полієргатичного розв'язку практичних задач гарантування майбутніх подій в СДС транспортної галузі. На жаль, традиційні вищеозначені засоби суттєво не зменшили аварійність ITS [287].

Для забезпечення гарантування якості СНУР ВТЗ запропоновано окремо розглянути дві принципово важливих складових: процеси прийняття оперативних рішень та гарантування функціональної стійкості [287, 299].

### 1. Полієргатичні процеси прийняття оперативних рішень для СНУР ВТЗ.

Реальна СДС, яка цілеспрямована на забезпечення необхідного рівня безпеки руху ВТЗ, відображується у вигляді комплексних моделей з гетерогенними компонентами, а також описами функціонування відповідно до умов, що зафіксовані для конкретного ПЧК. Часто в області оригіналу задана різнотемпова динаміка багатьох компонентів СДС, яка не співпадає з відповідним набором математичних моделей в області зображень, де виконуються розв'язки потрібних задач навігації та управління рухом ВТЗ. Практичні задачі розв'язуються в ситуаціях існуючої природної невизначеності за умов оперативної процедури прийняття рішень.

Сутність процедур прийняття рішення для ITS полягає у тому, що задана розрахункова модель необхідних параметрів, яка адекватна СДС. Вона має склад: підсистему ієрархічного управління з IAS, які природні для ОПР на відповідних посадах, або штучні для ПАК, що реалізують часткове попереднє прийняття рішення у межах СППР на кожному рівні ієрархічної організації; об'єкт управління – конкретний ВТЗ, що

рухається запланованим маршрутом та графіком реалізації транспортної роботи; оточуюче середовище, яке завдяки різноманітним факторам, впливає на означені складові компоненти СДС, взаємодія між якими є метою оптимального рішення [273, 279].

Підсистема ієрархічного управління для ITS у загальному вигляді реалізується як ПЕВО. Кожний ієрархічний рівень ПЕВО розв'язує специфічні професійні задачі, приймає рішення та з урахуванням наявних ресурсів реалізує раціональні акти дій. Мета ПЕВО досягти цілі управління: безаварійність, прибутковість, екологічну безпеку, своєчасність, синергетичність, багатокритеріальність вимог до новітніх сучасних СНУР ВТЗ у ПЧК удосконалює багатоканальне швидке реагування на широкий спектр поточних різноманітних факторів впливу. Потрібна оптимальність досягнена, якщо всі параметри фіксуються у процесах моніторингу й спостереження за зовнішніми та внутрішніми станами середовищ під час руху ВТЗ у ПЧК.

Стани кожної окремої компоненти (СНУР, ПЕВО, ВТЗ та в цілому СДС) залежать від впливу активних факторів оточуючого середовища. Вони формують покроково інші стани (збурень, завад, загроз, перешкод, шумів, відмов, дефектів та інших форм) НОН. У конкретних типових ситуаціях ІАС реалізують відповідні акти управління згідно узгодженого розподілу функцій для впливів ПЕВО.

Традиційні числові розрахунки засобами ПАК СНУР ВТЗ потребують значних витрат часу. Навіть при проведенні обчислень на багатоядерних комп'ютерних системах з паралельними структурами, складно задовольнити вимоги практики. Однак, лише своєчасна (швидка, точна, оптимальна) реакція СНУР гарантує безпеку ВТЗ у екстремальних ситуаціях з надзвичайними перехідними процесами. Забезпечити ці вимоги та мінімальні затримки з обґрунтування ефективності рішення на множині альтернатив стосовно оперативного синтезу закону ГАУ виконавчими органами спроможні символічно-лінгвістичні формальні описи ІОДМ. Структурно-функціональна формалізація ІОДМ характеризує клас подібності концептуально семантичних цільових моделей. Вони потрібні для універсального представлення різних, але подібних реальних об'єктів у поточних змінних ситуаціях взаємодії з явищами оточуючого навколишнього середовища.

В умовах певної невизначеності математична модель СППР відображає формалізацію вибору стратегії за теорією ігор:

$$\Gamma = \langle N, S, \{X_k\}, \{S(x_k)\}, \{F_k\} \rangle, \quad (4.1)$$

де  $N$  – множина гравців у конкретній задачі;

$S$  – множина станів конкретних видів взаємодії між гравцями;

$X_k$  – множина стратегій або правил перетворень для можливих альтернативних дій заданої компоненти СДС;

$S(x_k) \subset S$  – множина можливих станів, якщо IAS, як компонента СДС, застосовує стратегію  $x_k \in X_k$  згідно зазначених правил;

$F_k$  – функціональне відношення для визначення переваги між альтернативними актами дії у наявних умовах, фіксованих та заданих.

Універсальність моделей теорії ігор забезпечує їх застосування в різноманітних умовах невизначеності після опису конкретно сутності функціонального перетворення

$$F_{ks} : X \times Y \rightarrow R, \quad (4.2)$$

де  $F_{ks}(X, Y)$  – значення функції, яка визначає користь певного стану СДС, коли за рахунок вибору акта дії  $x \in X$  з боку підсистем управління (ГАУ, СНУР, ПАК), оточуюче середовище приймає стан  $y \in Y$ , що відображається розв'язанням-рішенням  $r \in R$ . У наслідок даної властивості невизначеність не має характеру абсолюту тому, що IAS (ОПР) знає: тип, вид, клас множини  $Y$ . Досвід щодо станів середовища (якщо функція  $F_{ks}(X, Y)$  отримана експериментально або внаслідок досвіду експлуатації у подібних умовах) фіксуємо за стандартним шаблоном.

Стандартна термінологія теорії ігор дозволяє в умовах не визначення кожну конкретну СППР формалізувати. Тоді єдиний символічний шаблон дозволяє пошук кожної компоненти: оптимальної стратегії  $x_0$  гравця; бази як множини

альтернативних стратегій  $X$ ; відповідні стани середовища  $Y$ ; отриманні  $F_{ks}(x, y)$  значення функції виграшу (плати гри). Принципово, що конкретний гравець не має повного знання про поточний стан оточуючого середовища, яке змінюється у межах СДС. Саме тому необхідна ієрархічна організація ПЕВО ITS. Завдяки ефективному розподілу функцій, ресурсів та засобів досягаємо одночасну взаємодію у межах СДС. Відкриті для впливів оточуючого середовища компоненти СДС мають, наприклад, мережу раціональних рівнів ієрархічної організації та реалізації процесів для розв'язання конкретних задач [273, 279].

Перший вищий рівень ієрархії знімає невизначеність для розв'язання задач арбітражних рішень. Мета їх стосовно отримання стратегічних результатів: переваг та домінування аксіоматичних правил; визначення кращих програм, планів; концепцій без внутрішніх конфліктів. На цьому рівні полієргатичні процеси націлені на задоволення ключових критеріїв ефективного управління-функціональної стійкості СДС під час руху ВТЗ у позаштатних ситуаціях.

Другий рівень ієрархії знімає невизначеність завдяки кооперативних, групових рішень або балансування розподілу ресурсів відповідно зазначених правил існування зон компромісів. Логістичні задачі враховують: особливості ПЧК; розміщення базових центрів постачання, ремонту та відновлення ресурсів; маршрути швидкої допомоги необхідними ресурсами, що вже витрачені.

Третій рівень ПЕВО застосовує ігрові методи для СППР стосовно координації, синхронізації та отримання результатів. Задачі точного, своєчасного, синергетичного управління дуже чутливі до втрат часових ресурсів (обмежень інтервалу завершення цільових операцій) та похибок просторового місцеположення рухомих об'єктів.

Четвертий рівень знімає невизначеність варіативних подій та зовнішніх впливів, які в означених системно повних умовах СДС визначають квазіоптимальний маршрут та обсяги перевезень з гарантуванням рівня безпеки та прибутковості. На цьому рівні практично неможливі абстрактно оптимальні (за всіма означеними критеріями) результати. Наявність відмов, пошкоджень, втрат та підвищення рівнів збурень



дозволяє переключитись на переваги квазіоптимальних (але без катастроф, аварій, загибелі) локальних перехідних процесів.

П'ятий рівень знімає невизначеність відмов, дефектів та інших подій, що суттєво впливають на пропускну здатність окремих ділянок маршруту. Тому за рахунок реконфігурації у межах композиції дозволено уникнути значних втрат ресурсів. Надлишкова мережева організація за допомогою розподілених інформаційних систем дозволяє гарантувати необхідні показники живучості та надійності конкретної ПЕВО.

Шостий рівень при умовах масового обслуговування по кожній ЗППП забезпечує комплексну якість та нормування мінімізації ризику при застосуванні технічного рішення по типовим канальним з'єднанням транспортних вузлів.

Сьомий фізичний рівень надає знання динаміки учасників руху у межах СДС при природних антагоністичних взаємодіях за схемою <акт дії – відповідна реакція> кожної компоненти, які чутливі до змін у ПЧК.

Даний підхід за допомогою методів теорії ігор дозволяє запобігати такі аварії та катастрофи, поки ще типові для ITS всіх, навіть, провідних держав світу.

## 2. Полієргатичне гарантування функціональної стійкості та якості СТУР ВТЗ.

На кожному ієрархічному рівні ПЕВО відбувається специфічне прийняття рішення стосовно вибору найкращого (функціонально стійкого, безаварійного) варіанту реалізації рейсу ВТЗ в екстремальних або в обмежених (стислих) умовах протидії факторам, що підвищують ризики та наближення зони НОН.

Задача оптимального (гарантованого за правилами) розподілу ресурсів між ієрархічними  $l$  складовими, тобто об'єктами  $\forall k = \overline{1, l}$ , які складають конкретний ієрархічний рівень горизонтальних-однорангових відношень, має уніфіковану цільову функцію (критерій)

$$I_j(x, y, z) = \sum_{k=1}^l I_{kj}(x, y, z), \quad (4.3)$$

де  $k$  - ідентифікатор, номер, код об'єкта-гравця, що має наявний за конкретною якістю та відповідною кількістю ресурс (РЕІМ – речовина, енергія, інформація, механізм).

$l$  - повна сукупність, де компонент  $k$  визначає цілісну  $СДС_j$  відповідного  $\forall j = \overline{1, n}$  рангу ієрархічної організації.

Запропоновано використовувати 7 задач ( $n=7$ ) відповідно до рівня та рангу ієрархії стосовно вищезначеним особливостям ієрархічної, багаторівневої організації ПЕВО  $\subset$  ITS (табл. 4.1). Означена цілісна організація має РЕІМ ресурси, які розподілені за рангами-пріоритетами та просторово-часовими особливостями життєвих циклів між всіма ієрархічними  $j$  рівнями. Завдяки цьому кожний  $kj$  об'єкт  $СДС_j$  має власні РЕІМ ресурси, які витрачаються (наприклад: {ББК, СНУР, ВТЗ, АРРА, ЕСДИС, ПАК, НМІ, ІАС}  $\subset$  ITS).

Фізична гетерогенність та якісна різноманітність видів ресурсу потребує чіткого оцінювання, порівняння та згортки часткових критеріїв ефективності, що в узагальненні має вигляд:

$$I_{kj} = \sum_{k=1}^l G_{kj} p_{kj} q_{kj}(x, y, z) \Psi_{kj}(x, y, z), \quad (4.4)$$

де  $p_{kj}$  - ймовірність витрат ресурсу (СНУР ВТЗ, ПЕВО, ITS) внаслідок загрозливих факторів впливу навколишнього середовища (погодно-кліматичні атмосферні явища: вітри, опади, перепади температури, електромагнітні випромінювання; гідродинамічні події: течії поверхневі та глибинні, припливно-відливні; рельєф та опір дна, звуження, скелі, споруди; соціотехнологічні обмеження та заборони чи обмеження для судноводіння);

$q_{kj}(x, y, z)$  - ймовірність виділення даного виду ресурсів відповідно до конкретного збігу (у точку взаємовпливу)  $x, y, z$  компонентів поточної ситуації;

$\Psi_{kj}(x, y, z)$  - функціональна залежність для чисельного визначення  $k$ -му об'єкту на  $j$ -му рівні ієрархії необхідного та достатнього (за якістю та кількістю) конкретного виду ресурсів згідно взаємовпливу  $x, y, z$  компонентів поточної ситуації.

Таблиця 4.1 – Реагування IAS, ITS на екстремальні впливи середовища з підвищеними загрозами безпеки руху ВТЗ

	Задачі ПЕВО відповідно до рівня та рангу 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 хвороби консерватизм	економічна криза соціальна	пріоритетна мобілізація концентрація
2	координація кооперативних зусиль 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 та термінів ресурсу	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 ЗППП	запобігання катастроф та форс-мажору
5	коригування маршрутів графіків гарантування живучості	включення засобів захисту від аварій	уточнення зон БОН та НОН коригування маршрутів	ремonti 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 завад	зміна каналу підвищення завадостійкості
7	взаємодія і вплив на ВТЗ - відповідна реакція своєчасна реалізація	СНУР ГАУ ВТЗ	засоби функціональної стійкості	відмови модулів керування	замикання обрив пошкодження	включення резервних каналів та обладнання

$G_{kj}$  - ваговий коефіцієнт  $k$ -го об'єкту на  $j$ -му рівні ієрархії, який задовольняє системний баланс  $\sum_{k=1}^l G_{kj} = G_j$  для даного виду РЕІМ ресурсу.

Полієргатичне гарантування якості СНУР ВТЗ треба оцінювати та оптимізувати для всього рейсу:

- за обраним маршрутом;
- в ЗППП;
- за графіком реалізації рейсу;
- часовими змінами компонентів  $x(t), y(t), z(t)$  у ПЧК місцезнаходження ВТЗ на акваторії судноводіння.

Усі ці особливості слід враховувати окремо. Тому методика полієргатичного гарантування якості СНУР ВТЗ, що запропоновано, буде базовою для кожного кроку ПАК, що оптимізує витрати РЕІМ ресурсів на ділянці акваторії (або ЗППП) згідно часового інтервалу руху у заданому ПЧК.

Часткова типова задача оптимізації витрат ресурсів РЕІМ передбачає мінімізацію

$$I_j(x, y, z) \rightarrow \min_{\omega_j \in \Omega} \Delta B_j(t, \omega_j) \quad (4.5)$$

та одночасно максимізацію функціональної стійкості за критеріями безпеки руху (безаварійність без втрат життя людей, без пошкоджень вантажу та ВТЗ, без забруднення навколишнього середовища) як для кожної  $\omega_j$  локальної зони, так і для всього  $\Omega = ПЧК_j$  даного рейсу [287, 299].

Відповідно функціонального перетворення (4.5) розрахунок  $\Psi_{kj}(x, y, z)$ , який характеризує відношення ПЕВО ефекту до всіх витрачених ресурсів РЕІМ у поточній  $\omega_j$  ситуації слід виконувати згідно коефіцієнтів корисної дії (ККД)  $\eta$

$$\eta_j = \frac{\sum_{\omega_j} E}{\sum_j \sum_k \Delta B(t, \omega_j)}, \quad (4.6)$$

де всі параметри нормовані для проведення розрахунків  $\Psi_{kj}(x, y, z)$  у відносних одиницях. Слід підкреслити, що ККД ергатичних систем відрізняється синергетичними ефектами (комфорт, тариф, кількість пасажирів і вантажу) від ККД технічних енергетичних машин і механізмів.

Нехай конкретні антидії  $x \in X$  з боку засобів управління (СНУР, ГАУ) безпосередньо впливають на отримання результуючого корисного  $E$  ефекту від якісної транспортної роботи ВТЗ. В той же час фактори впливу  $y \in Y$  оточуючого зовнішнього середовища в більшій мірі змінюють витрати на безпечний рейс. Множина фізично різних факторів впливу середовища у їх сукупності змінює значення  $p_{kj}$  та  $q_{kj}$  стосовно виділення конкретних видів РЕІМ ресурсів ГАУ ВТЗ.

Інтегральний розв'язок – рішення  $r \in R$  при знанні ймовірностей  $p_{kj}$  та  $q_{kj}$  можливо у сукупності їх спільного впливу позначити змінною  $z \in Z$ . З урахуванням комплексних взаємозалежностей оцінку ККД (4.6) можливо привести до аналітичного виду

$$\Psi_{kj}(x, y, z) = \frac{a}{1 + b \left( \frac{yz}{x} \right)^n}, \quad (4.7)$$

де  $a$  та  $b$  - сталі коефіцієнти типового збігу обставин на маршруті у зоні ПЧК для конкретного інтервалу часу  $t_{\min} \leq t \leq t_{\max}$  виконання ВТЗ завдань даного рейсу;

$n$  - значення степеневої залежності функції від компонентів  $x, y, z$  поточної ситуації при оцінюванні згортки критеріїв ефективності (4.4), як характеристики ККД при фіксованих факторах зовнішнього  $y(t)$  та внутрішнього  $z(t)$  впливу середовища ПЧК з ВТЗ, що забезпечує однозначність прийняття рішення.

Проведемо аналітичний аналіз виразу (4.7) на області можливих значень. Якщо  $\eta = \frac{x}{yz} \gg 1$ , що означає особливо сприятливі умови впливу оточуючого середовища (за течією, за напрямом вітру, в умовах мінімального опору та протидій руху ВТЗ за

курсом), тоді при різних реальних  $n$  та в функціях  $\Psi_{kj}(x, y, z \rightarrow a$ , де асимптотичне значення у відносних одиницях оцінено параметром  $a < 1$  відповідно до залежності від максимальних значень ваги  $G$  або повних витрат ресурсів.

При змінах показника степеневі залежності  $n$  можливі такі ситуації: при  $n > 1$  опуклість кривої спрямована у низ; при  $n \leq 1$ , маємо опуклість кривої, спрямованої у гору.

Якщо у ПЕВО відбувається умова  $\eta = \frac{x}{y \cdot z} = 1$ , тоді згідно (4.6) можливо оцінити

значення другого параметра

$$b = a - \Psi_1 > 0, \quad \forall \eta = \frac{x}{y \cdot z} = 1, \quad (4.8)$$

де  $a$  – вищенаведене значення асимптотичного наближення до реального верхнього (supremum) значення  $\Psi_{kj}(x, y, z)$ ;

$\Psi_1$  - значення  $\Psi_{kj}(x, y, z)$  у особливих умовах балансу факторів впливу зовнішнього та внутрішнього середовища, що забезпечує показник якості роботи ГАУ СНУР ВТЗ.

Коли задані параметри  $a$  та  $b$  функціональної залежності (4.8), тоді доцільна параметризація ІОДМ та концептуально семантичних цільових моделей у вигляді

$$\Psi(\eta) = \frac{a}{1 + b \cdot \eta^{-n}} = \frac{a\eta^n}{b + \eta^n}, \quad (4.9)$$

де  $\Psi(\eta) = \Psi\left(\frac{x}{y \cdot z}\right)$  - стандартизована, типова функція, яку зберігаємо у пам'яті

ПАК СНУР ВТЗ. Таке представлення доцільне для того, щоб будь-які розрахункові (експлуатаційні) фактори впливу зовнішнього середовища  $y \in Y$  та небажані втрати внутрішніх РЕІМ ресурсів  $z \in Z$  (відмови техніки, збої, відключення, дефекти тощо) компенсувались гарантованими актами  $x \in X$  протидії з боку ГАУ ВТЗ та всіх наявних ресурсів ББК ВТЗ та ресурсів ієрархічної ПЕВО  $\subset ITS$ . Тобто параметр

ККД  $\eta(t)$  на інтервалі часу збігу обставин повинен гарантувати безаварійність, безпеку життя, відсутність екологічного забруднення, відсутність збитковості при  $m$  максимальній рентабельності рейсу ВТЗ. Чітка причинно-наслідкова протидія одночасно й своєчасно у акваторії подій (збурень, загроз, перешкод, нападу) ПЧК забезпечує гарантування функціональної стійкості ГАУ СНУР ВТЗ та з іншого боку рентабельності рейсу в позаштатних умовах впливу навколишнього середовища.

За виразами (4.3), (4.4), (4.8) та (4.9) запропоновано формалізувати дві оптимізаційні задачі.

Перша задача - при кількості ресурсів СДС з  $l$  об'єктів знаходимо оптимальний розподіл  $\{X_k, \forall_k = \overline{1, l}\}$ , який гарантує максимальну оцінку критерію (4.3).

Друга задача – зворотна до першої, задаються значення цільового критерію (4.3), для якого необхідно знайти кількість ресурсів  $x_i, \forall_i = \overline{1, l}$  кожного учасника (розподіл) та відповідно їх спільну суму  $x$  за допомогою коефіцієнта  $\alpha_i$  еквівалентування різних видів РЕІМ ресурсів, наприклад  $x = \sum_{i=1}^l \alpha_i x_i$ , що гарантує отримання цільового критерію (4.3) на заданому рівні.

Обидві задачі розв'язуються за допомогою бібліотечної для ПАК СНУР ВТЗ функції  $\Psi(\eta)$  та відомих функцій, наприклад, *f min con* пакету Optimization Toolbox комплексів Matlab, Maple, Scilab від INRIA [[www.scilab.org](http://www.scilab.org), 122].

Для отримання чисельних розрахунків необхідно задати відповідні діапазони значень по кожній змінній та види конкретних функціональних залежностей.

За результатами аналізу матеріалів світової статистики аварійних морських подій основними причинами аварій на морському транспорті є:

- помилки судноводіїв в управлінні ВТЗ – 34%;
- недостатня кваліфікація членів екіпажів – 26%;
- неувага та нехтування судноводії питань безпеки на морі – 13%;
- несправності та знос механізмів й обладнання ВТЗ – 11% .

При цьому помилки персоналу ВТЗ є основною причиною аварій на морському транспорті. Для суттєвого зменшення фактору людської помилки під час виконання

операцій, які потребують високої точності утримання в заданому місцеположенні або на заданому маршруті, на світовому морському флоті запроваджуються спеціальні комп'ютеризовані системи динамічного позиціонування (системи ДП) [262,111, 1, 75].

Динамічно позиціонований ВТЗ – ВТЗ з механічним двигуном, який використовує для забезпечення руху або утримання заданого місцеположення свій власний пропульсивний комплекс (без участі інших ВТЗ, без постановки на якір і швартування) і прилади для визначення абсолютного або відносного місцеположення і курсу. На цей час існує два основних виду систем ДП:

➤ Системи ДП, побудовані на принципі формування керуючого сигналу пропорційно-інтегрально-диференційного контролера, що формує керуючий сигнал, який є сумою трьох складових: один - пропорціональний різниці вхідного сигналу і сигналу зворотного зв'язку (сигнал неузгодженості), другий є інтегралом сигналу неузгодженості, третій є похідною сигналу неузгодженості.

➤ Системи ДП, побудовані на принципі використання математичної моделі управління, в яких здійснюється математичний опис реакції ВТЗ на зовнішні сили (гідродинамічні і аеродинамічні характеристики судна, площу парусності, момент інерції тощо) та/або переміщення в залежності від сумарної взаємодії сил, приложених до нього. Модель при цьому повинна бути описана математично настільки точно, наскільки це практично можливо, а реакції на будь-які зовнішні сили повинні бути точно виміряні і розраховані.

Обі ці системи є ергатичними та призначені для підвищення рівня безпеки судноплавства та зниження дії людського фактора під час виконання складних операціях точного утримання ВТЗ в позиції або руху точно по заданим параметрам.

Різниця між цими двома рішеннями є в тому, що перші системи, що контролюються ПД-контролером, можуть скоригувати систему (вернуть в первинний стан) тільки після того, коли система вийшла зі стану рівноваги. Ці системи дозволяють підвищити рівень безпеки в цілому, в той же час не вимагається наявності високоточних, високонадійних, але й більш складних і коштовних систем.



Такі системи знаходять своє застосування на будь-якому типі судна, в тому числі на маломірних суднах.

Системи ДП, основані на використанні математичної моделі – більш складні та коштовні пристрої, але, в той же час, більш точні. Ці системи застосовуються на суднах технічного флоту та буксирах, що працюють в безпосередньої близькості до об'єктів (бурових платформ, ВТЗ на якорях, гідротехнічних споруд), де з урахуванням складності робіт та обмеженого простору необхідне постійне точне та надійне прогнозоване позиціонування. Ці системи можуть прогнозувати відхилення від первинного стану, і таким чином коригувати параметри руху з упередженням - раніше ніж таке відхилення має місце. Крім того, вони можуть також дозволити судну залишатися в заданій позиції протягом певного часу (5-15 хвилин, в залежності від умов оточуючого середовища) у разі втрати роботоспроможності (втрати сигналу) усіх систем визначення місцеположення.

Слід мати на увазі, що з приводу складності побудови систем, побудованих на математичної моделі судна, необхідна якісна спеціалізована підготовка та періодичне підвищення кваліфікації операторів ДП в схвалених центрах підготовки.

В свою чергу, управління аналоговими системами на принципі формування керуючого сигналу ПД-контролера дозволяє використання системи ДП судноводіями будь-якого рівня, які пройшли мінімальний курс підготовки.

Розробка нових формалізованих підходів для гарантування більш високого рівня ефективності безаварійного маневрування завдяки засобам технічної діагностики та контролю (ЗТДК) у сучасних умовах стійкого розвитку ITS все більшої актуальності набуває задача підвищення реальної безпеки рухомих ВТЗ до суттєвого зниження до  $P_A = 10^{-6}$  та  $P_K = 10^{-7}$  [9, 158] ймовірності виникнення аварії.

Теорія систем, що самоорганізуються та самоудосконалюються, формалізує механізми процесів перетворення інформації [84, 161, 311] у межах особливого окремого середовища (ООС), де його внутрішня організація (а саме внутрішні операційні модулі (ВОМ), канали зв'язку (КЗ) між ними) змінюються внаслідок функціонування в околі СДС, зовнішня підсистема якої спонукає таким змінам та

варіюванню відповідно до актів впливу.

Згідно концептуальної онтологічної схеми модель природної СДС може бути складена з перетворювачів-комплексів  $K_i, \forall i = \overline{1, N}$  та каналів-мережі зв'язків між  $K_i$  та  $K_j$ , що позначимо  $C_k, \forall k = \overline{1, M}$ . Канали зв'язку відповідно динаміки процесів у ПЧК умовно визначаємо як вхідні (ті, що сприймають акти впливу, включаючи сигнали повідомлень), так і вихідні (такі, які відправляють у зовнішню підсистему відповідні відповіді – цільові реакції про зміни внутрішнього стану ООС в поточних обставинах функціонування цілісної СДС). Вхідні канали  $C_{ki}$  сприймають вхідні сигнали, дані матеріальні ознаки змін у СДС та її часткових елементах. Вихідні канали  $C_{kj}$  відповідно сигналізують про адекватну реакцію ООС в цілому на заданому інтервалі  $\Delta\tau \in T \subset \Theta$  функціонування у межах СДС.

Процеси перетворення вхідних сигналів у вихідні (рис. 4.8) запропоновано реалізувати як в середині ООС, так і в середині будь-якого каналу, який слід називати технологічним телекомунікаційним каналом зв'язку внаслідок явної його специфіки на відповідні далекі відстані.

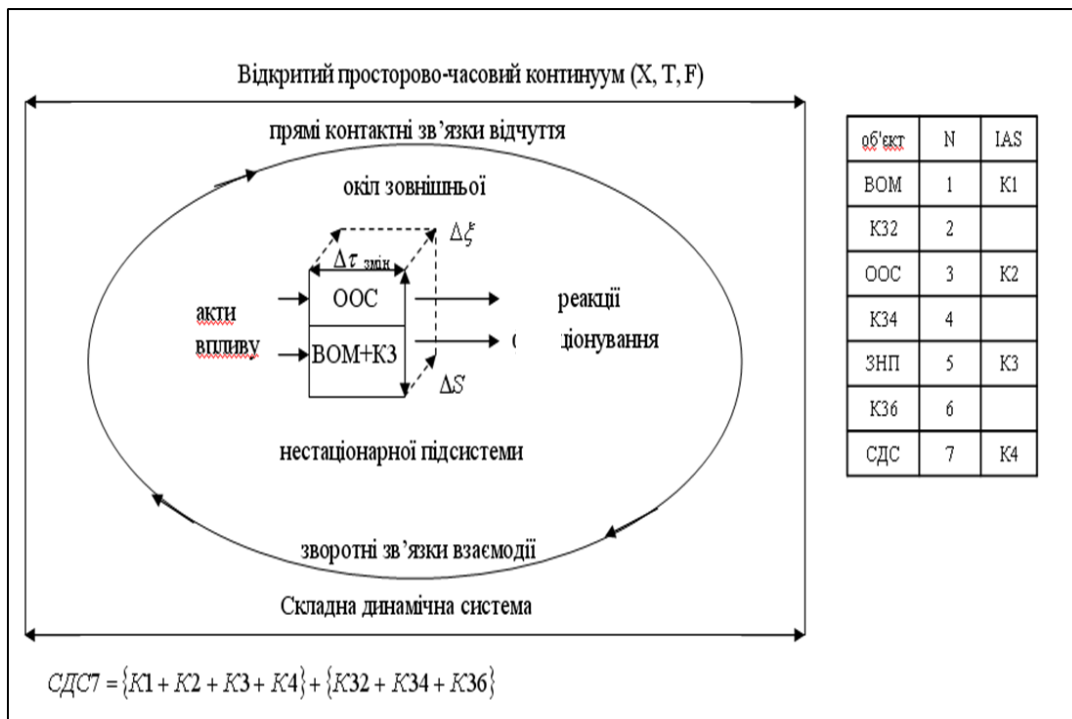


Рисунок 4.8 – Концептуальна схема причинно-наслідкових процесів перетворення актів гетерогенних впливів за допомогою ООС у відкритій нестационарній СДС

З іншого боку у локальній операційній зоні з мінімальними відстанями між ВОМ внутрішні технологічні телекомунікаційні канали забезпечують внутрішню взаємодію лише у межах локальних операційних зонах ООС. Сучасні технічні засоби реалізують необхідні процеси перетворень у цифровій кодованій формі за допомогою мікроконтролерів, ядерних процесорів, багатоядерних комп'ютерів та розподілених інформаційних систем (DIS) з мережевою організацією взаємодії у вузлових пунктах або терміналах-станціях.

Сутність перетворення у реальних технологіях запропоновано визначати у вигляді алгебраїчної символіки

$$X \rightarrow F(\dots) \rightarrow Y = F(X), \quad (4.10)$$

де  $X$  – множина вхідних сигналів, які отримані на вхідних каналах;

$Y$  – відповідна множина вихідних сигналів внаслідок завершення процесів перетворення всередині ООС після сприйняття множини  $X$ ;

$F(\dots)$  – функціональний перетворювач, який обрано шляхом розпізнавання цілісної ситуації у межах СДС з урахуванням цільового призначення ООС швидко, адекватно, точно реагувати, тобто видавати вихідні сигнали  $Y=F(X)$  лише після отримання сигнальної частки, яка ініціює дану функцію перетворення.

ЦФС процесів ситуативної поведінки ООС у СДС полягає у чіткому визначенні конкретної задачі здійснення саме  $F_{\xi}(X)$  перетворення, як однозначної відповідності  $F_{\xi}:X \rightarrow Y$  між вхідними та вихідними сигналами-конкретами на розширеній множині дозволених експлуатаційних сигналів. Внаслідок змін у ПЧК СДС виникають різні цільові ситуації  $\xi$ , які впливають на вибір відповідності  $Y(t_{\xi}) = F(X(t_{\xi}))$  за критеріями ЦФС.

Реальні неперервні аналогові сигнали можливо з необхідною точністю відображати як дискретні [39, 84, 161, 178, 311]. Тоді запропоновано використовувати дискретні моменти часу  $t = 0,1\varepsilon, 2\varepsilon, 3\varepsilon \dots n\varepsilon$ , де тривалість кроку

$\varepsilon = \Delta\tau_k = \text{const}$  визначає високоточний таймер з відповідною стабільністю. Дискретний перетворювач працює з кодованими цифровими порціями, що визначають лише два стани 0 та 1 у одному біті даних. Кожна порція може відобразити різну ієрархічну організацію інформаційного повідомлення.

Перехід з одного стану у часі  $(t-1)$  в інший стан  $t$  за допомогою АДА реалізується згідно закону

$$a(t) = \delta(a(t-1), x(t)), \forall t = \overline{1, n}, \quad (4.11)$$

де  $\delta(a, x)$  - функція переходів АДА для двох змінних  $a$  та  $x$ , при цьому початковий стан  $a(0)$  заданий.

Вихідний сигнал  $y(t)$  АДА може формувати у вигляді

$$y(t) = \lambda(a(t-1), x(t)), \forall t = \overline{1, n}, \quad (4.12)$$

$$y(t) = \mu(a(t)), \forall t = \overline{1, n}. \quad (4.13)$$

Згідно виразу (4.12),  $\lambda$  означає реалізацію автомата Мілі. Для виразу (4.13)  $\mu(a)$  функція зсуву визначає вихідний сигнал автомата Мура.

Для АДА, у яких обмежена кількість функцій переходів та виходів, доцільно використовувати відповідні таблиці, що зберігають у пам'яті автомата.

Таким чином, якщо автомат отримав початковий стан  $a(0)$  та на його вхід надійшло повідомлення у вигляді послідовності кодів, наприклад,  $P = x(1), x(2), \dots, x(k)$  вхідної абетки  $\tilde{X}$ , тоді на виході АДА буде сформована відповідь у вигляді  $q = y(1), y(2), \dots, y(k)$  в його вихідній абстракції  $\tilde{Y}$ . Інакше будь-який автомат індукціє відображення  $\varphi$  множини  $\tilde{X}$  слів у множину  $\tilde{Y}$  відповідним чином

$$q = \varphi(p). \quad (4.14)$$

З метою підвищення ефективності АДА у випадках нескінченних автоматів застосовують цільові скінченні системи правил (граматики) [178].

За достатньо великий інтервал часу замість високоточного кроку  $\varepsilon = \Delta\tau_k = const$  маємо можливість знайти більший крок  $\varepsilon = \Delta\tau_k = const2 > const1$  для послідовності  $T = 0, 1\delta, 2\delta, 3\delta, \dots, m\delta$ , яка дозволяє співвідносити списки кодованих слів

$$\{x_{i1}, x_{i2} \dots x_{ik} \dots x_{in}\} \in \tilde{X}(T), \quad (4.15)$$

$$\{y_{i1}, y_{i2} \dots y_{ik} \dots y_{in}\} \in \tilde{Y}(T), \quad (4.16)$$

де  $\tilde{X}(T)$  - множина вхідних слів певного процесу ЦФС ООС;

$\tilde{Y}(T)$  - множина вихідних слів згідно алгоритмічної системи правил АДА.

Обидва вхідні та відповідні вихідні послідовності визначають окрему підстановку з трансверсальною послідовністю

$$(T_1, T_2 \dots T_k \dots T_n) = T(\delta). \quad (4.17)$$

Трійка сигнальних значень  $(x_{ik}, y_{ik}, T_k)$  може визначати операцію циклічного перетворення (формального циклу), коли за повних фіксованих умов за інтервал часу  $T_k$  алгебраїчно пов'язані вхідні  $x_{ik}$  та вихідні  $y_{ik}$  дані для конкретного автомата. Трансверсальна послідовність  $T(\delta)$  з обраним (визначеним, знайденим, розпізнаним) кроком  $\delta = const2$  параметризує реальну послідовність функціонування ООС в СДС у вигляді послідовності циклів (періодів, етапів, фаз) виду  $y = f(x)$ , де вид самої функції зазначений відповідним класом.

### 4.3 Технологія раціонального розподілу функцій в ієрархічних системах навігації та управління для підвищення рівня безпеки судноплавства

Резонансні аварії на водному транспорті зі значними негативними наслідками формують нагальну потребу практично стовідсоткового гарантування безпеки руху ВТЗ у стислих часових та просторових умовах. Проблемна задачна система формулюється як пошук інноваційної технології забезпечення функціональної стійкості кожного ВТЗ при виконанні транспортної роботи за плановим маршрутом у ЗПП.

Функціональна стійкість ПЕВО залежить від кожного взаємопов'язаного рівня (вищого та нижнього рангів) ієрархічної організації, де ключову роль грає раціональний розподіл функцій у відповідних ергатичних постах СНУР ВТЗ. Схема елементів ергатичної системи та їх взаємодія наведені на рис. 4.9.

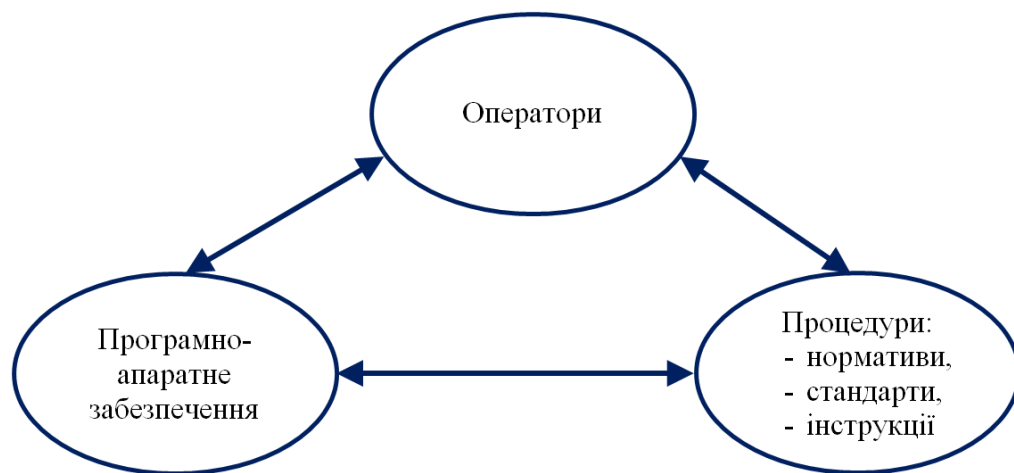


Рисунок 4.9 – Елементи ергатичної системи та їх взаємодія

Значні порушення на межі людино-машинної взаємодії (НМІ – Human Machine Interface), які природні у сучасних умовах функціонування транспортної галузі, не повинні за причинно-наслідковими ланцюгами обумовлювати аварійні чи катастрофічні події. Забезпечення у цьому сенсі функціональної стійкості (майже 100% безаварійності з) є актуальною, своєчасною, науково-прикладною задачею, яка ще не розв'язана у вигляді конструктивної технології гарантування безпеки руху ВТЗ.

У СДС існування фактичних ЗПРП обумовлено природними наслідками значного ускладнення взаємозалежності різноманітних процесів [292]. До складу СДС належать ПЕВО, технологічно єдині транспортні організації (ТЄТО), ТІУС з диспетчерською ієрархією організації та обслуговування руху ВТЗ, на борту яких ключова роль належить судноводіям. Кожну реальну ЗПРП СДС у масштабах існуючого транспортного комплексу з інтеграцією усіх видів транспорту запропоновано відображати як суттєвий вузол, де перетинаються різноманітні транспортні потоки, що відчуває впливи природного та соціального середовищ.

Ергатичні СНУР ВТЗ обслуговують такі ЗПРП на водних шляхах, але значне зниження показників аварійності потребує новітнього перерозподілу функцій між кожним рівнем (рис. 4.10) ієрархічної організації гетерогенної ПЕВО, а також між оператором і ПАК, диспетчерськими центрами ТІУС та бортового обладнання ВТЗ.

Перерозподіл функцій на межі взаємодії ергатичних підсистем стимулює наступні напрями самоорганізації процесів функціонування СНУР ВТЗ (табл. 4.2).

До них за принципами синергетики ПЕВО належать:

1. пошук поки що невідомих фундаментальних явищ, процесів, технологій, що сприяють еволюційному 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 у базах знань, фактів у системах управління базами даних (СУБД), правил та закономірностей у довідкових інформаційних фондах за єдиною електронною технологією документообігу та кроками самосинхронізації;
4. проектування новітніх приладів, інструментів, компонентів, модулів, підсистем та комплексів відповідно до самоаналізу інноваційних замовлень та цифрових вимірювальних експериментів, що обґрунтовують ефективність нових рішень та їх технологічної реалізації;
5. прогнозування природних та соціо-технологічних явищ з деталізацією сутності, особливостей та часових подій у ЗПРП з метою упередженого самонавчання;

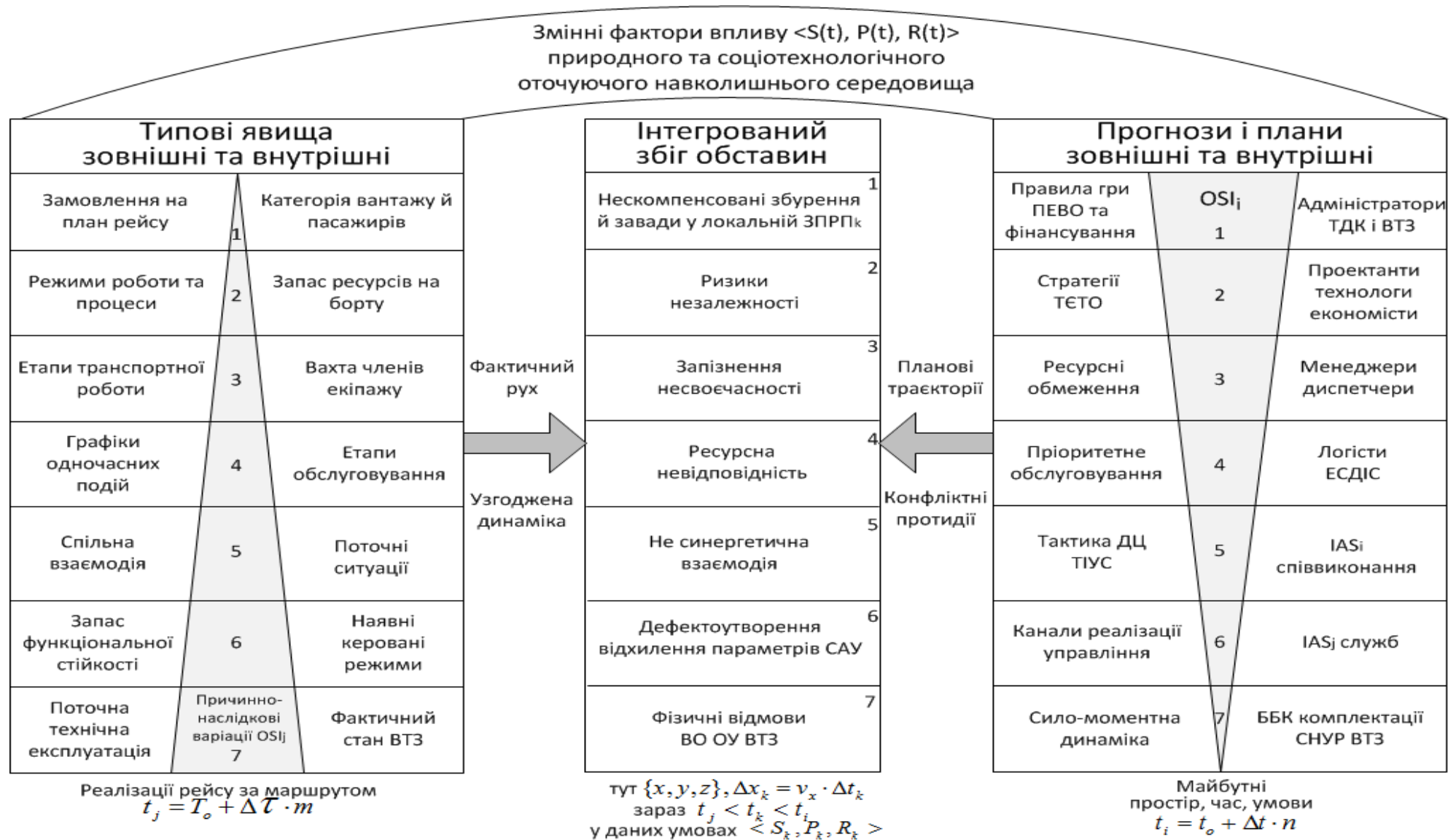


Рисунок 4.10 – Концепція перерозподілу функцій для адаптації СНУР ВТЗ до впливів у локальній ЗПРП на рух ВТЗ



Таблиця 4.2 – Причинно-наслідкові взаємозалежності між попередніми і наступними етапами комплексного управління умовами руху суден та режимами керування їх робочими органами

Етап	Технологічно-підготовчі роботи у транспортній інформаційно-управляючій системі			Особливості виконавчих задач управління рухом ВТЗ та гарантування безпечності транспортної роботи	
	Режим руху	Цільове призначення	Вид завдання	Зовнішні обмеження та фактори впливу	Внутрішні ресурси та режими керування
1. ПЕВС	Актуалізація моделей за потребами	Формування та порівняння комерційних заказів	Розподіл функцій та замовлень	Властивості маршруту та природно-кліматичних умов	Кількість ВТЗ та їх обмеження
2. Прогноз	Обґрунтування визначальних обмежень	Прогнозування динаміки подій	Оцінка майбутніх ситуацій	Тренди та зміни зовнішніх факторів	Технічні стани корпусу, двигуна, керма
3. План	Враховання майбутніх умов руху	Мінімізація ризиків. Максимізація ефекту	Узагальнений план графік роботи на ТДК	Стратегічне враховання обмежень	Планування ремонтів та оптимального завантаження
4. Програма	Обґрунтування маршруту	Програмування маршруту руху	Координація у часі та просторі	Координація позицій $n$ ВТЗ	Відстані динамічних кризових зон максимального ризику
5. ГАУ	За визначеною програмною траєкторією	Багатокритеріальна оптимізація в районі руху	Адаптивна технологічна електронна картка руху	Оперативне упорядкування задач	Пріоритетна адаптація до ремонту і головних факторів
6. Маневр	Позиційне маневрування, ухилення	Безпечне розходження та запобігання зіткнень у зоні	Зміни курсу. Зміна швидкості гальмування	Підвищення точності навігації	Оперативне корегування законів управління у зоні маневру
7. Рух	Стабілізація руху на поточній траєкторії	Компенсація збурень та відхилень	Закон роботи двигуна та керма	Високоточні вимірювання зовнішніх факторів	Автоматична покрокова реалізація оптимального керування

6. формалізація ієрархічних взаємодій та взаємовідношень у СДС для самоорієнтації за класифікованими умовами прояву зовнішніх та внутрішніх обставин відповідного впливу на рух ВТЗ;

7. комплексне інтегральне рішення щодо самоконтролю методів побудови безаварійних складних технічних систем для ПЕВО, ТЄТО, ТІУС та різних ВТЗ.

Задача про розподіл функцій між операторами має формалізований опис [159, 249, 299] та відповідні математичні типові методи розв'язку при наявності даних. У чітко визначеній множині інтелектуальних агентів системі  $IAS_i, \forall i = \overline{1, m}$ , кожний  $IAS_i$ , (із природним чи штучним інтелектом) може використовувати умовно одну (найбільш ефективну в заданих умовах ЗПРП) роботу. Для гарантованої (100%) безпеки руху потрібна множина  $S_{ij}$  процедур  $\forall j = \overline{1, m}$ , яка формує базову кількість необхідних та достатніх виконавців поточного завдання за умови  $E = \cup S_i = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ . Відомо, що реалізація кожної  $e_i$  процедури дозволяє отримувати  $\omega(e_i)$  необхідну частку комплексного ефекту лише за чітко визначених умов реалізації функцій у ЗПРП. До переліку повних умов входять також і обмеження на якість роботи та ресурсів. При відомих відмовах і збуреннях існує необхідна кількість структурних та параметричних даних стосовно конкретної задачі.

Задача із вище наведеними даними потребує знаходження такого гарантованого варіанту розподілу функцій, який дозволить отримати 100% результат конструктивної взаємодії  $IAS_i$  з максимальним ефектом відповідно до багатокритеріального рішення завершення розв'язку даної задачі [183, 199, 223].

Критерій максимального ефекту двобічний. Він означає, що віддаленість відстаней до загрози, аварії, катастрофи визначається як майже 100% у сенсі безаварійності. З іншого боку витрати на отримання та реалізацію бажаного оптимального (квазіоптимального) варіанту взаємодії потребує певних ресурсів (речовини, енергії, інформації, кадрів, приладів, каналів зв'язку).

Таким чином дана типова математична задача зводиться до застосування методів пошуку часткової трансверсалі  $T = (t_1, t_2, \dots, t_m)$  для послідовності множин

$P(S_1, S_2, \dots, S_m)$ . Згідно даних [183, 228, 308] оцінки інформаційно-обчислювальних операцій при розв'язках даної задачі не більш ніж порядку  $n \sum |S_i|$ .

Перехід до розв'язку суто математичної задачі [144, 200, 217, 219, 228] потребує реалізації підготовчих етапів, для чого необхідно реорганізувати СНУР ВТЗ у наступних напрямках:

Н1. Високоточне прецизійне вимірювання навігаційних параметрів в умовах шумів та прояву ключових дестабілізуючих факторів навколишнього середовища, що змінюється та природно варіюється за визначеними законами.

Н2. Комплексна обробка (вторинна, третинна) даних гетерогенних джерел для задач СНУР ВТЗ на принципах інтелектуалізації технологічних процесів в інтегральних мережах та ПЕВО для цілеспрямованої циркуляції ієрархічних інформаційних потоків.

Н3. Маневрені режими ВТЗ у стислих обставинах з урахуванням всіх поточних обмежень та особливостей змін впливу факторів навколишнього середовища ЗПРП з конфліктуючими учасниками взаємодії та перешкодами, завадами, відмовами, які не в змозі протидіяти руху ВТЗ для віддалення на безпечну відстань з усуненням аварійних зіткнень.

Н4. Функціональна стійкість виконання програмних маршрутів руху ВТЗ за рахунок адаптації, раціональної реконфігурації та розподілу функцій ПЕВО, ТЕСТО, ТІУС, СНУР у стаціонаризованій гетерогенній СДС з визначеними реальними обставинами.

Н5. Розподілена багато паралельна мережева система взаємодії та розв'язку поточних практичних задач багатокритеріального управління ВТЗ та транспортних потоків в умовах природного та соціотехнологічного просторів.

Н6. Неперервна стовідсоткова електронна технологія телекомунікації, особливо для проектування новітніх і прогресивних зразків техніки й технологічних модулів, необхідних для своєчасної реалізації авторської ідеї у виробничу документацію та ефективні зразки виробництва замовленої продукції, послуг, відновлення функцій, а також надання екстреної допомоги.

Н7. Високоякісна інтелектуальна підтримка по кожному з вищезначених напрямків шляхом застосування експертних систем, включаючи системи прогнозування, імітації, тренінгу, контролю та діагностики режимів функціонування СНУР ВТЗ, що реально функціонують у єдиному фізичному просторі та використовують ресурси єдиного інформаційного простору різноманітних ПЕВО.

Інтеграція у межах єдиної інформаційної моделі базових модулів інформаційних технологій відображає поточні ситуації, що змінюються та варіюються під час виконання транспортної роботи. Розроблене алгоритмічне та програмне забезпечення адаптивної взаємодії інтелектуальних агентів системи, включаючи бортові багатофункціональні комплекси, диспетчерські центри, сховища статистичних та динамічних даних, та вдосконалена методологія адаптивної зміни функцій учасників руху у ЗПРП, які оснащені спеціалізованими ПАК, у розподіленій інтегрованій системі дозволяє за допомогою служби обміну повідомленнями скоротити часові та фінансові ресурси підвищення безпеки руху ВТЗ на небезпечних ділянках.

Системна якість СНУР ВТЗ, метою якої є близька до 100% безаварійність у ЗПРП, буде отримана лише за рахунок професійної підготовки всіх операторів – осіб, що приймають рішення, на всіх (не менш ніж семи) рівнях ієрархії ПЕВО, ТЕСТО, ТІУС, а також ієрархічних відношень між членами екіпажу різноманітних ВТЗ. Слід підкреслити, що підвищення рівня професійної підготовки повинне охоплювати також і робітників навчальних закладів та співробітників транспортних і логістичних організацій, які взаємодіють з головними учасниками СДС. Тому загальна проблема безаварійного руху ВТЗ у реальному фізичному просторі водних акваторій в цілому залежить від інтелектуального рівня операторів, де кожний  $IAS_i$  виконує своєчасно регламентовані та стандартизовані професійні функції [292, 159, 183, 221, 228, 294].

Таким чином, запропонована технологія гарантування безпеки руху різноманітних ВТЗ під час впливу зовнішніх та внутрішніх факторів

навколишнього оточуючого середовища реалізується методами раціонального розподілу функцій з урахуванням ефективності професійної підготовки операторів для підвищення поточних якостей IAS СНУР та дозволяє у 2,7 разів швидше здійснювати завчасного ситуативно обумовлений раціональний розподіл функцій в ієрархічних системах навігації та управління ВТЗ для оперативного підвищення рівня безпеки судноплавства, адекватного загрозам.

#### **4.4 Методологічні основи синтезу поліергатичних систем для забезпечення безпеки судноводіння в умовах ризику**

Морські перевезення та інформаційні технології в судноплавстві суттєво впливають на функціонування усіх сегментів сучасного суспільства, враховуючи зростання масштабів та глобалізації транспортної роботи. Безпеки життя членів екіпажів, пасажирів та збереження вантажів, збереження навколишнього середовища та економічна привабливість водного транспорту значно залежить від технології управління ВТЗ, особливо під час загрозливого впливу нестационарного ЗНОС. В умовах сучасних змін вимог до кожного ВТЗ подальший розвиток ITS є актуальним для розробки та впровадження нових інтелектуальних технологій [238].

Значне різноманіття факторів впливу ЗНОС на корпус і на внутрішні елементи будь-якого ВТЗ підвищує вимоги до технологій управління рухом ВТЗ на всіх етапах його ЖЦ від проектування, будівництва, насичення механізмами та обладнанням, налагодження до усіх процедур експлуатації на різноманітних акваторіях змінного ПЧК. Значну складність кожного ЖЦ конкретного ВТЗ обумовлює ергатичну організацію відповідної технології управління рухом ВТЗ згідно проблеми ефективно-раціонального розподілу функцій в межах ієрархічних ITS. Людський фактор на кожному рівні вертикальної ієрархії та на відповідному шарі горизонтальної ієрархії реалізує функції формування команд управління за допомогою комп'ютерних засобів, необхідних систем підтримки прийняття рішень

(СППР). Виконавчі функції реалізації оперативного закону поточного управління реалізує машина (засоби механізації, автоматизації, комп'ютеризації).

Результативність традиційного розподілу функцій управління між людиною (оператором –  $IAS \in ITS$ ) та машиною (комп'ютерна та автоматизована система) характеризує міжнародна та вітчизняна статистика транспортних подій, аварій, катастроф. Тому для ефективного взаємозв'язку  $IAS \in ITS$  та  $IAS \leftrightarrow ВТЗ$  необхідно розробити інноваційні технології, моделі, методи та інтелектуальні засоби захисту якості функціонування людини-оператора СДС, які унеможливають обставини виходу з БОН та наближення або входу до НОН [65, 152, 269, 294].

Для цього необхідно розробити конструктивні інноваційні технології управління рухом ВТЗ шляхом завчасного ситуаційно обумовленого перерозподілу функцій та ресурсів між  $IAS$  єдиної полієргатичної (мультиагентної-мережевої-розподіленої у ПЧК)  $ITS$ . На інтервалі часу боротьби антикризових (направлених на запобігання катастроф) засобів з факторами ЗНОС з метою гарантування функціональної стійкості кожного  $IAS$  (включаючи відмову чи відключення чи втрату окремого елемента – фрагмента мережі) наявні ресурси ПЕВО завчасно реалізують необхідні процедури екстреної, надзвичайної реорганізації з необхідним перерозподілом функцій СППР та імпульсної реалізації дій за допомогою механізмів  $ITS$  [270, 274].

СДС існує у трьох різнотемпових фазових станах.

Перший стан характеризується нормальним, 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. Системи спостереження, навігації, телекомунікаційного зв'язку та автоматики працюють в штатному режимі [152].

Другий стан виникає коли засоби розподіленої системи технічної діагностики та контролю поточних процесів формують сигнал «Увага! За означених причин ... можливий загрозливий наслідок» [49].

Третій стан характеризується безпосереднім реагуванням всіх інноваційних та традиційних засобів гарантування безпеки руху ВТЗ у ЗППП коли фактор ЗНОС обумовлюють наближення НОН або втрати конкретного ергатичного ресурсів [65].

Відповідно означеним фазовим станам робота засобів ГАУ виконавчими органами ВТЗ змінюється. Поточна адаптація відбувається покроково, завчасно та упереджуючи до запасу міцності – гарантуванню віддалення на задану відстань від меж НОН [270, 274].

Дослідження присвячено другому та третьому фазовим станам, коли сенсори, датчики та вимірювальні засоби сигналізують про відхилення від нормативних дозволів коливання режимних параметрів ключових підсистем, агрегатів, механізмів та елементів СДС.

#### Формалізація сутності, особливості та специфіки СДС.

Запропонована парадигма причинно-наслідкових взаємовідношень між складовими частинами та компонентами СДС наведена на рис. 4.11 у ситуації досягнення ризикового значення дозволеної граничної відстані між корпусами ВТЗ чи границею-фронтом загрозливих збурень і завад НОН зі значенням <Увага! Загроза ризикованого контакту>.

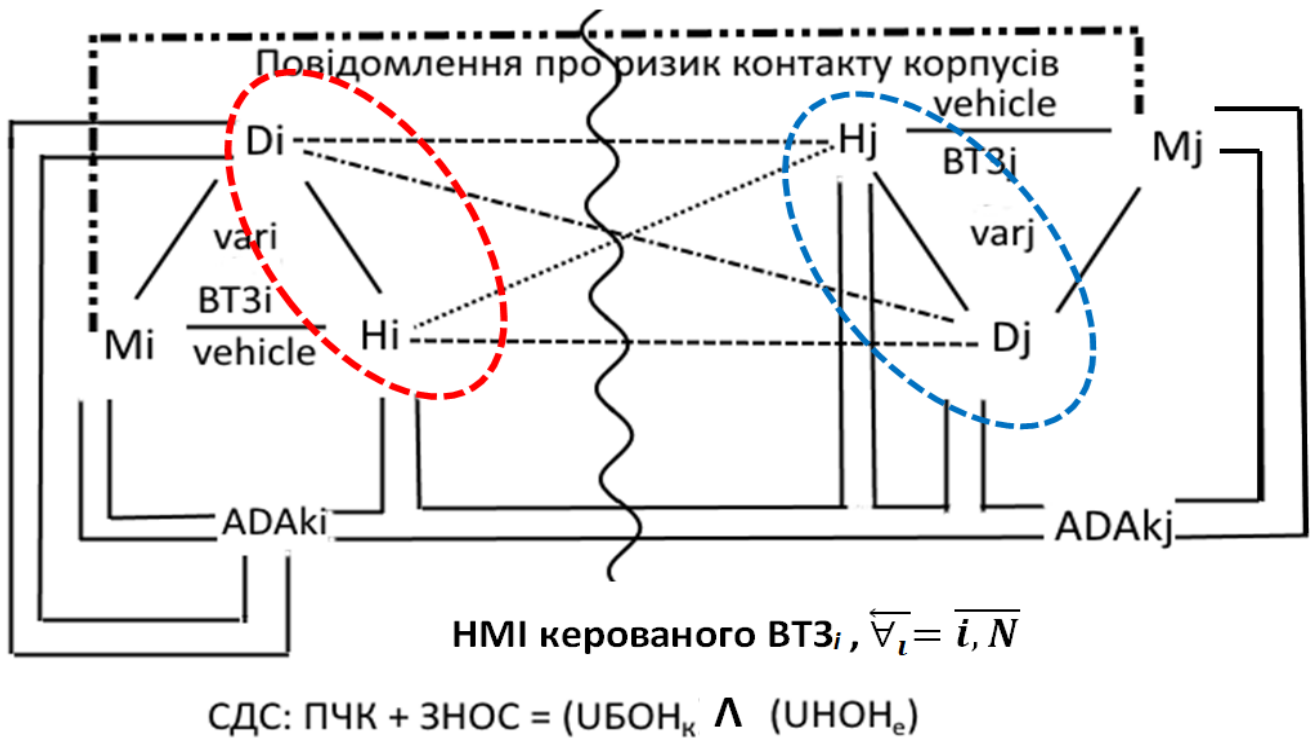
Саме ці дані отримує IAS – ОПР на відповідному екрані його АРМ в межах ITS, де також вказаний часовий ресурс – тривалість часу  $\Delta \tau$  на необхідну ситуативну процедуру прийняття рішення саме цим IAS<sub>i</sub>. Паралельно та одночасно автоматика автоматичного динамічного адаптера (АДА) ініціює дії автоматів вище та нижче даного рівнів ієрархії єдиної розподіленої системи технічної діагностики та контролю (СТДК). На підлеглому нижньому рівні автоматично виконуються процедури більш точного та більш детального оцінювання ключових параметрів, які були спроможні за даний відображений візуально висновок.

На наступному вищому рівні ієрархії ПЕВО ITS автоматика АДА активізує означення ступеня ризику прогнозованого стану у випадку зростання розвитку загрозливого явища.

Взаєморозуміння між автоматикою АДА та операторами-професіоналами, які отримали дозвіл після навчання та тренінгу, досягається за рахунок єдиного

тлумачення словника, який дозволяє однаково розуміти інформацію про  $S$  - об'єкти,  $P$  - властивості,  $R$  - відношення у межах  $\Omega$  - явищ у просторі та часі, відкритих для конкретного переліку впливу ЗНОС та нормативних законних дій людини.

### Межа між сусідніми зонами навігаційного обслуговування в локальних ЗПРП



$D_i, D_j$  – 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.

Рисунок 4.11 – Концептуальна схема предикативного відображення цілісності та безперервності взаємодії складових чинників СДС.

Згідно запропонованої концепції інноваційної інтеграції інформаційних потоків у ПАК,  $АДА_i$  та  $АДА_j$ ,  $\forall_i = \bar{1}, \bar{I}$ ,  $\forall_j = \bar{1}, \bar{J}$ , що знаходиться у спільній ЗПРП та кожний вживає заходів на власну безпеку руху. У ЗПРП в означеному ПЧК можливі різні види CNS/VTM (Communication, Navigation, Severance / Vehicle, Team, Management – комунікація, навігація, спостереження / VTЗ, команда, управління) технологій



реалізації двобічних зв'язків між відправниками та отримувачами повідомлень. На рис. 4.11 ці канали та відповідні інтелектуальні інтерфейси позначені таким чином:

$D_i \leftrightarrow H_i, (D_j \leftrightarrow H_j)$  – «диспетчер – судноводій (оператор ВТЗ»;

$D_i \leftrightarrow D_j$  – «диспетчер однієї зони обслуговування – диспетчер іншої ЗПРП»;

$H_i \leftrightarrow H_j$  – «зв'язок між операторами різних ВТЗ, що маневрують на спільній акваторії та ризиковано наближуються»;

$M_i \leftrightarrow M_j$  (БІКК<sub>i</sub> ↔ БІКК<sub>j</sub>) – «зв'язок між машинами через ПАК для автоматичного ситуативного узгодження траєкторних параметрів одночасних рухів на високих швидкостях із гарантуванням запобігання зіткнень, аварій та катастроф»;

$D_i \leftrightarrow АДА_{ki}, (D_j \leftrightarrow АДА_{kj})$  – «диспетчер отримує дані відповідних СППР для безаварійного реагування у поточних екстремальних ситуаціях дії природних та/або соціально-технічних факторів ЗНОС»;

$АДА_{ki} \leftrightarrow M_i, (АДА_{kj} \leftrightarrow M_j)$  – «автоматичний зв'язок між різними за розподілом функціями ПАК, БІКК та СТДК»;

$АДА_{ki} \leftrightarrow H_i, (АДА_{kj} \leftrightarrow H_j)$  – «ергатичні контури зв'язку в операторах ВТЗ (*i* та *j*) для гарантування якості перехідних процесів запобігання зіткнення та відновлення режиму продовження безпечного руху у нормальних БОН ситуаціях»;

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

Принципово, що усі вищезначені види зв'язку та відповідні інтерфейси можливо випробувати та удосконалювати існуючими засобами імітаційного моделювання телекомунікаційних діалогів. Для вирішення комплексних задач забезпечення безпеки руху ВТЗ у ЗПРП з урахуванням потоків відмов чи похибок у повідомленнях ПАК АДА<sub>к</sub> зв'язується безпосередньо з необхідними агентами (джерелами необхідних знань).

Відповідний багатоканальний інтелектуальний обмін інформацією підтримується засобами захисту інформації [274], зокрема засобами кібер-безпеки.

З метою самонавчання в умовах експлуатації інноваційних технологій ГАУ рухом ВТЗ необхідне забезпечити наступне. Під час експлуатації наявних ПАК для

відповідних АРМ та рівнів ієрархії навігаційного, геоінформаційного, погодно-кліматичного та маршрутно-рейсового обслуговування режимів транспортної роботи ВТЗ в конкретних акваторіях судноводіння в пам'яті комп'ютерів АДА накопичуються об'єктивні фактичні таблиці та статистичні дані. Своєчасна поетапна обробка часових рядів, що характеризують параметри режимів руху ВТЗ та їх обслуговування дозволяє знайти засобами Data Mining реальні закономірності.

Визначення цих об'єктивних закономірностей для конкретного вузла поліергатичної організації дозволяє додатково методами упередженого прогнозування майбутніх подій підвищити ефективність технології ГАУ. Замкнутий контур управління багатьма каналами реалізується за одним принципом. Прямий канал від сенсорів, датчиків та інформаційних засобів оцінювання поточної динаміки фактичних значень формує сприйняття – візуалізацію ІОДМ стосовно порівнянню її спектральних складових з нормативно дозволеними значеннями. Відповідна міра відхилення між плановими завданнями та фактичними результатами реалізації визначає тип, вид, клас механізму реалізації нового поточного завдання.

Досвід експлуатації засобів навігації свідчить, що [274] найбільша кількість помилок ОПР – ІАС (приблизно 53%) припадає на процедури прийняття рішень стосовно планування програми робіт. На процедури сприйняття сутності ситуації, тобто розпізнання-розділення припадає приблизно 32% багатовимірних даних з реальними шумами. Таким чином вочевидь інноваційною є технологія, яка знімає з оператора саме ці задачі. При цьому вони розв'язуються засобами автоматички відповідними алгебраїчними методами в залежності від вхідних потоків вимірюваних величин в просторі високої розмірності.

Об'єктивна надзвичайна складність сучасних поліергатичних вузлів ІТS в запропонованій інноваційній технології спрямовує увагу на джерела причинності помилок людини-оператора. Кожна ОПР – ІАС працює через термінальне обладнання (комп'ютеризовані пульти з дисплейно-екранним відображенням та «клавіатурою» - засобами вводу реакції людини як завдання на негайне виконання).

Саме такий механізм взаємодії людини, яка сприймає візуалізовану на дисплеях деталізовану ситуацію в надзвичайних екстремальних умовах та якомога швидко реагує, є основою для запропонованого визначення моделі оператора у вигляді нелінійного функціонального перетворювача  $m$  вхідних груп даних у  $k$  вихідних дій оператора. Практично у кожен час мить виконується нерівність  $k \ll m$ , тобто людина фільтрує різноманіття вхідного потоку та одночасно обирає мінімальні дії в районі точки неперервного позиціонування  $X \in \text{БОН}$ , забезпечуючи мажорювання відстані між  $x_i \in X$  та точкою  $y_{ij} \in Y \in \text{НОН}$  для всієї послідовності  $\lim_{k,m} \rho(x_k, y_m) > 2\varepsilon$ . В означених умовах  $x_i$  та  $y_{ij}$  є найближчими точками двох різних просторів. Множина  $X \in \text{БОН}$  характеризує точку корпусу ВТЗ на акваторії судноводіння у межах ГСР, де виконуються умови безпеки руху у зоні БОН.

Множина  $Y \in \text{НОН}$  характеризує окіл – межі лімітуючих обставин (загроз, заборон, збурень та інших об'єктів) за критеріями безпеки руху ВТЗ. Слід підкреслити, що вектор швидкості наближення корпусу ВТЗ до загрозового об'єкту залежить від взаємних векторів швидкості точок  $x_i$  та  $y_m$  особливо коли множина  $y_{ij} \in Y$  характеризує рух загрози назустріч. Наприклад, це інші ВТЗ, дрейфуючі об'єкти, крижані поля в умовах сильної течії та вітру. Нерухомі об'єкти (несприятливий рельєф дна, кам'яні скелі, дамби, опори мостів, лінії електропостачання, трубопроводи та багато інших) ускладнюють судноводіння в відповідних локальних місцях навігації. Для усіх випадків відстань  $\rho(x_k, y_m)$  між позицією корпусу ВТЗ та загрозою змінюються. Попереджуваче відображення послідовності  $\lim_{k,m} \rho(x_k, y_m)$  на інтервал  $\Delta t$  прогнозного часу не лише надає відображення динаміки БОН до змінної позиції даного ВТЗ, а також дозволяє СППР встигнути відобразити варіанти безпечного маневрування без критичного зближення, зіткнень, аварій. За таких умов розподілу функцій між автоматикою ПАК АДА людина-оператор спроможна безпомилково, надійно, гарантовано приймати рішення та реалізовувати раціональні режими маневрування у локальному ПЧК.

В запропонованій технології автоматизації та інтелектуалізації саме для умов  $k \ll m_{ex}$ , коли переважає надлишковість, збитковість потоків більшості  $m$  вхідних

даних про СДС в ЗПРП та одночасно відсутні надзвичайні випадкові ризики тому, що умови експлуатації кваліфіковані як нормальні (типові, звичайні, штатні), всі ці обставини гарантують високу надійність роботи людини-оператора на вахті. Дійсно в цих ситуаціях майже все трудомістке робить автоматика, комп'ютери, електронні технологічні підсистеми. Тому необхідні операції людини в контурі оперативного управління (за умов  $k \geq 0$  або  $\approx 1$  чи 2) виконує своєчасно, послідовно, без порушень регламентів у повільному комфортному темпі з урахуванням можливо високої швидкості руху ВТЗ.

В усіх випадках, які відбуваються на практиці та обумовлені неспроможністю людини виконувати регламентні дії, що виявляє ПАК СТДК та автоматично виключає його на певній інтервал часу з конкретного контуру ГАУ. Автоматично також включається дублер-автомат і цим забезпечується якість проходження аварійних різнотемпових перехідних процесів, які завершуються входженням у стан продовження рейсу заданим маршрутом після подолання ЗПРП та роботи у БОН.

Таким чином запропоновані методологічні основи забезпечують побудову ергатичних інноваційних технологій управління рухом суден шляхом завчасного ситуаційно-обумовленого перерозподілу функцій та ресурсів між людиною та електронною машиною в єдиній поліергатичній виробничій організації ITS. Результативність, швидкість та функціональна ефективність ГАУ рухом ВТЗ конструктивно досягається шляхом відповідних змін форм взаємодії між оператором на вахті та ЕОМ в контурах управління. В умовах сучасних змін вимог до кожного ВТЗ подальший розвиток інтелектуальних транспортних систем є актуальним на час розробки та впровадження інноваційних інтелектуальних технологій, тому зазначені роботи в напрямку побудови ергатичних інноваційних технологій управління рухом ВТЗ на погляд автора будуть продовжуватися.

На цей час в світовому морському торговельному флоті активно запроваджуються сучасні пристрої, системи та засоби, які дозволяють підвищувати ефективність використання суден на ВШ під час виконання транспортної роботи. В той же час у зв'язку із розвитком технологій, в останні роки судновласники з метою економії витрат зменшують кількість членів судових екіпажів, що не дозволяє

своєчасно в повному обсязі проводити технічне діагностування суднового бортового електронного обладнання. З урахуванням цього, для запобігання відмов та поломок суднового обладнання та механізмів, актуальним є завдання створювати умови для максимально повного автоматичного діагностування суднового бортового обладнання, зокрема основних судових систем: засобів бортових СНУР ВТЗ та комплексу управління суднової головної силової установки. Для вирішення завдання слід забезпечити необхідний рівень надійності суднового бортового електронного обладнання. Без вирішення цієї проблеми здійснення сталого надійного автоматизованого контролю за діяльністю суднового електронного обладнання, впершу чергу бортових СНУР є неможливим [114]. Це може бути здійснено шляхом використання підходів статистичного діагностування.

Відповідно до аналізу науково-технічної досліджень і публікацій [6, 8, 13, 79, 114], на цей час існує прийнятий підхід щодо оцінки показників надійності технічних засобів як функції часового напрацювання між певними відрізками часу. Враховується також рекомендації, викладеної в інструкції виробника щодо часу роботи до відмови технічного засобу. Відповідними Державними стандартами України та технічними інструкціями виробників визначені методи статистичного оцінювання показників планів-графіків напрацювань обладнання. Але іноді, в основному в умовах несприятливих погодних умов, обслуговування не відповідають плану, визначеному стандартами [34, 71, 114]. У публікаціях [6, 13, 34, 71, 78] наведені підходи до проведення статистичного контролю надійності обладнання.

В той же час, конкретно обґрунтованих рекомендацій щодо вибору та обчислення статистичних величин для підвищення надійності суднового обладнання, до цього часу не наведено. Для вирішення цієї задачі необхідно розробити метод статистичного діагностування надійності суднового обладнання з урахуванням імовірнісної моделі потоку відмов за критеріями правдоподібності Неймана-Пірсона, які враховують нестабільності умов спостережень для розподілу Пуассона, з урахуванням моделі потоку відмов суднового обладнання, методу статистичного контролю визначення рівня надійності обладнання спирається на статистичні гіпотези  $H_0$  та  $H_1$ , які можуть класифікуватися наступним чином:

статистична гіпотеза  $H_0$ , за якою при певній фактичній кількості відмов  $n_\phi$  суднового обладнання за певний період експлуатації параметр  $n_{H_0}$  закону розподілу величини кількості відмов  $n$  дорівнює статистичній оцінці певної заданої кількості відмов  $\hat{n}_3 > 0$  для певного періоду;

статистична гіпотеза  $H_1$ , за якою при даному значенні фактичній кількості відмов  $n_\phi$  суднового обладнання за певний період експлуатації параметр  $n_{H_1}$  закону розподілу величини кількості відмов  $n$  перевищує  $\hat{n}_3$  ( $n_{H_1} > \hat{n}_3$ ) [1, 4, 5, 6, 9].

При цьому  $n_{(H_1)_i}$  означає значення параметру закону розподілу величини кількості відмов  $n$  для певного періоду згідно з гіпотезою  $H_1$ .

Величина  $\hat{n}_{z_i}$  є функцією статистичної оцінки очікуваного значення параметра потоку відмов  $\hat{z}_{z_i}$  технічних засобів. Для її визначення використовуються значення  $\hat{z}_{z_i}$ , отримані за результатами прогнозування, у разі нестационарного часового ряду значень статистичної оцінки фактичного значення параметра потоку відмов  $\hat{z}_\delta$ .

З метою перевірки гіпотез необхідно використовувати статистичні дані та визначити критичну область значень статистики, які визначається величинами  $\alpha$  і  $\beta$ .

Статистичні дані щодо причин загибелі суден світового торговельного флоту у 2010-2015 р.р [5, 36, 88] наведені в таблиці 4.3.

Значення  $\alpha$  і  $\beta$ , що визначають рівень впливу та функцію потужності критерію, можуть визначатися довільно. Але максимальна вірогідність прийняття або відхилення кожної з гіпотез відповідає мінімальним значенням  $\alpha$  і  $\beta$ .

Оскільки значення  $\alpha$  і  $\beta$  залежить від отриманих статистичних даних  $n_\phi$ , параметру  $n_{H_1}$  та умов спостережень  $\hat{n}_{z_i}$ , мінімальні значення  $\alpha$  і  $\beta$  будуть визначатися областю можливих значень для заданих умовах спостережень та отриманих і опрацьованих статистичних даних випадків відмов суднового навігаційного та іншого обладнання, наслідком яких стали вищезгадані аварійні

події. В цьому випадку задача зводиться до пошуку екстремумів статистики критерію Неймана-Пірсона для даних умов спостережень [6, 8, 27, 114].

Таблиця 4.3 – Причини загибелі суден світового торговельного флоту у 2010-2015 р.р

Причина загибелі	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Усього
Втрата плавучості	64	45	55	70	50	63	347
Посадка на мілину	23	28	26	21	18	12	128
Пожежі та вибухи	11	8	13	15	6	3	56
Відмова машинного обладнання	4	6	15	2	5	2	34
Зіткнення	10	3	5	2	2	3	25
Пошкодження корпусу	4	3	6	1	4	2	20
Відмови навігаційного обладнання та інші	6	1	1	1	2	0	11
Навали	0	0	2	0	1	0	3
Напад піратів	2	1	0	0	0	0	3
Втрата без вісті	1	0	0	0	0	0	1
Усього	125	95	123	112	88	85	628

Використання значень  $A$  і  $B$  (максимальні значення критерію, який визначається параметром  $n_{H_1}$ ) надає можливість вирішити систему нерівностей відносно критичної області значень статистики параметру Неймана-Пірсона  $\alpha, \beta$ :

$$\begin{cases} A \geq \frac{1-\beta}{\alpha} \\ B \leq \frac{\beta}{1-\alpha} \end{cases} \quad (4.18)$$

Графічне відображення системи нерівностей (4.18) представлено при  $A_1$  та  $B_1$  (рис. 4.12) та при  $A_1 < A_2$  та  $B_1 > B_2$  (рис. 4.13).

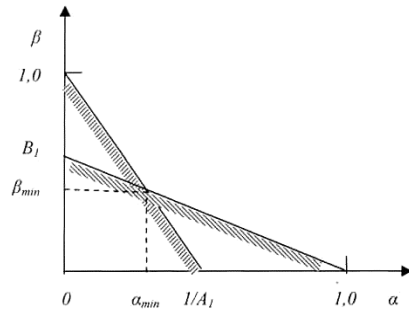


Рисунок 4.12 – Графічне відображення результатів вирішення системи нерівностей (4.18) при  $A_1$  та  $B_1$

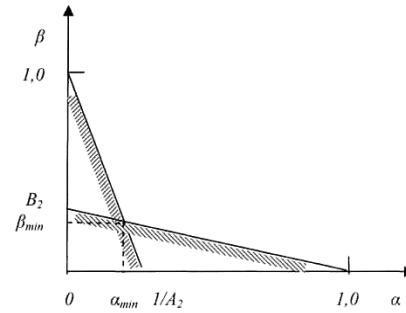


Рисунок 4.13 – Графічне відображення результатів вирішення системи нерівностей (4.18) при  $A_1 < A_2$  та  $B_1 > B_2$

Результати вирішення системи нерівностей (4.18) можна визначити у графічному вигляді (рис. 4.14, 4.15). З графіків видно, що кожній парі значень  $A, B$  відповідають значення  $\alpha_{min}$  і  $\beta_{min}$ . При  $A=const$  і  $B \downarrow \rightarrow \alpha_{min} \uparrow$ , але  $\beta_{min} \downarrow$ . Напроти, у разі  $B=const$  і  $A \uparrow \rightarrow \alpha_{min} \downarrow$ , але  $\beta_{min} \uparrow$ .

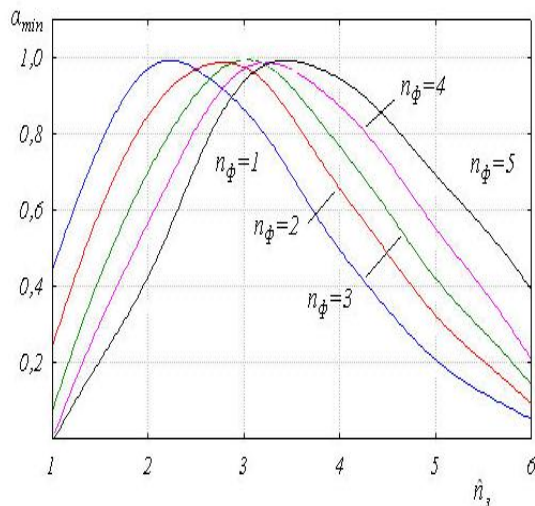


Рисунок 4.14 – Залежність величини  $\alpha_{min}$  від спостережень  $\hat{n}_3$  при різній кількості відмов  $n_\phi$  за визначений період

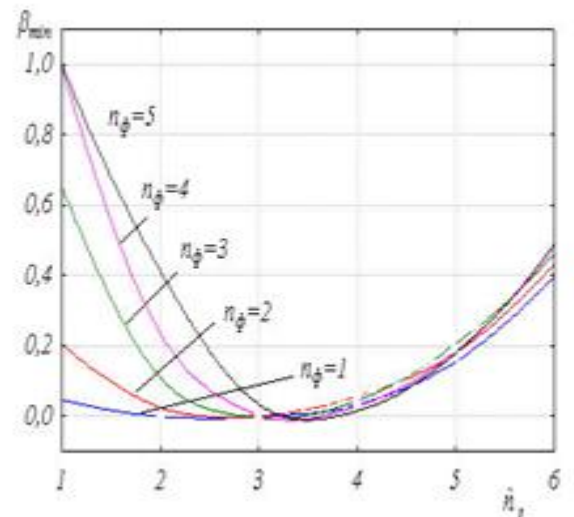


Рисунок 4.15 – Залежність величини  $\beta_{min}$  від спостережень  $\hat{n}_3$  при різній кількості відмов  $n_\phi$  за визначений період



З урахуванням інформації, наданої вище, наводиться приклад вирішення завдання статистичного діагностування рівня надійності обладнання [114] За

наступними вихідними даними:  $\hat{z}_{\xi_{(i+1)j}}$ ,  $\hat{z}_{\delta_{(i+1)j}}$ ,  $n_{\phi_{(i+1)j}}$ ,

(де  $\hat{z}_{\xi_{(i+1)j}}$ , – задане значення статистичної оцінки параметру потоку відмов обладнання для певного періоду експлуатації (год.<sup>-1</sup>), яке визначається за статистичними даними попередніх періодів експлуатації із застосуванням удосконаленої методики статистичного оцінювання та прогнозування параметра потоку відмов з урахуванням інтенсивності експлуатації;

$\hat{z}_{\delta_{(i+1)j}}$ , – статистична оцінка фактичного значення параметру потоку відмов обладнання для певного періоду експлуатації (год.<sup>-1</sup>), яке визначається із застосуванням удосконаленої методики статистичного оцінювання та прогнозування параметра потоку відмов з урахуванням інтенсивності експлуатації;

$n_{\phi_{(i+1)j}}$  – фактична кількість відмов обладнання, виявлених на протязі певного періоду експлуатації при сумарному наробітку виробів  $t_{\Sigma_{(i+1)j}}$ );

перевіряється виконання умови  $\hat{z}_{\xi_{(i+1)j}} \geq \hat{z}_{\delta_{(i+1)j}}$ . У разі, якщо ця умова не виконується, можливе зниження фактичного рівня надійності нижче заданого рівня. При цьому необхідно визначити задане значення кількості відмов обладнання ( $j$ -го типу) для певного ( $(i+1)$ -го) часу експлуатації  $\hat{n}_{\xi_{(i+1)j}}$ , а також перевірили умову розподілу величини  $\hat{n}_{\xi_{ij}}$  за зрізаним нормальним законом. Виконання умови  $n_{H_1} > \hat{n}_{\xi_{(i+1)j}}$  свідчить про можливе зниження фактичного рівня надійності нижче заданого рівня.

У разі, якщо умова  $n_{H_1} > \hat{n}_{\xi_{(i+1)j}}$  виконується, здійснюється перевірка можливості прийняття гіпотези  $H_1$  або  $H_0$  в одному з нижче наданих варіантів.

Таблиця 4.4 – Чисельне значення параметру  $n_{H_1}$  для порівняння з  $\hat{n}_\zeta$  при перевірці гіпотез  $H_0$  та  $H_1$  при різних значеннях  $n_\phi$

$n_\phi = 1$		$n_\phi = 2$		$n_\phi = 3$		$n_\phi = 4$		$n_\phi = 5$	
$\hat{n}_\zeta$	$n_{H_1}$	$\hat{n}_\zeta$	$n_{H_1}$	$\hat{n}_\zeta$	$n_{H_1}$	$\hat{n}_\zeta$	$n_{H_1}$	$\hat{n}_\zeta$	$n_{H_1}$
1	1	1	3	1	2	1	2	1	3
2	2	2	2	2	3	2	3	2	3
3	2	3	2	3	4	3	4	3	4
4	3	4	3	4	3	4	4	4	4
5	3	5	3	5	3	5	3	5	3
6	2	6	2	6	2	6	3	6	3

Ситуація  $\alpha_{min} < \beta_{min}$  говорить про вірність гіпотези  $H_0$ . При певному значенні  $n_\phi$  за визначений час експлуатації спостерегаємий рівень надійності (параметр  $n_{H_1}$ ) є рівним заданому. При цьому виконується умова  $n_{H_1} = \hat{n}_{z_{(i+1)j}}$ . Застосування гіпотези  $H_0$  надає можливість в подальшому здійснювати експлуатацію перевіреного суднового обладнання.

Для перевірки можливості застосування гіпотези  $H_1$  необхідно здійснити порівняння мінімальних значень вірогідності помилок першого роду ( $\alpha_{min}$ ) та другого роду ( $\beta_{min}$ ) (рис. 4.12, 4.14).

Нерівність  $\alpha_{min} > \beta_{min}$  говорить про вірність гіпотези  $H_1$ . При цьому значення  $\alpha_{min}$  та  $\beta_{min}$  можуть стрімитися до граничних величин:  $\alpha_{min} \rightarrow 1,000$ ,  $\beta_{min} \rightarrow 0,000$ , що свідчить про високу вірогідність прийняття гіпотези  $H_1$ .

Якщо отримано певне значення  $n_\phi$  за визначений період експлуатації, і реальний рівень надійності за параметром  $n_{H_1}$  є нижче заданого, це відповідає умові  $n_{H_1} > \hat{n}_{z_{(i+1)j}}$ . При цьому слід провести аналіз вірогідних причин зниження ступеню

надійності суднового навігаційного обладнання, за результатами якого вжити заходи з підтримання необхідного рівня надійності обладнання (проведення планових робіт з технічного обслуговування відповідно до нормативів, проведення цільових перевірок, здійснення модернізації окремого обладнання або комплексу в цілому).

З урахуванням особливостей призначення певного типу суднового навігаційного обладнання та бортових систем, а також розвитку технологій на морському і річковому транспорті і можливого зменшення чисельності членів екіпажів суден у майбутньому, процедура діагностування надійності суднового обладнання має додатково вивчатися та постійно удосконалюватися у подальшому.

#### **4.5 Паралельна самоорганізація складних динамічних систем з покроковою координацією взаємодії їх складових в просторово-часовому континуумі**

Кожний новий етап еволюційного розвитку СНУР різноманітних рухомих ВТЗ обумовлює у відкритій СДС прояв нових реальних властивостей. Ці властивості протягом останніх десятиріч з'явилися унаслідок композиції прискорення динаміки руху ВТЗ із підвищення різноманіття динаміки впливу зовнішнього та внутрішнього середовища, яке обумовлює дискретно-імпульсні взаємодії збурення - реакції виконавчих силових органів новітніх ВТЗ [273, 299]. Згідно досвіду експлуатації, така взаємодія реальних об'єктів, у межах СДС дозволяє використовувати гібридні-гетерогенні моделі (ГГМ) для відображення подій та траєкторій у фазовому просторі СДС. Моделювання з використанням ГГМ дозволяє отримати такі результати: безперервні часткові траєкторії зі швидкістю руху ВТЗ у природному просторі; послідовності стрибкоподібних імпульсних (майже миттєвих) змін станів; закономірності сило-моментного впливу факторів зовнішнього середовища та внутрішнього автоматичного реагування з малим запізненням на реалізацію адекватного управління рухом ВТЗ [271, 299].

Таким чином протягом природного часового інтервалу часу руху ВТЗ виникає послідовний причинно-наслідковий ряд підінтервалів. Перший клас підінтервалів відображає власну (повільну) динаміку руху ВТЗ у середовищі СДС, яка залежить від швидкості руху та орієнтації ВТЗ. Другий клас підінтервалів відображає значно більш швидкі перехідні процеси із майже миттєвими змінами параметрів стану на межі контактної (пограничної) зони ВТЗ з факторами зовнішнього середовища, які стрибкоподібно змінились у даному локальному просторі-часі життєдіяльності СДС за вимогами та потребами різноманітних ергатичних вирішувальних операцій.

Реальне суттєве ускладнення сучасних СНУР ВТЗ у єдиній відкритій СДС, де траєкторії об'єктів розривні, залежать від багатьох факторів, що визначені нелінійною динамікою імпульсних впливів. Це значно ускладнює задачі забезпечення безпеки руху завдяки визначенню високоточних навігаційних координат конкретних ВТЗ [280]. Не зважаючи на значні зусилля закордонних та вітчизняних вчених існуючі протиріччя між описами сигналів, динаміки об'єктів, функціонування засобів ГАУ та якістю розв'язків задач оптимізованих СНУР поки ще не розв'язані.

ВТЗ під час руху змінює параметри стану  $X_s(t) \in E^n$  на обмеженому інтервалі часу  $[0, T]$  згідно рівнянь нелінійної динаміки [183, 217]

$$X'_s(t) = F_s(X_s(t), t), \quad \forall s = \overline{1, k}. \quad (4.19)$$

Для них визначені початкові умови  $t_0$ ,  $X(0) = x_0 \in R^n$ , а також інтервальні проміжні умови

$$X(\tau_i) = X(\tau_{i-}) + \Psi(X(\tau_{i-}), \tau_i, W_i), \quad (4.20)$$

що задані для часового ряду моментів суттєвих подій

$$\{\tau_i, i = \overline{1, N} < \infty\}, \quad (4.21)$$

які упорядковані згідно:

$$0 \leq \tau_1 < \tau_2 < \dots < \tau_i < \dots < \tau_N \leq T. \quad (4.22)$$

В момент часу  $\tau_i$  фіксуємо попередній стан СДС до стрибкоподібної зміни  $X(\tau_{i-}) = \lim_{t \rightarrow \tau_i^-} X(t)$ , а також параметр  $W_i \in W \subset R^m$ , що визначає відповідний майже імпульсний вплив збурення. Визначена ГГМ фіксує два класи динаміки зміни станів СДС. Перші зміни на напівінтервалах  $[0, \tau_1), \dots, [\tau_{i-1}, \tau_i), [\tau_i, \tau_{i+1}), \dots, [\tau_N, T)$  відбуваються траєкторії руху ВТЗ в зазначених початкових умовах. Другі – дуже швидкі події у вигляді стрибкоподібних збурень в моменти, коли у задану мить відбуваються зміни інтенсивності імпульсного збурення. Вони обумовлюють адекватну керовану зміну траєкторії його руху з урахуванням ББК ВТЗ відповідно до законів ГАУ [299].

Вищеподана ГГМ у вигляді (4.21), (4.22) дозволяє сформулювати задачу оптимального управління ВТЗ.

При цьому задача 1 – знайти визначення моментів  $\tau_i$  та кількісні параметри відповідних їм значень  $W_i$  імпульсних збурень, повна сукупність  $N$ , яких на інтервалі  $[0, T]$  або мінімізує або максимізує заданий критерій ефективності функціонування СНУР ВТЗ з ГАУ у середовищі СДС.

Якщо кількість стрибків-імпульсів обмежено та фіксовано, тоді задачу 1 можливо перетворити у задачі 2 – математичного програмування. Еквівалентна задача 2 має розв'язок в класі чисто імпульсних управлінь.

Практика експлуатаційних умов руху ВТЗ у ЗПРП після ретельного ретроспективного аналізу причин аварійних та катастрофічних випадків визначає реальні особливості СДС.

Найбільш суттєві особливості передаварійних та аварійних ланцюгів причинно-наслідкових подій (4.22) полягають у наступному.

Л1. Заздалегідь невідома кількість імпульсних збурень, їх амплітуди та їх просторово-часова локалізація у ЗПРП.

Л2. Обмежена точність поточного вимірювання параметрів  $X_s(t)$ , особливо в умовах підвищених шумових обставин та розривних траєкторій.

Л3. Некоректність та неповноту опису задачі у вигляді рівнянь (4.20) – (4.22) обумовлює реальний збіг зовнішніх та внутрішніх обставин стосовно динамічних різнотемпових та гетерогенних процесів у ЗПРП.

За вказаними умовами Л1 – Л3 вище означені властивості ЗПРП призводять до висновку, що в класі математичних розв'язків задачі 1 та 2 відсутні оптимальні управління рухом ВТЗ.

Для поліергатичних вирішувальних систем (ПЕВС) запропоновано використовувати наступні умови опису ситуації [273].

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 ЗПРП.
3. Дані відсутні, неможливо зазначити міру, вагу, коефіцієнт щодо ступеня значимості для здійснення процедури прийняття рішення ІАС.

Природний та штучний інтелект відповідного ІАС виконує розв'язки практичних задач в умовах визначеності, різноманітних значень ризику, а також коли є певна невизначеність. Саме у останніх ситуаціях застосовується принцип «зовнішнього доповнення», який реалізують поліергатичні ієрархічні системи організації для подолання «прокляття багатомірності».

У всіх випадках невизначеності, ризику, підвищеної складності управління доцільно використовувати методи теорії ігор [199, 217] з урахуванням стратегічної поведінки, конкуренції (антагонізму, кооперації), зміни інтегрованого стану та подій між учасниками динамічної взаємодії ПЕВС.

Фактори впливу ЗНОС на ВТЗ діють неперервно та впливають у вигляді невизначеностей реальних процесів в СДС, до складу якої належить три учасника гри у вигляді реальних ВТЗ. Неконтролюємий рух будь-якого з них внаслідок

неперервного взаємного впливу потенційно за певних умов може привести до аварійних подій. Гарантований рівень безаварійності у штатних робочих ситуаціях можливо оцінювати методами теорії ігор шляхом математичного моделювання змін взаємодії між усіма гравцями. В акваторіях ЗПРП здійснення транспортних перевезень пов'язане з подоланням впливів протидії гравців: внутрішнього (гравець 1 у межах корпусу ВТЗ) та зовнішнього (гравець 2, що знаходиться за межами ВТЗ). Інший ВТЗ, що здійснює рейс з акваторії судноводіння, запропоновано визначити як гравець 3, якому також необхідна безпека руху протягом усього рейсу. Неперервний взаємний вплив гравця 1 (шляхом оптимального витрачання ресурсів та усунення дефектів) та гравця 2 (шляхом звуження зони БОН) приводить до змін у стані гравця 3 у ПЧК в ЗПРП [263].

Реалізації руху ВТЗ, під час якого можливий звуження БОН фактично наближає гравця 3 до критичних змін його безпечного стану. Таким чином небажаний потенційний аварійно-небезпечний стан з можливим кризовим припиненням транспортної роботи ВТЗ буде у разі порушення взаємодії між гравцями та втрати альтернатив на реалізацію безпечного судноводіння.

Планування та управління рухом потоків ВТЗ відноситься до складних інформаційно-обчислювальних задач функціонування у СДС, які впливають на вирішення практичних задач рейсу, а також на варіанти застосування засобів моделювання. Робочі моделі повинні відображати головні властивості динаміки, кінематики та статички стану СДС, в якій об'єкти дослідження запропоновано розглядати як диференціально-ігрову систему (рис.4.16).

Параметри диференціальної гри у векторному вигляді визначаються таким чином:

$$\frac{d\bar{x}}{dt} = f(\bar{X}, \bar{U}, \bar{V}), \quad (4.23)$$

де  $\bar{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$  – вектор точки  $n$ -мірного Євклідового простору  $R_n$  в області  $X \subset R_n$ ;

$\bar{U} = [u_1, u_2, \dots, u_l]^T, \bar{V} = [v_1, v_2, \dots, v_m]^T$  – вектори управління гравців в областях  $R_1,$

$R_m$ ;

$f = (f_1, f_2, \dots, f_n)$  – функція, визначена на множині  $X \cdot E_u \cdot E_v$ .

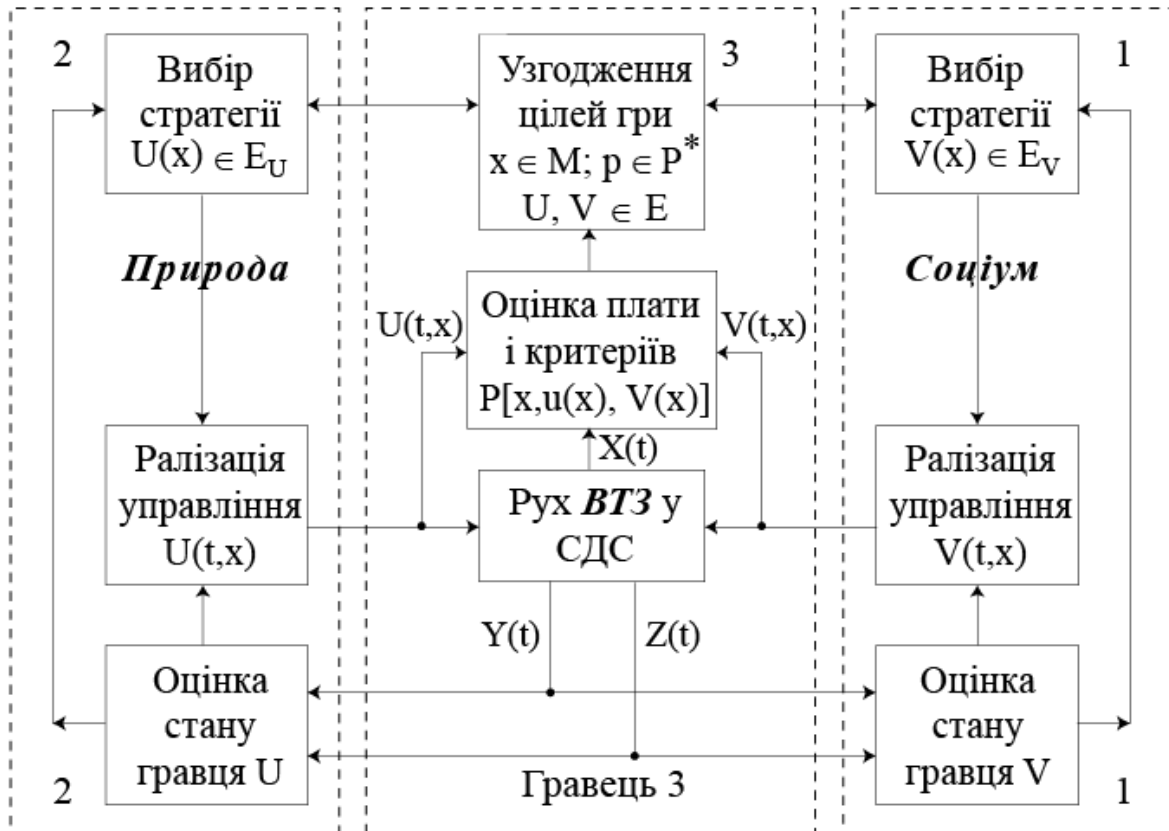


Рисунок 4.16 – Запропонована модель системи гри з трьох гравців в умовах невизначеностей реальних процесів в СДС

Гравці в залежності від часу  $t$  та стану процесів СДС  $X$  обирають та реалізують елементи законів управління  $U(t,x)$  та  $V(t,x)$  з урахуванням фактичних ситуативних особливостей та визначеним умовам оптимальності (плати відповідно критеріїв), зокрема

$$P[x_0, u(x), v(x)] = H[x(t_k)] + \int_{t_0}^{t_k} G(x, u, v) dt, \quad (4.24)$$

де  $H[x(t_k)]$  – термінальна функція фінального стану певного ВТЗ ;



$\int_{t_0}^{t_k} G(x, u, v) dt$  - інтегральна складова відповідно руху ВТЗ по запланованим

маршрутом в межах БОН починаючи з моменту  $t_0$  до завершення гри  $t_k$ .

Цілі гравців при оцінюванні плати під час вибору стратегій [263] визначаються за принципом мінімаксу

$$\begin{aligned} & \min_{u(x) \in E_u} \max_{V(x) \in E_v} P[x_0, u(x), v(x)] = \\ & \max_{V(x) \in E_v} \min_{u(x) \in E_u} P[x_0, u(x), v(x)], \end{aligned} \quad (4.25)$$

де  $x_0$  – координати стратегії для кроків корегування параметрів руху ВТЗ з урахуванням дій гравців 1 та 2.

При цьому здійснювати пошук методів підвищення безпеки руху ВТЗ пропонується шляхом розв'язання комплексної 7-рівневої композиції часткових задач ПЕВС, які взаємоузгоджені з функціонуванням цілісної ієрархічної СНУР ВТЗ визначеного класу (космічні, повітряні, водні, наземні, спеціальні, робототехнічні).

Запропонована методологія включає наступні кроки.

К1. Опис інтегрованої гри та необхідних ГГМ визначає склад організації  $i$ -го рівня (наприклад,  $\forall i = \overline{1,7}$ ) та кількість учасників на цьому рівні. Для розв'язку  $d_{ij}$  задач практики функціонування у соціумі СНУР ВТЗ для кожного  $i$ -го рівня ієрархії ПЕВС визначаємо лише найбільш важливих гравців, включаючи природу Всесвіту, оточуючий соціум, топологію простору, ЗПРП та рухомі об'єкти [299].

К2. Фіксування тривалості гри  $\Theta$ , інтервалу дискретизації просторових локальних зон  $h_x$  та  $h_r$  на протязі  $T < \Theta$ . Задана дискретизація чітко фіксує внутрішні та зовнішні контактні умови, які на обмежених інтервалах можливо 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.

КЗ. Визначення процедур ЦВЕ, завдяки якому кожний гравець згідно власних заходів та критеріїв робить оцінювання поточної ситуації у вигляді означення конкретної плати (виграшу чи програшу) у відповідній шкалі та обраних одиницях виміру з означеною похибкою процесу вимірювання [273].

На кожному ієрархічному рівні організації СНУР ВТЗ гравці під конкурентну задачу визначають параметри показників якості, коштовності, цінності, фінансової 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 процесного руху для досягнення цільових, термінальних умов при зміні часу протягом  $t_0 < t < T \leq \Theta$  функціонування ПЕВС.

Визначимо 7 рівнів паралельних ігор тривалістю  $\Theta$ , для яких справедливі означені умови стаціонаризації та в цілому оцінки ЦВЕ у вигляді наближення рівня безаварійності  $\lim_{t \rightarrow 0} P_A(t) \rightarrow 0, (1 - P_A(t)) = P(t) \rightarrow 1$  до майже стовідсоткового значення.

1<sup>й</sup> ранг СНУР ВТЗ умовно визначає самоорганізуюча система, яка має певні види ресурсів, владу та може знати та володіти змінами ситуацій у напрямку визначеної мети – підвищення рівня безаварійності шляхом зменшення у ПЕВС аварій при русі ВТЗ. Зміни обумовлюють цільовий розподіл функцій між ІАС.

2<sup>й</sup> ранг СНУР ВТЗ формують самоудосконалюючі організації, для яких гравці самоорганізації задали правила гри та ЦВЕ. Підвищення якості функціонування на 2<sup>му</sup> ранзі можливе лише за рахунок зміни на протязі поточного часу  $t$  власних операцій або технологічних процесів, які повинні бути більш ефективними. Тобто вдосконалення шляхом самонавчання вимагає у межах заданих умов знаходження новітніх, інноваційних технологій життєдіяльності, які більш ресурсо-енергоєфективні за критеріями коефіцієнта корисної дії внаслідок технологічної автоматизації, інтелектуальної інформатизації електронно-комп'ютерної техніки.

3<sup>й</sup> ранг СНУР ВТЗ побудовано завдяки засобам самосинхронізації у єдиному часовому просторі динамічних подій, що змінюються в наслідок взаємозалежності природно-соціальних процесів на всіх рівнях існування об'єктів Всесвіту. Протиріччя існують між вимогами до точності своєчасних вимірів та реальними

похибками та нев'язками діючих приладів, механізмів та машин. Не синхронність запланованих подій та актів впливу призводить до порушення фазових траєкторій та зростання загроз і шумів у ЗПРП.

4<sup>й</sup> ранг СНУР ВТЗ організований ПЕВС шляхом розв'язку задач самообслуговування заданих обсягів перевезення пасажирів і вантажів за означеними маршрутами та згідно графіків руху. Будь-які порушення, випадкові додаткові збурення обумовлюють певне невиконання замовлень, появу запізнь, зростання витрат на реалізацію планових робіт з залученням зовнішньої допомоги.

5<sup>й</sup> ранг СНУР ВТЗ визначають спеціалізовані ПЕВС, що гарантують рухомим ВТЗ властивість самостабільності за рахунок надлишкової дії інтегрованої, комплексної, цілеспрямованої структури SVITA ( лат.: servo – рятую; vita – життя) обслуговування транспортних засобів у ЗПРП. Безпека життя вимагає здійснювати безперервне спостереження ЗПРП, аналіз впливу факторів природного середовища, діагностику та контроль внутрішнього технічного стану, ідентифікацію загрозливих явищ та об'єктів, прийняття упереджених рішень щодо прогнозних майбутніх подій забезпечення безаварійності у ЗПРП. Різноманітна, гетерогенна надлишковість мережного зв'язку між локальними вузлами резервної допомоги та співвиконавцями сприяє самокоординації емерджентних зусиль та ліквідує у ЗПРП подальше розповсюдження впливу дестабілізуючих факторів у вигляді відмов, збоїв, втрати конструктивної функції. Підвищення щільності покриття центрів екстремальної допомоги у надзвичайних ситуаціях роботи СНУР ВТЗ збільшує ефективність диспетчеризації для функціональної стійкості [280, 299] ТІУС. Одночасно за рахунок якості ЦВЕ за кроками спостережень можливе зменшення самої ЗПРП, де потрібна відповідна концентрація ресурсів та резервів у наслідок підвищення інтенсивності руху ВТЗ у межах ЗПРП.

6<sup>й</sup> ранг СНУР ВТЗ забезпечують різноманітні форми каналізації зв'язку для підвищення ефективності служби обміну повідомленнями у межах діалогу двох IAS для забезпечення майже 100% безпеки руху у поточних умовах, включаючи вимоги до безпеки електронного зв'язку з ускладненням електромагнітних збурень

ергатичних вирішувальних операцій. Циркуляція інформаційних потоків оптимізується за багатьма критеріями взаємодії між ПЕВС та засобами СНУР ВТЗ.

Особливості електромагнітної передачі сигналів для задач навігації, орієнтації, спостереження, зв'язку, управління ВТЗ забезпечують гетерогенність радіотехнічних засобів, вимоги до ефективності експлуатації яких значно підвищуються за реалізацією [217] принципів самооптимізації при змінах впливів факторів оточуючого радіоканал середовища. За останні роки відбувається прискорений розвиток радіозв'язку для рухомих об'єктів транспортної галузі.

7<sup>й</sup> ранг СНУР ВТЗ відчуває впливи функціонування кожного з вище означених 6<sup>ти</sup> рангів єдиної СДС. Ці ієрархічні рівні ПЕВС реалізують такі процеси (самоорганізації ПЕВО, самовдосконалення технологічно єдиної транспортної організації, самосинхронізації ТПУС, самообслуговування SVITA, самостабілізації ЦВЕ, самооптимізації СНУР) розв'язку специфічних задач забезпечення масового інтенсивного потоку на транспортно-дорожньому комплексі у межах держави. Вони впливають в цілому на єдину державну політику в сфері навігації та управління рухом взагалі кожним видом транспортних засобів. Тому вимірювання ЦВЕ та взаємозв'язки між ними суттєво впливають на статистичні показники транспортних пригод, кількість аварій, втрати життя, втрати ресурсів, обсяги парировання негативних наслідків. Значні розміри щорічних аварій в наслідок масовості використання ВТЗ дозволяють на цих рівнях розглядати матричні ігри.

Безпосередній неперервний рух ВТЗ в оточуючому природному та соціо-технологічному просторі має інтегральне значення для конкретного екіпажу ВТЗ. Аналогові режими руху ВТЗ відповідно до сило-моментних впливів збоку оточуючого середовища описуються системою нелінійних інтегро-диференціальних рівнянь, де параметри можуть змінюватись у залежності від часу, просторового місцеположення та зовнішніх й внутрішніх збурень. В цих умовах на 7<sup>му</sup> рівні фізичної динаміки рух ВТЗ слід моделювати за принципами диференціальної гри двох гравців [144, 204]. Перший гравець визначає спільну інтегровану дію багатьох природних, соціальних та поліергатичних систем, що протидіють стратегіям другого гравця. Навпаки судноводій ВТЗ є тою особою, що приймає рішення, а також їх впроваджує у даний час, у

визначеному місці та при будь-яких діях першого коаліційного гравця. З точки зору IAS, що цілеспрямовує рух ВТЗ, він працює (за принципами самореалізації, самоконцентрації, самовідповідальності) у нормальних, передаварійних та аварійних ситуаціях виконання транспортної роботи у стислих умовах. Тому всі стратегії водія ВТЗ відносяться до класу запобігання: тривалості часу знаходження у ЗПП; мінімальних відстаней до небезпечних об'єктів; нестійких аварійних та передаварійних тенденцій; максимальних збурень з катастрофічними наслідками; контактних зіткнень [273], особливо на зустрічних курсах; непрацездатного стану ПЕВС, засобів ЦВЕ та ГАУ ВТЗ.

Гармонізація відношень між усіма рангами ієрархічної організації взаємодії полієргатичних СНУР ВТЗ відбувається покрокове за рахунок підвищення ефективності циркуляції інформації. Кожний вищий ранг ієрархії СНУР ВТЗ функціонально є управляючим модулем з підлеглим йому більш нижнім рангом полієргатичної організації. При цьому вищий ранг реалізує функції цілеспрямованого управління нижніми, а нижній – робочі процеси згідно отриманих законів багато критеріального управління технологічними роботами. Ось чому на рух ВТЗ в інтегрованому прямому та опосередкованому вигляді впливають всі ранги соціо-технологічних організацій ПЕВС та безперервно змінні фактори оточуючого природного середовища на ВШ.

### **Висновки по четвертому розділу**

1. Проаналізовано ефективність забезпечення технології підтримання прийняття рішень та запропонована інтегрована схема інформаційного обміну в межах складної динамічної системи, побудованої на принципі стратегії “e-Navigation”.

2. Доведено якість принципів полієргатичного забезпечення інтегрованих показників ефективності гетерогенних систем навігації та управління рухом ВТЗ.

3. Запропоновано технологію раціонального розподілу функцій в ієрархічних системах навігації та управління для підвищення безпеки судноплавства.

4. Сформовано методологічні основи ситуаційного синтезу взаємодії поліергатичних систем для підвищення рівня безпеки судноплавства в умовах ризиків.

5. Запропоновано використання паралельної самоорганізації паралельних засоби, що формують процеси самонавчання і самоорганізації в складних динамічних системах з покроковою координацією у просторово-часовому континуумі.

Матеріали розділу 4 висвітлені у працях автора [114, 263, 269, 270, 271, 273, 274, 279, 280, 286, 287, 289, 291, 292, 294, 299] .

## РОЗДІЛ 5

### ФОРМАЛІЗАЦІЯ УМОВ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ ПОЛІЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМ З МЕТОЮ УТРИМАННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ВОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ВНУТРІШНІХ ВОДНИХ ШЛЯХАХ

#### **5.1 Метод забезпечення заданого рівня безпеки в поліергатичних системах навігації та управління рухом водних транспортних засобів на внутрішніх водних шляхах в умовах реального часу**

Ефективним механізмом експлуатації ВТЗ в ЗПРП (внутрішні водні шляхи (ВВШ)) є особливо обмеженими зонами в габаритах та можливістю маневрування) у сучасних умовах інтелектуалізації систем прийняття рішень є використання інструментального методу навігації (ІМН), який включає гармонізовані заходи зі збору, інтеграції, обміну, подання та аналізу інформації на ВТЗ і в берегових службах за допомогою інформаційних технологій [115, 121]. При ІМН відбувається комбінування інформації з численних джерел із знаходженням більш точних і достовірних даних про ситуацію, ніж результати, які отримані від цих джерел окремо. Інтелектуальна обробка потоків навігаційних даних використовується для вирішення в першу чергу слабоструктурованих системи забезпечення ІМН. Тобто проблем, склад елементів і взаємозв'язків яких встановлений тільки частково і виникають вони, як правило, в ситуаціях, що характеризуються наявністю фактора невизначеності.

Проблемні ситуації під час руху ВТЗ на ВВШ України потребують усунення протиріччя та конфліктів, що притаманні традиційним технологіям використання даних ECDIS та впровадження новітніх методів для підвищення рівня безпеки судноплавства. Для досягнення поставленої мети необхідно послідовно вирішити

цілий ряд завдань, пов'язаних з впровадженням розподіленої інформаційно-телекомунікаційної системи.

Припустимо, що маємо початкову вибірку завдання обробки потоків навігаційних даних в умовах діючого лоцманського методу навігації:

$$A = \{a_k\}, Z = \{z_{kn}\}, P_{\text{л}} = \{p_k(a_k, z_{kn})\}, P^{(\text{л})} = f(A, Z), \quad (5.1)$$

де  $A = \{a_k\}$  – множина елементів системи;

$Z = \{z_{kn}\}$  – стан елементів системи;

$P_{\text{л}}$  – потік навігаційних даних в умовах діючого лоцманського методу навігації;

$P^{(\text{л})}$  – оброблений потік навігаційних даних в умовах діючого лоцманського методу навігації.

Вирішення завдання полягає у визначенні комплексних проблем системного об'єкта і процесів, що відрізняються від простої суми властивостей елементів з однотипними багаторівневими зв'язками. Початкова вибірка для завдання обробки потоків навігаційних даних в умовах ІМН має вигляд:

$$\begin{aligned} A &= \{a_i\}, Z = \{z_{ij}\}, Q = \{q_{ij}\}, D = \{A, Q\}, \\ Z(t_1) &\rightarrow Z(t_2) \rightarrow Z(t_3) \rightarrow \dots, Z(t) = Fc [X(t)], \\ P_{\text{ІМН}} &= \{p_k(a_k, z_{kn}, k_k)\}, P^{(\text{ІМН})} = f(A, Z, K), \end{aligned} \quad (5.2)$$

де  $k \neq i, j \neq m$ ;  $Q = \{q_{ij}\}$  – множина зв'язків між елементами системи;

$D = \{A, Q\}$  – сукупність елементів системи і зв'язків між ними;

$P_{\text{ІМН}}$  – потік навігаційних даних в умовах сучасного ІМН;

$P^{(\text{ІМН})}$  – оброблений потік навігаційних даних в умовах сучасного ІМН;

$K, k$  – критерії оптимальності.

Необхідно вирішити задачу обробки потоку навігаційних даних та функціонування системи у безперервному режимі



$$f(x_{0-0}) = f(x_{0+0}) = f(x_0), \forall x \in R, x(t) = T_t x(t_0) \quad (5.3)$$

де  $x(t)$  – ознака динамічної системи в умовах суттєвої невизначеності та впливу середовища на неї;

$T_t$  – оператор еволюції.

Методом оцінки вирішення завдань інтелектуальної обробки безперервного потоку навігаційних даних є критеріальний метод [28, 87], де кожна окремо взята альтернатива оцінюється конкретним числом (критерієм, цільовою функцією). Порівняння альтернатив зводиться до порівняння відповідних чисел, тобто для всієї множини альтернатив  $X = \{x_n\}$  вводиться цільова функція  $Z = f(x)$ . При чому  $Z = f(x) \Rightarrow \max$  або  $\min$ . Значення альтернатив  $Z_{\min} < Z < Z_{\max}$  виражаються через скалярні, векторні і множинні величини. Застосуємо шкали інтервалів

$$\frac{x_1 - x_2}{x_3 - x_4} = \frac{f(x_1) - f(x_2)}{f(x_3) - f(x_4)} = \text{const.} \quad (5.4)$$

де  $f(x) = ax + b$  – лінійні допустимі перетворення.

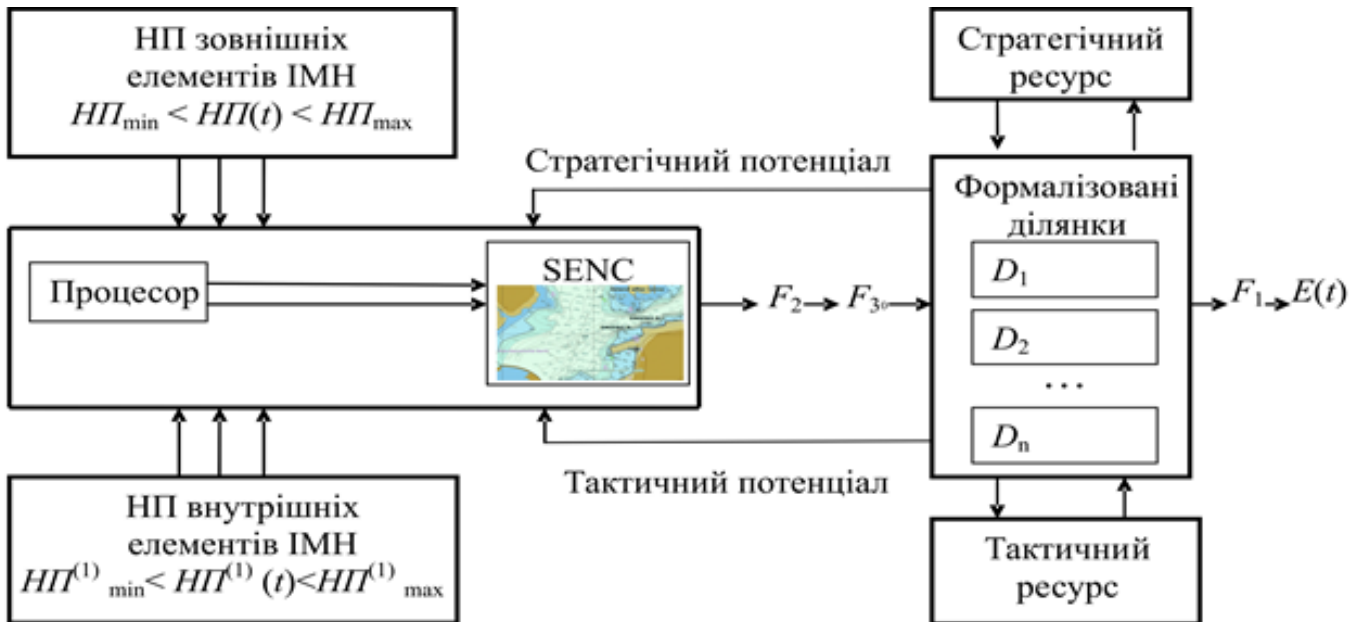
Це дозволить отримати релевантну, реальну та доступну інформацію для розв'язання конкретної задачі або для розуміння поточної ситуації.

Необхідною умовою безпечного проведення судна в ЗППП є забезпечення судноводія достовірною навігаційною інформацією від ECDIS. Така інформація складається з множини альтернатив, що обробляються. Інтегральна інформація представляється в ECDIS у вигляді навігаційних параметрів (НП).

Запропонована модель (рис. 5.1) відображує ієрархію засобів управління, які взаємопов'язані та взаємозалежні у системі.

Усі ці функції об'єднуються в єдину систему ІМН, яка перетворює наявні ресурси у цільові ефекти. Слід констатувати, що існуючі традиційні системи навігації не можуть реалізовувати властивості ІМН у заздалегідь непередбачуваних екстремальних ситуаціях [115, 121].

$$S(t) \rightarrow F_2 \rightarrow F_3 \rightarrow F_1 \rightarrow E(t).$$



$F_1$  – безпечне плавання ВТЗ;

$F_2$  – навігаційне обслуговування у межах задач  $F_1$ ;

$F_3$  – гарантоване адаптивне управління рухом ВТЗ.

Рисунок 5.1 – Модель ієрархії засобів управління навігації та управління рухом ВТЗ на ВВШ України

Використовуючи методологію системної оптимізації структури ІМН зафіксуємо рівень потенціалу якості НП для задач стабілізації руху судна та функціональної стійкості системи ІМН,

$$НП_{\min} < НП(t) < НП_{\max},$$

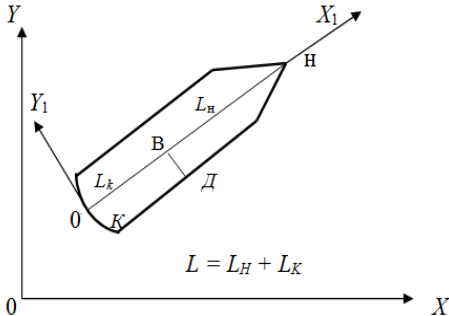
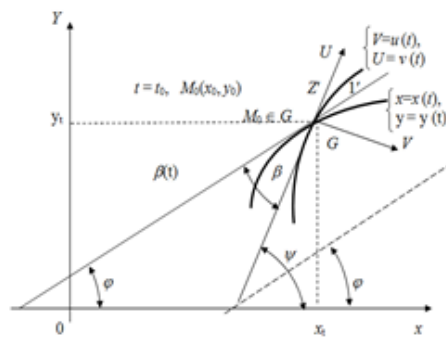
де  $НП_{\min}$  та  $НП_{\max}$  – значення НП, які обґрунтовані та гарантовано забезпечують відповідну якість параметрів управління  $U(t)$  у межах  $F_3$ .

З урахуванням викладеного у табл. 5.1 наведені НП для відображення навігаційної інформації на системній електронній карті (SENC). При цьому вибір НП здійснювався із застосуванням штучного інтелекту з використанням елементів логіки за методом L.Zaden.

Таблиця 5.1 – НП для задач стабілізації руху судна та функціональної стійкості ІМН

№	НП	Точність	Символьні властивості
1	П – пеленг,	$\Delta D = \frac{m_{\Pi} \cdot d}{57,3 \cdot \sin \Theta} \Big _{\substack{m_{\Pi} \leq 1^{\circ} \\ 30 < \Theta < 150}}$ <p><math>m_{\Pi}</math> – середня квадратична похибка (СКП)</p>	$M_o = \frac{m_{\Pi}^o}{57,3^o \cdot \sin \theta} \sqrt{D_1^2 + D_2^2} \leq 10m$ $tg\Pi = \frac{\Delta\lambda \cdot \cos \phi_m}{\Delta\phi}$ $\Pi \vee D: f(x_0 - 0) = f(x_0 + 0) = f(x_0),$ $\forall x \in R \ x(t) = T_t x(t_0)$ <p><math>M_0</math> – СКП визначення місця, <math>T_t</math> – оператор еволюції</p>
2	D – дистанція	$m_D < 10 \text{ м (СКП)}$ $m_D = \sqrt{\left(\frac{m_{\alpha}}{\alpha}\right)^2 + \left(\frac{m_h}{h}\right)^2} \Big _{\substack{30 < \alpha < 150 \\ m_{\alpha} \leq 1^{\circ} \\ m_h = 0,5 \text{ м}}}$	$M_o = \frac{1}{\sin \theta} \cdot \sqrt{m_{D1}^2 + m_{D2}^2} \leq 10m$ $D \vee \Pi: f(x_0 - 0) = f(x_0 + 0) = f(x_0),$ $\forall x \in R \ x(t) = T_t x(t_0)$
3	$A = \{a_x, a_y\}, \quad i = \overline{1, n_a},$ $B = \{b_x, b_y\}, \quad i = \overline{1, n_b},$ $C = \{c_x, c_y\}, \quad i = \overline{1, n_c},$ ...  Множина точок <i>SENC</i>	$\delta_u = \text{MAX}_{N \in M, N, M_{i+1}} d(N, M, M_{i+1}) \leq 0,2 \text{ мм}$ $\delta_k \leq 0,5 \text{ мм}$ <p><math>\delta_{\Pi}</math> – похибки цифрування, <math>\delta_k</math> – точність SENC</p>	$X_i^* - X_i = E_{X_i}, \ Y_i^* - Y_i = E_{Y_i}, \ \Delta_i = \text{max}( E_{X_i} ,  E_{Y_i} ) \approx 0,1 - 0,2 \text{ мм}$ $M(E_{X_i}) = M(E_{Y_i}) = 0$ <p><math>X_i^* - X_i = E_{X_i}, Y_i^* - Y_i = E_{Y_i}</math> – точні координати, <math>M(E_{X_i}) = M(E_{Y_i}) = 0</math> – математичні сподівання</p>
4	Фактичні глибини $h(t)$ . $\Delta Z$ – поправки до глибин на SENC	$m_{Z0} \leq 0,1 \text{ м, (СКП),}$ $\delta_k \leq 0,5 \text{ мм (точність SENC)}$ $\Delta Z = \Delta Z_f + \Delta Z_{meas} + \Delta Z_{\alpha} + \Delta Z_M,$ $m_{Z0} = \sqrt{m_{meas}^2 + m_{ZM}^2},$ $\stackrel{\text{def}}{\forall M} = \delta_S.$	$h(t) = \frac{1}{\det(pE - A)} S(p) \cdot B +$ $\underbrace{\quad}_{(C)_{i,j}}$ $+ \underbrace{y_{01BII} + h_{10}}_{const} + \ (\delta y_{01BII})_{i,1}\ .$ <p><math>(pE - A), \ S(p)</math> – матриці: характеристична, союзна,  <math>\text{def } (pE - A)</math> – степеневий поліном змінної Лапласа <math>p</math> порядку <math>n</math>,  <math>\delta y_{01BII}</math> – відхилення від нуля глибин,  <math>y_{01BII}</math> – значення рівня води,  <math>h_{10}</math> – нуль глибин</p>

Продовження таблиці 5.1

5	<p>Сигнали супутникових навігаційних систем (СНС): «ГЛОНАСС», «GPS», диференційний режим</p>	<p><math>M_{\text{ГЛОНАСС}} = 20 \div 35</math> м (СКП),  <math>M_{\text{GPS}} = 36</math> м (СКП)  <math>M_{\text{DGPS}} = 1 \div 5</math> м (СКП)</p> <p>при <math>P = 95\%</math></p>	$M_{\text{опр}} = m_p \sec h_{cp} \cdot \sqrt{\frac{3}{\sum \sin^2 \Delta A}} = m_p \cdot \Gamma,$ $\sec h_{cp} \cdot \sqrt{\frac{3}{\sum \sin^2 \Delta A}} = \Gamma,$ <p><math>1,5 &lt; \Gamma &lt; 5</math> (Геометрич. фактор)</p>
6	<p>Положення точок розміщення антен GPS на судні</p>	 <p><math>m \leq 0.05</math> м (СКП)</p>	<p>Визначення координат точки <math>D</math> судна за сигналами рознесених антен GPS</p> <p><math>x_D = (x_K + x_H \gamma) / (1 + \gamma) \pm d/L (y_H - y_K),</math>  <math>y_D = (y_K + y_H \gamma) / (1 + \gamma) \pm d/L (x_H - x_K).</math>  <math>\alpha = L_K/L, \beta = L_H/L, \gamma = \alpha/\beta</math></p>
7	<p>Математична модель руху судна</p>	<p><math>M_{\text{рух}} = M_0 &lt; 10</math> м</p> $S'(t) = \begin{cases} S_n, & \varepsilon > \varepsilon_0, \\ S_0, & \varepsilon \in \varepsilon_0, \\ S_n, & \varepsilon < \varepsilon_0, \end{cases}$ <p><math>\forall S'(t) \forall ! S_n \vee S_0 \vee S_{II} : t = t_i.</math>  <math>S_n, S_0, S_{II}</math> – множини станів руху (ліворуч, без відхилень, праворуч)</p>	$\frac{d^2 y}{dx^2} + p(x) \frac{dy}{dx} + q(x) y = 0,$ $t = t_0 \Rightarrow \forall M \in x_0 y \mapsto N \in u \ 0 \ v : \begin{cases} U = u(x, y) \\ V = v(x, y), \end{cases}$ $I = \begin{vmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & \frac{\partial u}{\partial y} \\ \frac{\partial v}{\partial x} & \frac{\partial v}{\partial y} \end{vmatrix} \neq 0, \quad I = \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2 > 0.$
8	<p>Кут <math>\beta</math></p>	 <p><math>m_\beta \leq 1^0</math>  <math>x, y</math> &amp; <math>V, U</math> – задані дуги визначених кривих</p>	$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V = \bar{u}(t) \\ U = \bar{v}(t) \end{cases}$ $\beta = \arctg \frac{\frac{\partial V}{\partial x} \frac{\partial x(t)}{\partial t}}{\frac{\partial V}{\partial y} \frac{\partial y(t)}{\partial t}} = -\arctg \frac{\frac{\partial U}{\partial y} \frac{\partial y(t)}{\partial t}}{\frac{\partial U}{\partial x} \frac{\partial x(t)}{\partial t}}$ $\beta = f[U'(x, y) \& V'(x, y)]$
9	<p>Автоматична коректура SENC або ручна від PIC</p>	<p><math>\delta_y = \text{MAX}_{N \in M, N, M_{i+1}} d(N, M, M_{i+1}) \leq 0,2</math> мм  <math>\delta_k \leq 0,5</math> мм</p>	<p><math>X_i^* - X_i = E_{X_i}, Y_i^* - Y_i = E_{Y_i}, \Delta_i = \text{max}( E_{X_i} ,  E_{Y_i} ) \approx 0,1 - 0,2</math> мм  <math>M(E_{X_i}) = M(E_{Y_i}) = 0</math></p>

Як альтернативу традиційного застосування метода L.Zadeh дозволяється використовувати гібридний підхід. При такому підході в різних частинах системи функціонують різні обчислювальні моделі, які активно взаємодіють [255].

Залежно від повноти вихідної інформації ECDIS автоматизовані рішення приймаються як в умовах визначеності, так і невизначеності. Кількість альтернатив  $A(t) \neq \text{const}$ , тому вибір автоматизованих рішень здійснюється за наявності двох або більше, але скінченної кількості альтернатив [14].

Розглянемо елементи  $A$  &  $K$  (критерій оптимальності), розміщених у лінійній оболонці елементів лінійного простору

$$\langle A, K \rangle. \quad (5.5)$$

Рішенням виразу (5.5) є  $A^{\text{опт}} \in A: \Leftrightarrow K$ . Слід зазначити, що основним джерелом невизначеності є зовнішнє середовище  $Q = \{Q_j\}$ . Невизначеність середовища призводить до невідомих наслідків реалізації альтернатив. Таким чином виникають ускладнення, пов'язані з небезпеками для судноплавства.

Вихідну інформацію для прийняття автоматизованого рішення в умовах невизначеності (*var*) та ризику (*R*) надаємо у вигляді моделі (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Модель автоматизованого рішення в умовах ризику *R*

$A^R =$ $\{A^R_i\}$	$Q^R = \{Q^R_j\}$			$K^R$
	$P_1$ $(Q^R_1)$	$P_j(Q^R_j)$	$P_m$ $(Q^R_m)$	
$A^R_1$	$Y^R_{11}$	$Y^R_{1j}$	$Y^R_{1m}$	$K^R_1$
...	...	...	...	...
$A^R_i$	$Y^R_{ij}$	$Y^R_{ij}$	$Y^R_{im}$	$K^R_i$
...	...	...	...	...
$A^R_n$	$Y^R_{n1}$	$Y^R_{nj}$	$Y^R_{nm}$	$K^R_n$

З табл. 5.2 витікає, що при різних варіантах розвитку зовнішнього середовища не існує однозначного підходу до вибору оптимального рішення. У табл. 5.3 проаналізовані моделі вибору оптимальної альтернативи в умовах *var*.

Вимірювані НП багаторазово повторюють ситуацію вибору з відомою ймовірністю безпечного руху. Це:

- глибини;
- рівень води за показаннями водомірних постів;
- пеленги; дистанції до небезпек;
- висоти мостів, ліній електропередач над рівнем води та інше.

$$P_{\text{бп}} = 1 - \exp(-D_{\text{min}}/M)^2, \quad (5.6)$$

де  $D_{\text{min}}$  – найкоротша відстань до найближчої небезпеки;

$M$  – СКП зчислюваного місця ВТЗ у точці найкоротшої відстані до найближчої небезпеки.

Таблиця 5.3 – Моделі вибору оптимальної альтернативи в умовах невизначеності *var*

№	Модель	Критерії	Пояснення альтернатив
1	Модель 1	Критерії Байєса $A_B^{\text{vag}} = \arg \max_i K_i$ , $K_i = \sum_j Y_{ij} \cdot x \cdot P_j$	Характеризується <i>max</i> значенням математичного очікування ймовірності безпечного руху $P_{\text{бп}} > 95\%$ , $x$ – єдине оптимальне рішення.
2	Модель 2	Критерії Вальда $A_B^{\text{vag}} = \arg \max_i K_i$ , $K_i = \min_j Y_{ij}$	Характеризується вибором <i>max</i> значень серед <i>min</i> результатів математичного очікування ймовірності безпечного руху.
3	Модель 3	Критерії оптимізму $A_O^{\text{vag}} = \arg \max_i K_i$ , $K_i = \max_j Y_{ij}$	Характеризується вибором <i>max</i> значень серед <i>max</i> результатів математичного очікування ймовірності безпечного руху.

У зв'язку з великою кількістю реалізацій критеріїв моделі 1 (табл. 5.4) значення виразу (5.2) поступово стабілізується і ризик буде практично

виключений. Інші моделі застосовуються тоді, коли потрібно проявити крайню обережність та вибрати таке рішення, яке дасть гарантований результат [40].

У реальних ситуаціях кількість елементів виразу (5.2) та автоматизованого рішення, що приймаються в умовах *var*, суттєво обмежена. Часто ситуація при русі ВТЗ є унікальною [115]. Для моделювання прийняття рішень в умовах *var & R* запропоновано використовувати метод ігор із зовнішнім середовищем.

Для цього побудуємо ігрову матрицю  $A$ . Методи прийняття рішень в іграх із зовнішнім середовищем залежать від характеру *var & R*.

У судноводія при використанні електронно-картографічної системи Inland ECDIS в наявності  $m$  можливих стратегій:  $A_1, A_2, \dots, A_m$ , а берегова інфраструктура (зовнішнє середовище) має  $n$  можливих станів:  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$  і ризиків  $r_{ij}$

$$A = \|a_{ij}\|_{mn} \Rightarrow R = \|r_{ij}\|_{mn}, \quad r_{ij} = \beta_j - a_{ij} = \max_{1 \leq i \leq m} a_{ij} - a_{ij}. \quad (5.7)$$

Для проходження ділянки р. Дніпро (наприклад, ділянка «0<sup>й</sup> км р. Рвач – Каховський шлюз», електронні карти (ENC)UA5N0000, UA7N0005, UA8N0017, UA8N0023, UA7N0036, UA7N0047, UA7N0059, UA7N007) отримуємо матриці  $A$  і  $R$ .

$$A = \begin{pmatrix} & Q_1 & Q_2 & Q_3 & Q_4 \\ A_1 & 3 & 5 & 4 & 5 \\ A_2 & 4 & 6 & 3 & 4 \\ A & 5 & 3 & 6 & 3 \end{pmatrix} \Rightarrow R = \begin{pmatrix} & Q_1 & Q_2 & Q_3 & Q_4 \\ A_1 & 2 & 1 & 2 & 0 \\ A_2 & 1 & 0 & 3 & 1 \\ A_3 & 0 & 3 & 0 & 2 \end{pmatrix}. \quad (5.8)$$

Далі незалежно від виду матриці гри вибирається оптимальна стратегія.

Оптимальна стратегія:

$$A = \|a_{ij}\|_{mn} \Rightarrow p_j(Q_j) \Rightarrow \max_{1 \leq i \leq m} \sum_j^n p_j a_{ij} \& \min_{1 \leq i \leq m} \sum_j^n p_i r_{ij}. \quad (5.9)$$

У разі відсутності інформації про вірогідність станів середовища однозначних і математично чітких рекомендацій щодо вибору критеріїв ухвалення рішень не існує.

При ІМН моделі прийняття рішень характеризуються умовами багатокритеріальності. Така вихідна інформація для прийняття рішень в умовах *var* пов'язана з великою кількістю критеріїв [40].

Модель прийняття рішень в умовах багатокритеріальності подається у табличному вигляді (табл. 5.5).

У таблиці використані такі додаткові позначення:  $N = \{N_a\}$  – множина критеріїв оцінки альтернатив;  $K_i$  – підсумкова оцінка  $A_i$ ;  $V_a$  – оцінка важливості  $a$ -го критерію  $\left(\sum_a V_a = 1\right)$ ,  $F_{i_a}$  – оцінка переваги  $A_i$  за  $a$ -м критерієм  $\left(\sum_a F_{i_a} = 1\right)$ .

Таблиця 5.4 – Перелік інформаційних ситуацій, пов'язаних з *var* зовнішнього середовища

Інформаційна ситуація	<i>var</i>	Критерії прийняття рішень (W, S) на прикладі матриць (5.8)
$IS_1$	Безумовна ймовірність на елементах множини Q	Модель 1 (табл. 5.1)
$IS_2$	Ймовірність з невідомими параметрами множини Q	Модель 2 (табл. 5.2)
$IS_3$	Невідомий розподіл ймовірностей на елементах множини Q	Критерії Джейнса, Лапласа
$IS_4$	Протилежні інтереси середовища у процесі прийняття рішень	$W = \max_{1 \leq i \leq m} \min_{1 \leq j \leq n} a_{ij} = 3,$ $S = \min_{1 \leq i \leq m} \max_{1 \leq j \leq n} r_{ij} = 2$
$IS_5$	Проміжна інформаційна ситуація між $IS_1$ та $IS_5$ при виборі середовищем своїх станів	$W = \max_{1 \leq i \leq m} \left\{ p \min_{1 \leq j \leq n} a_{ij} + (1-p) \max_{1 \leq j \leq n} a_{ij} \right\}$ $0 \leq p \leq 1, \quad p = 0 \Rightarrow W = 6, \quad p = 1 \Rightarrow W = 3.$ $S = \max_{1 \leq i \leq m} \left\{ p \min_{1 \leq j \leq n} r_{ij} + (1-p) \max_{1 \leq j \leq n} r_{ij} \right\}.$ $p = 0 \Rightarrow S = 3, \quad p = 1 \Rightarrow S = 0.$



Таблиця 5.5 – Модель прийняття рішень в умовах багатокритеріальності

$A = \{A_i\}$	$N = \{N_a\}$			$K_i$
	$N_1 (V_1)$	$N_a (V_a)$	$N_g (V_g)$	
$A_1$	$Y_{11}$	$Y_{1a}$	$Y_{1g}$	$K_1$
...	...	...	...	...
$A_i$	$Y_{i1}$	$Y_{ia}$	$Y_{ig}$	$K_i$
...	...	...	...	...
$A_p$	$Y_{p1}$	$Y_{pa}$	$Y_{pg}$	$K_p$

Далі отримаємо модель, яка заснована на критерії сумарної ефективності:

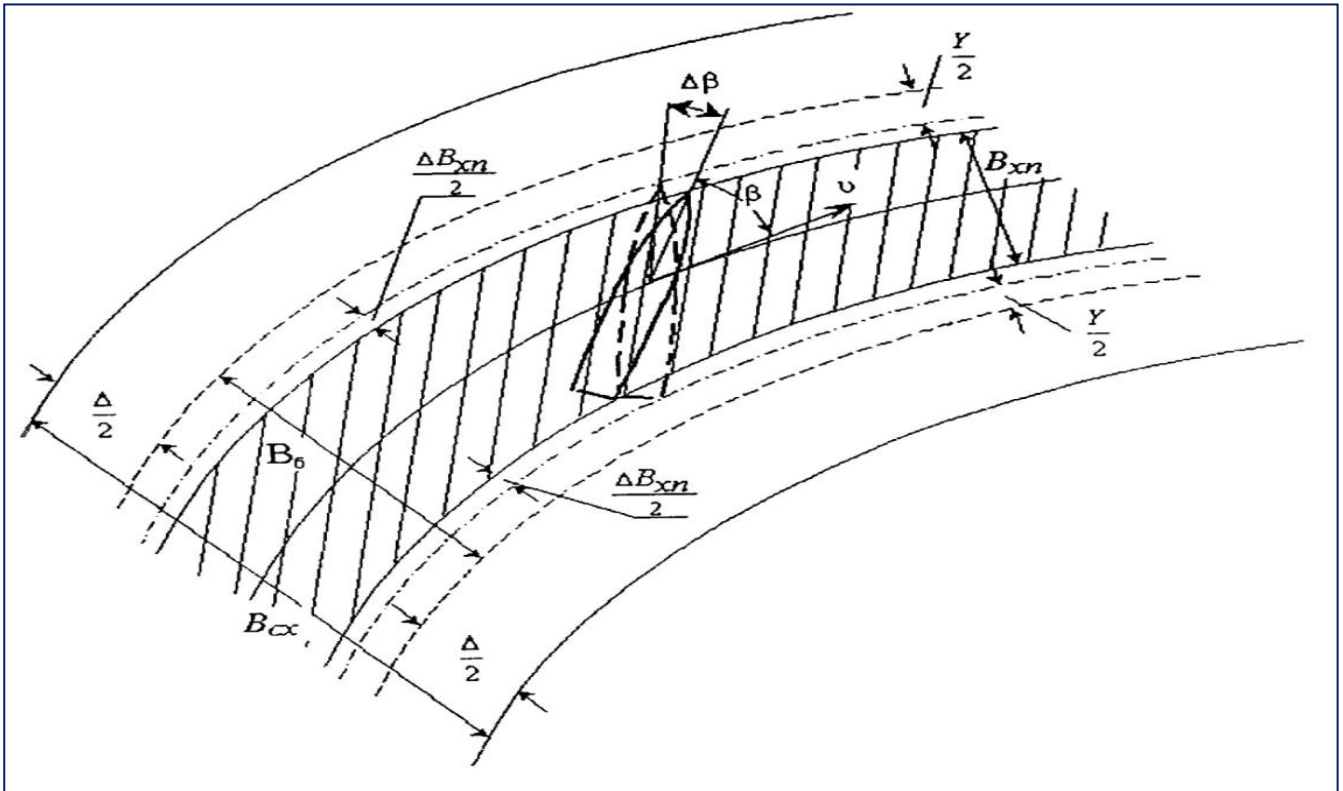
$$A_{CE} = \arg \max_i K_i ,$$

$$K_i = \sum_a F_{ia} x V_a ,$$
(5.10)

де  $A_{CE}$  – альтернатива, оптимальна за критерієм сумарної ефективності.

Вираз (5.10) означає, що оптимальним рішенням багатокритеріальної задачі є альтернатива, яка характеризується найбільшим значенням критерію сумарної ефективності [28, 115].

Для руху ВТЗ на криволінійних траєкторіях під час плавання на ВВШ необхідно мати безпечну ширину полоси руху, яка при малих радіусах кривизни досягає суттєвих величин (рис. 5.2) , а також мати постійний запас акваторії БОН навколо усього контуру ВТЗ з урахуванням навігаційних та зовнішніх погодних вітро-хвильових факторів (рис. 5.3).



$B_{cx}$  – габаритна ширина суднового шляху;

$B_{xn}$  – ширина ходової полоси ВТЗ під час повороту;

$B_0$  – ширина безпечної полоси руху ВТЗ в межах суднового шляху;

$\beta$  – кут дрейфу ВТЗ при циркуляції;

$\Delta\beta$  – кут дрейфу ВТЗ від вітрового впливу;

$B_{xn}/2$  – додаткова ширина ходової полоси ВТЗ від вітрового впливу (в носовій та кормовій частинах ВТЗ) ;

$\Delta$  – зона навігаційної безпеки;

$Y$  – значення зміщення ВТЗ під впливом течії;

$v$  – вектор руху ВТЗ в даний момент часу.

Рисунок 5.2 – Ширина безпечної смуги водного шляху, необхідної для руху ВТЗ на криволінійних ділянках

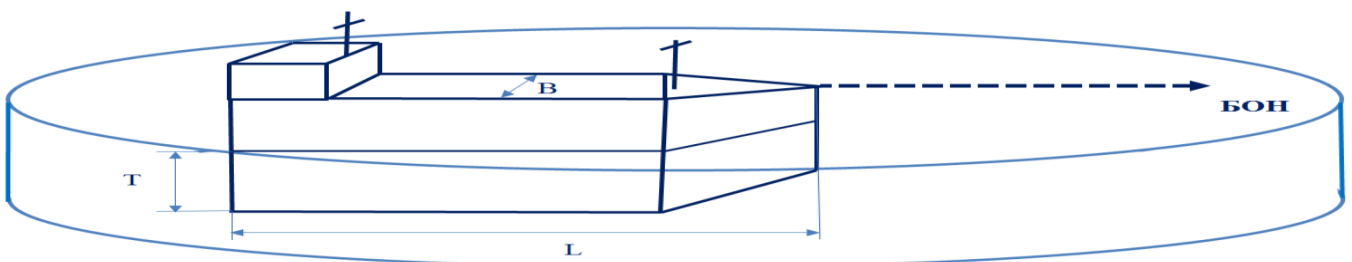


Рисунок 5.3 – Схема безпечного оточення околу ВТЗ водним простором БОН на ВВШ

Проведено розрахунок ширини безпечної смуги водного шляху, необхідної для руху ВТЗ ріка-море плавання на криволінійних ділянках.

Основні типи ВТЗ типа ріка море, що здійснюють плавання по ВВШ України наведені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6.

## Основні даних ВТЗ типа ріка море

Тип ВТЗ	Довжина (м)	Ширина (м)	Осадка (м)	Швидкість (вузл.)
«Волго-Дон»	136,0	16,0	4,2	12,0
«Сормовський»	114,0	13,2	3,6	10,1
«Славутич»	108,0	16,0	3,0	11,5
«Балтіка»	96,0	13,2	3,6	11,0

Ширина ходової полоси ВТЗ під час плавання на криволінійних ділянках (таблиця 5.7) (рис. 5.4) розраховано за формулою

$$B_{xn} = L \sin \beta + B \cos \beta \quad (5.11)$$

Таблиця 5.7 – Розрахована ширина ходової полоси ВТЗ типа ріка-море під час плавання на криволінійних ділянках руху на ВВШ

Радіус кривизни суднового шляху R (м)	Кут дрейфу при циркуляції $\beta$ при зазначеному радіусі кривизни R (град)	$B_{xn}$ ВТЗ типу «Волго-Дон» (м)	$B_{xn}$ ВТЗ типу «Сормовський» (м)	$B_{xn}$ ВТЗ типу «Славутич» (м)	$B_{xn}$ ВТЗ типу «Балтіка» (м)
1000	3,5	24,3	20,1	22,6	19,1
800	4,8	27,4	22,5	24,9	21,1
600	7,0	32,5	25,8	29,1	24,8
500	10,1	39,6	32,8	34,5	29,7
400	15,0	50,7	43,1	42,7	37,6
300	19,5	60,5	50,3	51,2	44,3

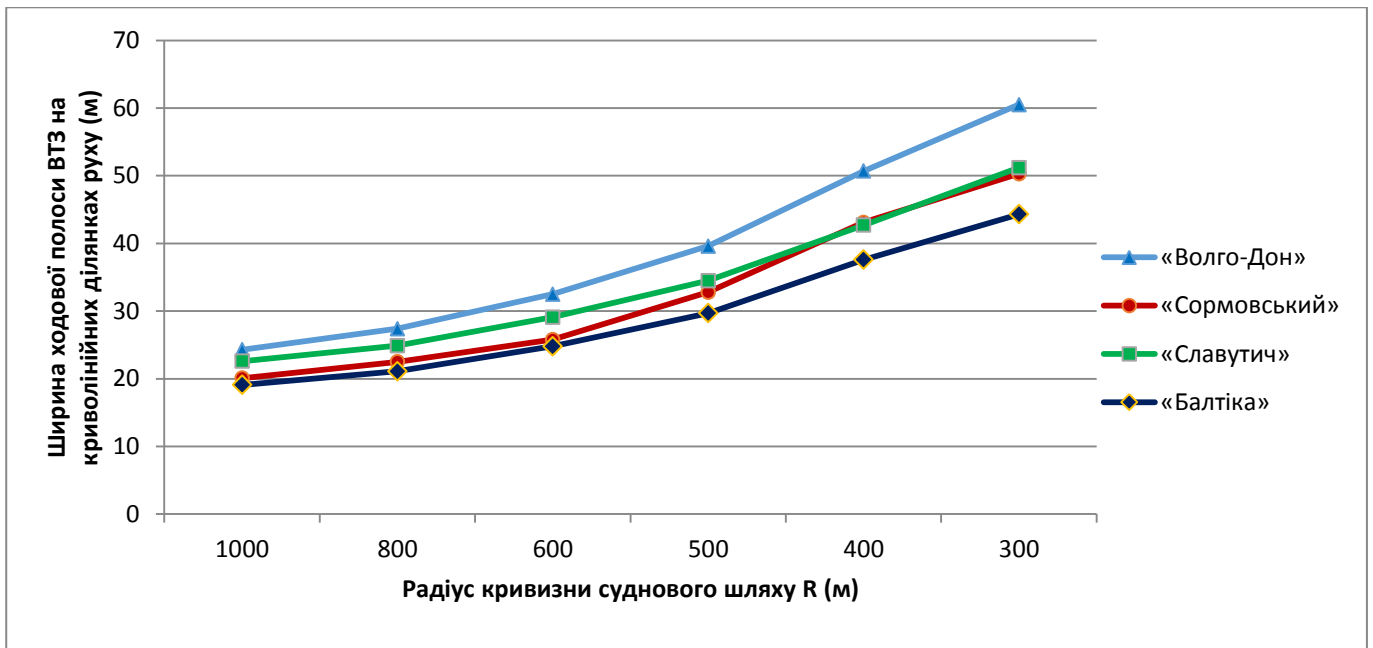


Рисунок 5.4 – Ширина ходової полоси ВТЗ типа ріка-море на криволінійних ділянках руху

Для вирішення багатокритеріальної задачі безпечного плавання ВТЗ на ВВШ необхідно сформулювати множини специфічних критеріїв (функціоналів оцінювання). Характеристикою функціонала оцінювання при ІМН є інгредієнт (*Ing*): позитивний  $Ing = F = F^+$  (максимальне значення) та негативний  $Ing = F = F^-$  (мінімальне значення) [40, 115].

Розглянемо етап побудови багатокритеріальної моделі з визначенням оцінок варіантів автоматизованих рішень та виявлення системи пріоритетів суб'єкта.

Прийняття багатоцільового рішення визначимо у вигляді виразу  $\{X, F\}$ ,

де  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  – множина рішень,

$F = \{F^1, \dots, F^Q\} = \{f_k^q\}_{q,k=1}^{Q,m}$  – вектори функціоналів оцінювання.

Для вирішення цієї проблеми застосуємо метод нормалізації (табл. 5.12).

Застосування методу нормалізації пояснюється тим, що при ІМН функціонали оцінювання мають різні одиниці вимірювання або різні порядки

величин, що вимірюють. В табл. 5.8 наведені математичні приклади приведення к одному безрозмірному масштабу вимірювань.

Таблиця 5.8 – Математичні вирази при методах нормалізації критеріїв при ІМН

Метод нормалізації	Математичний вираз
Зміна векторів функціоналів оцінювання на підставі змін $Ing$ на протилежний $F = F^- \& F = F^+$ , $F = \{F^1, \dots, F^Q\} = \{f_k^q\}_{q,k=1}^{Q,m}$	$f_k^{q\pm} \rightarrow (-f_k^q)^{\mp}, f_k^{q\pm} \rightarrow (1/f_k^q)^{\mp}$
Вибір ідеального вектора 1) $F^{ideal} = \{f_q^{ideal}\}, q = \overline{1, k}$ , 2) $F^{ideal} = F_{\max} = \{f_{1\max}, f_{2\max}, \dots, f_{k\max}\}$ , 3) $F_q^{ideal} = f_{q\max} - f_{q\min}, q = \overline{1, k}$	$f_k^{q\pm} \rightarrow \left( \frac{f_k^q}{f^{ideal}} \right)$
Порівняння векторів функціоналів оцінювання.	$f_k^{q+} \rightarrow (f_k^q - \min_k f_k^q)^+, f_k^{q-} \rightarrow (\max_k f_k^q - f_k^q)^+;$ $f_k^{q-} \rightarrow \left( \frac{f_k^q}{\min_k f_k^q} \right)^-, f_k^{q+} \rightarrow \left( \frac{f_k^q}{\max_k f_k^q} \right)^+$
Нормалізація зовнішнього середовища	$f_k^{q\pm} \rightarrow \left( \frac{f_k^q - \min_k f_k^q}{\max_k f_k^q - \min_k f_k^q} \right)^{\pm}$
Усереднення векторів функціоналів оцінювання	$f_k^{q\pm} \rightarrow \left( \frac{f_k^q}{\text{середнє } f_k^q} \right)^{\pm}$
Нормалізація векторів функціоналів оцінювання по Севіджу	$f_k^{q\pm} \rightarrow \left( \frac{\max_k f_k^q - f_k^q}{\max_k f_k^q - \min_k f_k^q} \right)^{\mp}$

Важливим компонентом ІМН в ЗПРП є використання берегових і бортових інформаційних систем для руху ВТЗ, до яких відносяться: ECDIS, Radar, PIS, AIS, GPS тощо. Нове покоління інформаційних систем - в першу чергу це системи, побудовані на штучних нейронних мережах (NN) з процесорними елементами. Наявність в умовах ІМН складних завдань викликає необхідність в інтелектуальних адаптивних системах управління, здатних пристосовуватися до широкого діапазону зовнішніх умов, що є більш ефективним порівняно з

лоцманським методом. Важливою здатністю NN є здатність навчатися в процесі вирішення навігаційних задач. Розглянемо послідовність створення багатокритеріальної моделі з визначення оцінок варіантів AP та виявлення пріоритетів суб'єкта при ІМН.

Окремо взятий штучний нейрон (рис. 5.5) виконує процедуру розпізнавання, при чому нейронні обчислення здійснюються від з'єднання нейронів в мережі ІМН. Ця мережа складається з групи нейронів, що утворюють шари і обчислення вихідного вектора  $Y$  (виходи нейронів  $y_i$ ) [305] складові якого можна звести до матричного множення

$$Y = F(XW). \quad (5.12)$$

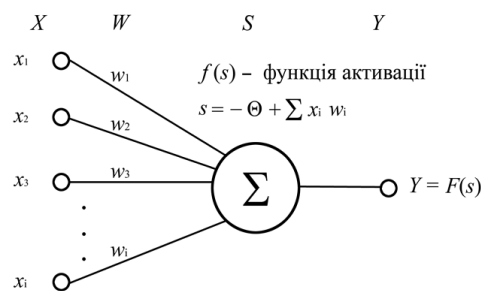


Рисунок 5.5 – Застосована модель штучного нейрона з функцією активації

Багатошарова мережа ІМН утворюється каскадами шарів. При цьому вихід першого шару є входом другого, і таку багатошарову мережу можна замінити еквівалентною одношаровою мережею. У такому випадку обчислення множин (5.7) полягає в множенні вхідного вектора на першу вагову матрицю з подальшим множенням результуючого вектора на другу вагову матрицю з урахуванням функції активації  $F$  (табл. 5.9).

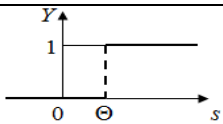
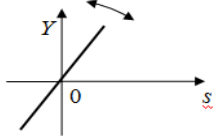
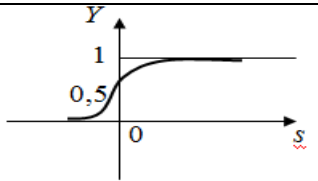
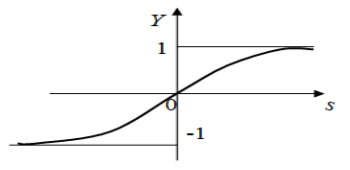
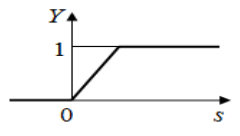
Навчання здійснюється шляхом послідовного подання вхідних векторів з підстроюванням ваг. При такому способі навчання ваги мережі стають такими, що кожен вхідний вектор вироблятиме вихідний вектор [115, 305]. У мережі при ІМН доцільно використовувати алгоритми навчання як з вчителем так й без вчителя.

Для побудови штучної нейронної мережі ІМН використовуємо модель, що відображає НП для задач стабілізації руху ВТЗ. Класи (кластери) вхідних сигналів в  $NN$  при ІМН показані на рис. 5.6.

На рис. 5.7 надана  $NN$ , на вхід якої надходять сигнали від ВП по синапсах, що видають три вихідних сигнали

$$y_1 = f \left[ \sum_{i=1}^n x_i w_{i1} \right], \quad y_2 = f \left[ \sum_{i=1}^n x_i w_{i2} \right], \quad y_3 = f \left[ \sum_{i=1}^n x_i w_{i3} \right]. \quad (5.13)$$

Таблиця 5.9 – Застосовані функції активації нейронів (до рис. 5.5)

Назва функції	Математичний вираз	Область значень	Графічні пояснення
Порогова	$f(s) = \begin{cases} 0, & s < \Theta; \\ 1, & s \geq \Theta \end{cases}$	{0,1}	
Лінійна	$f(s) = ks$	$(-\infty; +\infty)$	
Логістична	$f(s) = \frac{1}{1 + e^{-as}}$	(0,1)	
Гіперболічний тангенс <i>th</i>	$f(s) = \frac{e^{as} - e^{-as}}{e^{as} + e^{-as}}$	(-1,1)	
Лінійний поріг	$f(s) = \begin{cases} 0, & s < \Theta; \\ ks, & 0 \leq s < \Theta; \\ 1, & s \geq \Theta \end{cases}$	(0,1)	

Вагові коефіцієнти  $W^{(i)}$  нейронів зводяться в матрицю по виразу (5.8).

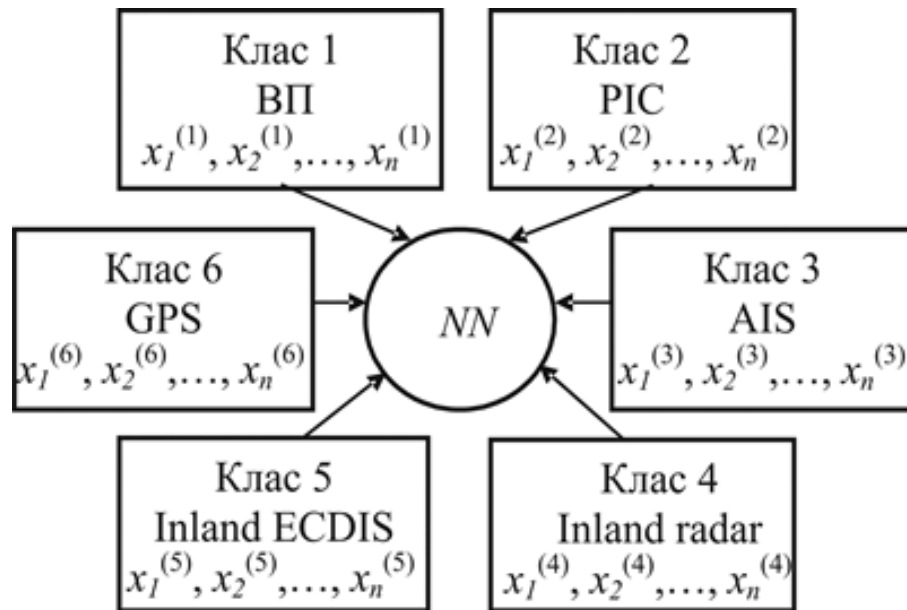


Рисунок 5.6 – Класи вхідних сигналів в NN ІМН

Двошарова NN для вхідних сигналів класу 1.

За результатами отримуємо:

$$\bar{Y} = F\left(\overline{XW}^{(\Sigma)}\right) = F(\bar{V}) = \sum_{i=1}^m v_i \sigma\left(\sum_{j=0}^n x_j \cdot w_{ji}\right), \quad (5.14)$$

де  $\sigma(s) = \frac{1}{1+e^{-as}}$  – логістична функція активації нейронів (табл. 5.4).

Одержуємо повний вираз для отримання диференціальних поправок  $h(t)$  до вимірних глибин, які позначені на SENC [115].

$$h(t) = \frac{1}{\underbrace{\det(pE - A)}_{(C)_{i,j}}} S(p) \cdot B + \underbrace{y_{01ВП} + h_{10}}_{const} + \|(\delta y_{01ВП})_{i,1}\|. \quad (5.15)$$

$$y_{1ВП} = f(h_{01ВП}, \delta y_{01ВП}), \quad y_{2ВП} = f(h_{02ВП}, \delta y_{02ВП}),$$

де  $S(p)$  – *adj* (союзна матриця) для  $(pE - A)$ ;

$(pE - A)$  – характеристична матриця для матриці стану  $A$ ;

$\det(pE - A)$  – визначає степеневий поліном змінної Лапласа  $p$  порядку  $n$ ;

$(C)_{i,j}$  – матриця зі значенням змін миттєвого рівня води відносно 2ВП;

$B$  – матриця  $n \times m$  місця знаходження судна  $B$  за даними, що зняті з ENC;



$h_{01ВП}$  – постійна складова, що дорівнює нулю глибин  $h_{01ВП} = h_{02ВП}$ ;

$h_{10}$  – постійна складова, що дорівнює можливим змінам нуля глибин відносно абсолютної системи координат  $h_{10} = h_{20}$ ;

$y_{01ВП}$  – нуль глибин 1ВП,  $y_{01ВП} = y_{02ВП}$ ;

$\delta y_{01ВП}$  – миттєвий рівень води відносно  $y_{01ВП}$ ;

$\|(\delta y_{01ВП})_{i,1}\|$  – матриця-стовпець змін  $\delta y_{01ВП}$  миттєвого рівня води відносно 1ВП.

На рис. 5.7 враховано, що для автоматизованого показу фактичних глибин на SENC в ЗППП відстань між ВП пропонується розподілити на умовні зони. При цьому різниця висот миттєвого рівня в двох крайніх точках умовної зони  $\sigma(s)$  не повинна перевищувати половини точності вимірювання і точності нанесення глибин на карту  $m_{z0}$ .

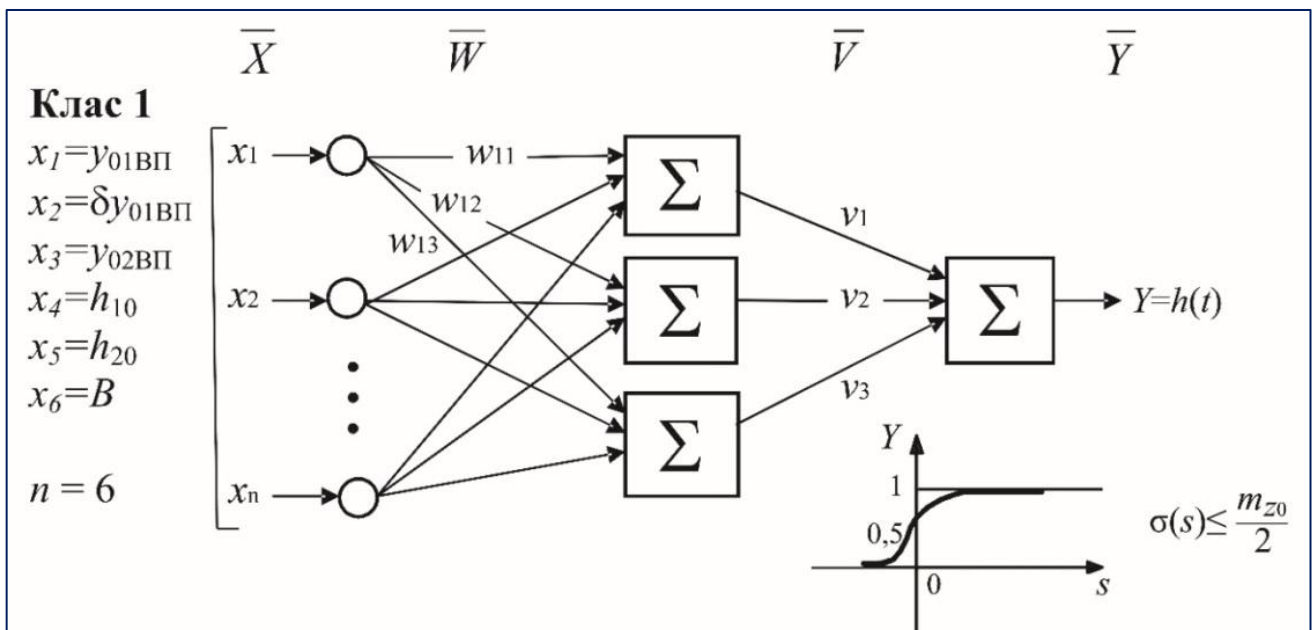


Рисунок 5.7 – NN для вхідних сигналів класу 1

Запропонована структурна схема NN для вхідних сигналів класу 2 (мережа Хопфілда) наведена на рис. 5.8.

Особливості функціонування такої NN:

- 1)  $y_i(0) = x_i, i = 0, \dots, (n-1)$ ;

$$2) s_j(p+1) = \sum_{i=0}^{n-1} w_{ij} y_i(p), \quad j=0, \dots, (n-1);$$

$$3) y_j(p+1) = f[s_j(p+1)], \quad f \rightarrow \text{табл. 9}_{1,5}.$$

Аналогічно будемо  $NN$  зворотного розповсюдження для вхідних сигналів класів 3-6. Особливості побудови показані на рис. 5.9 і табл. 5.10.

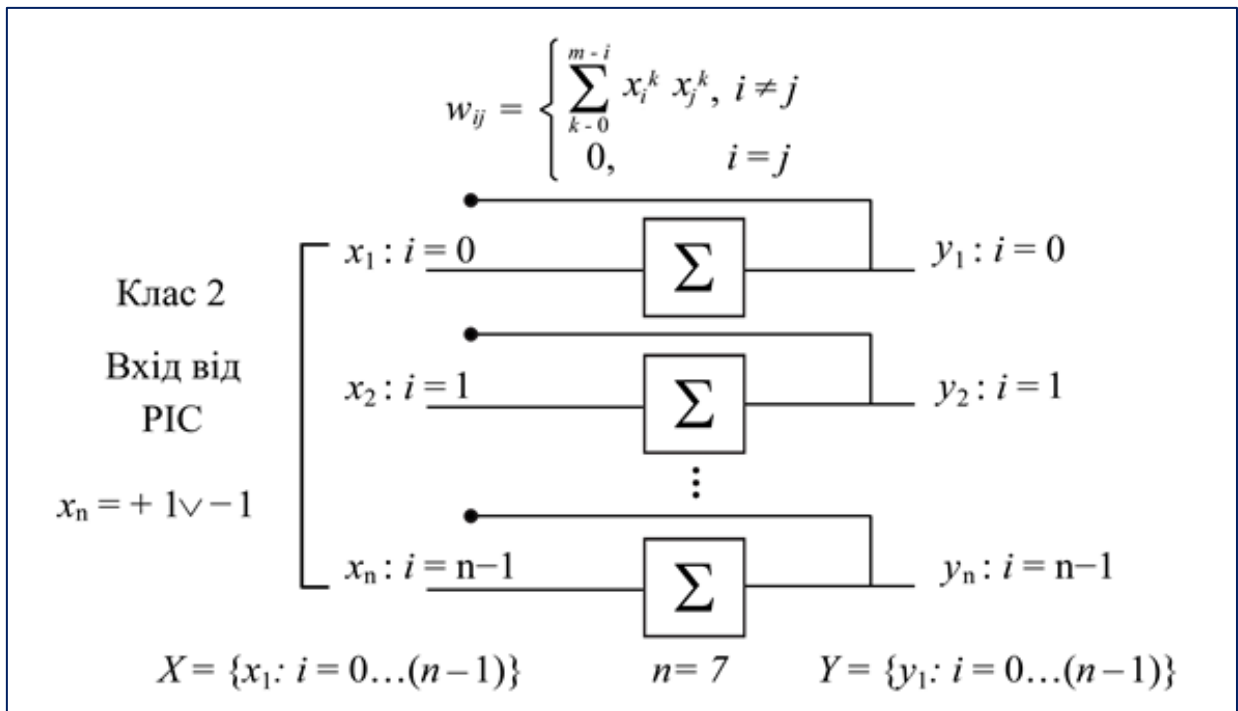


Рисунок 5.8 – Структурна схема  $NN$  для вхідних сигналів класу 2 (PIC)

### Здійснення навчання $NN$ .

Вибірка:  $(X^t, D^t)$ ,  $t = \overline{1, T}$ .

$$E(W, V) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^p (y_k - d_k)^2, \quad w_{ij}^{N+1} = w_{ij}^N - \alpha \frac{\partial E}{\partial w_{ij}}, \quad v_{jk}^{N+1} = v_{jk}^N - \alpha \frac{\partial E}{\partial v_{jk}}, \quad (5.16)$$

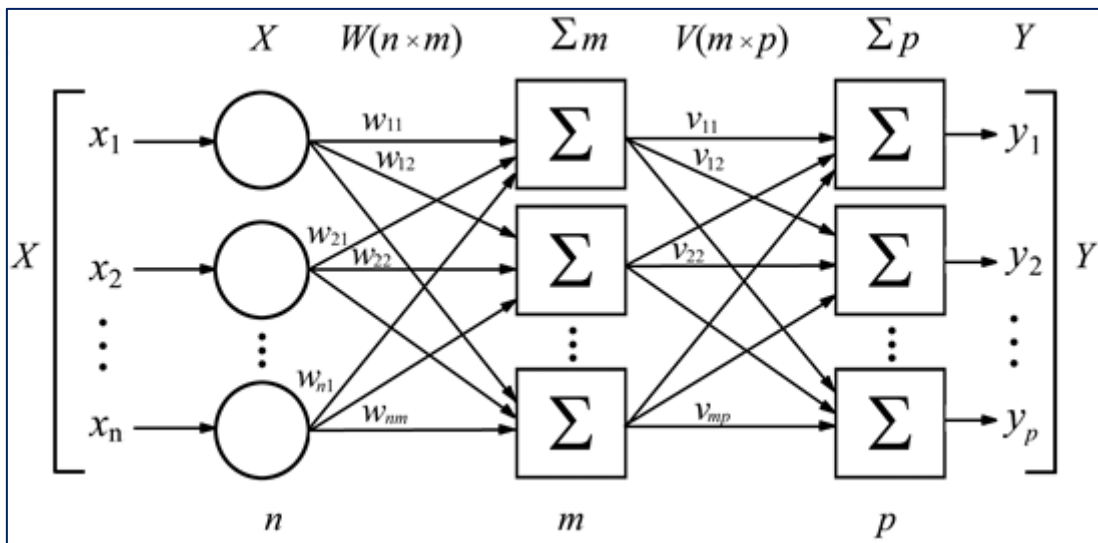
$$f(s) = \frac{1}{1 + e^{-s}}, \quad f'(s) = \frac{e^{-s}}{(1 + e^{-s})^2} = f(s)(1 - f(s)),$$

де  $y_k$  – значення  $k$ -виходу;

$d_k$  – необхідне значення  $k$ -виходу;

$\alpha$  – параметр швидкості навчання;

$s$  – зважена сума входів нейронів.



$W$  – матриця вагових коефіцієнтів  $w_{ij}$  від входів до прихованого шару;

$V$  – матриця вагових коефіцієнтів  $v_{jk}$  від прихованого шару до виходів.

Рисунок 5.9 –  $NN$  зворотного розповсюдження (вхідні сигнали класів 3-6)

Таблиця 5.10 – Елементи побудови  $NN$  для сигналів вхідних класів 3-6 при ІМН

Класі вхідних сигналів (3– 6)	Кількість шарів $NN$	$W(n \times m)$	$V(m \times p)$	Пропускна здатність
Клас 3 $x_1^{(3)}, x_2^{(3)}, \dots, x_n^{(3)}$ Inland AIS	2 Прихований, вихідний	$42 \times 20$	$20 \times 10$	до 2000 повідомлень за хвилину
Клас 4 $x_1^{(3)}, x_2^{(3)}, \dots, x_n^{(3)}$ Inland radar	2 Прихований, вихідний	$15 \times 12$	$12 \times 8$	3000 імпульсів/сек
Клас 5 $x_1^{(3)}, x_2^{(3)}, \dots, x_n^{(3)}$ Inland ECDIS	2 Прихований, вихідний	$72 \times 60$	$60 \times 9$	одне повідомлення за секунду
Клас 6 $x_1^{(3)}, x_2^{(3)}, \dots, x_n^{(3)}$ GPS	2 Прихований, вихідний	$12 \times 8$	$8 \times 6$	одне повідомлення за секунду

Проводимо обчислювання  $\frac{\partial E}{\partial v_{jk}} \& \frac{\partial E}{\partial w_{ij}}$ .

$$\frac{\partial E}{\partial v_{jk}} = \frac{\partial E}{\partial v_k} \frac{\partial y_k}{\partial s_k} \frac{\partial s_k}{\partial v_{jk}} \Rightarrow s_k = \sum_{j=1}^m v_{jk} y_j^c \& \frac{\partial s_k}{\partial v_{jk}} = y_j^c.$$

(5.17)

$$y_k = f(s_k) \Rightarrow \frac{\partial y_k}{\partial s_k} = f(s_k)(1 - f(s_k)) = y_k(1 - y_k).$$

$$\frac{\partial E}{\partial y_k} = y_k - d_k \Rightarrow \frac{\partial E}{\partial v_{jk}} = (y_k - d_k) y_k (1 - y_k) y_j^c.$$

Аналогічно:

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial E}{\partial y_j^c} \frac{\partial y_j^c}{\partial s_j} \frac{\partial s_j}{\partial w_{ij}}. \quad (5.18)$$

$$s_j = \sum_{i=1}^n w_{ij} x_i, \quad \frac{\partial s_j}{\partial w_{ij}} = x_i, \quad \frac{\partial y_j^c}{\partial s_j} = y_j^c (1 - y_j^c),$$

де  $y_j^c$  – значення виходу  $j$ -го нейрона прихованого шару;  
 $x_i$  –  $i$ -та компонента навчальної вибірки.

Запропонований підхід до інтелектуальної обробки потоків даних при ІМН дозволяє розглядати пропонуємо систему як шість функціонально взаємопов'язаних складових підсистеми  $F_1, F_2, \dots, F_6$  (рис. 5.6) з певними класами вхідних сигналів в  $NN$ . Підсумок взаємодії шести підсистем  $F_1, F_2, \dots, F_6$  – це виконання поставлених завдань з ймовірністю безпечного плавання  $P_{\text{он}} \geq 95\%$  за виразом (5.2) для конкретних умов руху ВТЗ.

На рис. 5.10-5.13 представлені графіки отриманих залежностей.

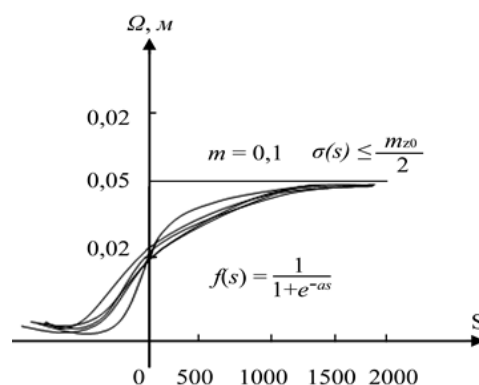


Рисунок 5.10 – Графік залежностей  $\Omega$  від  $S$  при вхідних сигналів класу 1

Експериментальні дослідження та моделювання запропонованого підходу до інтелектуальної обробки потоків навігаційних даних проводилися на тренажері системи створення електронних карт *SeeMYENC*.

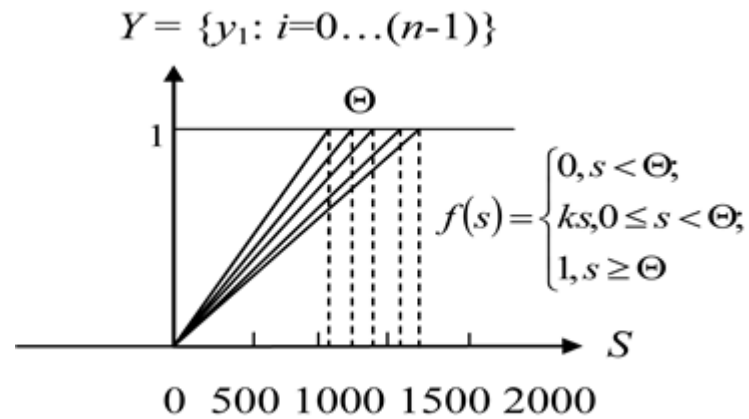


Рисунок 5.11 – Графік залежностей  $Y$  від  $S$  при входних сигналах класу 3

При моделюванні ситуації окремим елементам системи задавалися неоптимальні значення з визначенням оптимальності системи у цілому. Проводився контроль параметричних варіацій у заданих межах критеріїв оптимальності. Розрахунок критеріїв навігаційних параметрів з можливістю перебудоватися відповідно до зовнішніх умов для оптимального досягнення загальної мети здійснювався за формулами вищенаведених таблиць.

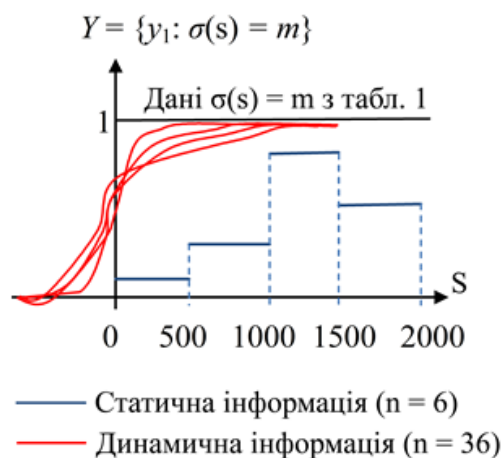


Рисунок 5.12 – Графік залежностей  $Y$  від  $S$  при входних сигналах класу 3

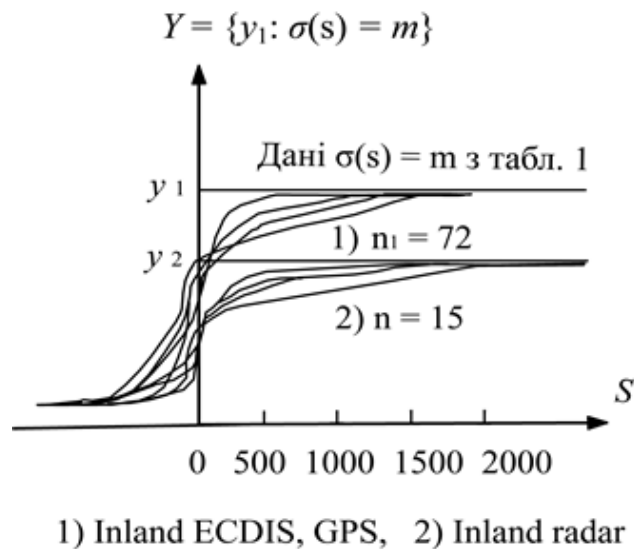


Рисунок 5.13 – Графік залежностей  $Y$  від  $S$  при вхідних сигналів класів 4, 5, 6

Область стійкості у векторному просторі обчислювалася за інформацією з ENC. Принциповим моментом моделювання є те, що усунення наслідків позаштатних ситуацій здійснювалося шляхом перерозподілу уже існуючих ресурсів, включаючи зміни режиму роботи її підсистем. Проведені експерименти підтвердили працездатність і практичну застосовність запропонованого методу.

Перевагою проведених досліджень є забезпечення значно більшої точності прогнозування місцезнаходження суден, усунення суттєвої неоднозначності, розпливчастості та непередбачуваності ситуацій екстремального, ризикованого характеру.

Проведені розрахунки підтверджують можливість реального підвищення ймовірності безпечного руху суден не менше ніж 97 %.

Ефективність застосування ІМН залежить від наявних обчислювальних ресурсів.

До недоліків відноситься більші витрати часу на формування вибірки, ніж при використанні лоцманського методу навігації.

## 5.2 Типові уніфіковані моделі і правила оцінювання ефективності техніко-технологічних рішень з визначення навігаційних параметрів

Можливість використання вимірювання будь-якого навігаційного параметру, які використовуються для визначення місця ВТЗ та інших станів, пов'язаних з безпекою судноплавства, характеризується визначенням його похибки, тобто кількісної характеристики відхилення результату вимірювання від істинного значення вимірюваної величини (пеленг, дистанція, курсовий кут, глибина, швидкість тощо) [272, 264]. Для підвищення об'єктивності оцінки похибок вимірювань навігаційних параметрів і визначення шляхів їх зменшення для визначення точності навігаційного обладнання необхідно знати причини виникнення складових повної похибки і закономірності їх змінювання, а також можливість визначення нехтовної малості складових похибки вимірювань без зниження точності врахування кінцевого отриманого параметру, тобто якими складовими похибки або невилученими систематичними похибками можна знехтувати. При цьому завжди треба враховувати, що практично неможливо ні розрахувати, ні експериментально оцінити, особливо при технічних вимірюваннях, похибку з дуже високою точністю. Але в принципі це і не потрібно, оскільки ускладнюються розрахунки при відсутності помітного ефекту. Тому завжди виникає суттєве питання щодо необхідності врахування усіх складових повної похибки навігаційного параметру при її визначенні. Тими з них, вплив яких на повну похибку настільки малий, що в її границях це не буде помітно, можна знехтувати.

Похибки вимірювань параметрів розрізняють за закономірністю (випадкові та систематичні), характером змінювання (постійні і змінні систематичні похибки вимірювань навігаційних параметрів ) або за джерелом виникнення (методичну, інструментальну та суб'єктивну складові похибки вимірювань).

У класичній метрології, вимірювальній техніці, а також в галузі судноводіння під час оцінки похибок цей критерій використовується безпосередньо при арифметичному і алгебраїчному підсумовуванні похибок, а для геометричного підсумовування випадкових похибок на його основі діє інше правило [194, 264, 272].

Проілюструємо його на прикладі підсумовування середнього квадратичного відхилення (СКВ)  $\sigma_1$  і  $\sigma_2$  двох незалежних випадкових похибок

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}. \quad (5.19)$$

Згідно з цим критерієм вважають: якщо, наприклад, дисперсія  $\sigma_1^2$  приблизно в 10 разів більша, ніж дисперсія  $\sigma_2^2$ , тобто  $\sigma_2^2 = 0,1\sigma_1^2$  ( $\sigma_2 = 0,35\sigma_1$ ), то їй можна знехтувати. Разом з тим з урахуванням співвідношення  $\sigma_2^2 = 0,1\sigma_1^2$ , з виразу (5.19) одержимо:  $\sigma_{\Sigma} = 1,05\sigma_1$ . Порівнюючи СКВ  $\tilde{\sigma}_{\Sigma}$  і, бачимо, що при знехтуванні другою складовою похибки (з СКВ  $\sigma_2$ ) СКВ  $\tilde{\sigma}_{\Sigma}$  сумарної похибки зменшиться лише на 5%. Навряд чи з такою малою похибкою можуть визначатися похибки (як повні, так і їх складові) більшості вимірювань, особливо технічних. Тому слід визнати, що розглянутий критерій (або правило) – занадто жорсткий.

Запропоновано застосовувати критерій порівняння систематичної і випадкової похибок, що ґрунтується на співвідношенні границі невилученої систематичної похибки  $\theta_{d\bar{X}}$  і оцінки СКВ випадкової похибки  $\hat{\sigma}_{\bar{X}}$  результату вимірювань  $\bar{X}$ :  $\rho = \theta_{d\bar{X}} / \hat{\sigma}_{\bar{X}}$ . При формулюванні даного критерію за характеристику невилученої систематичної похибки, яка порівнюється з дисперсією випадкової похибки, прийнята дисперсія невилученої систематичної похибки. Для визначення цієї дисперсії за заданим значенням  $\theta_{d\bar{X}}$  допускають, що невилучена систематична похибка розподілена за рівномірним законом і її дисперсія  $\theta_{d\bar{X}}^2/3$ . Тоді при одноразовому вимірюванні СКВ повної похибки результату вимірювань

$$\hat{\sigma}_{\Sigma X} = \sqrt{\hat{\sigma}_X^2 + \frac{\theta_{d\bar{X}}^2}{3}}, \quad (5.20)$$

а її допустиме значення визначається виразом



$$\Delta_{\Delta X} = \pm k_{\Sigma X} \sqrt{\hat{\sigma}_X^2 + \frac{\theta_{\Delta X}^2}{3}}, \quad (5.21)$$

де  $\hat{\sigma}_X$ ,  $\frac{\theta_{\Delta X}^2}{3}$  - оцінки дисперсії випадкової та невилученої систематичної похибок при одноразових вимірюваннях.

Якщо складова випадкової похибки значно перевищує невилучену систематичну похибку, то для її зменшення до рівня невилученої систематичної похибки доцільно виконати багаторазові вимірювання. Допустиме значення повної похибки результату багаторазових вимірювань визначається за формулою:

$$\Delta_{\Delta \bar{X}} = \pm k_{\Sigma \bar{X}} \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_X^2}{n} + \frac{\theta_{\Delta \bar{X}}^2}{3}}. \quad (5.22)$$

Для оцінки змінювання похибки багаторазових вимірювань у порівнянні з похибкою одноразових вимірювань того самого розміру фізичної величини у функції числа вимірювань  $n$  використовується відношення (5.21) до (5.22):

$$G(n) = \frac{\Delta_{\Delta \bar{X}}}{\Delta_{\Delta X}} = \frac{k_{\Sigma \bar{X}} \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_X^2}{n} + \frac{\theta_{\Delta \bar{X}}^2}{3}}}{k_{\Sigma X} \sqrt{\hat{\sigma}_X^2 + \frac{\theta_{\Delta X}^2}{3}}} = \frac{\sqrt{\frac{\rho^2}{3} + \frac{1}{n}}}{\sqrt{\frac{\rho^2}{3} + 1}}, \quad (5.23)$$

звідки

$$\Delta_{\Delta \bar{X}} = G(n) \Delta_{\Delta X}. \quad (5.24)$$

У цих виразах прийнято  $\Theta_{\Delta \bar{X}} = \Theta_{\Delta X}$  та  $k_{\Sigma \bar{X}} = k_{\Sigma X}$ , не дивлячись на те, що коефіцієнти  $k_{\Sigma \bar{X}}$  і  $k_{\Sigma X}$  дещо відрізняються внаслідок різниці композиції розподілів випадкової і невилученої систематичної складових повних похибок, але цією відмінністю в рамках даної задачі можна знехтувати.

Аналіз рівнянь (5.23) і (5.24) при різних значеннях  $n$  показує, що похибка результату багаторазових вимірювань  $\Delta_{\Delta \bar{X}}$  при збільшенні числа спостережень  $n$

спочатку різко зменшується, а потім, при якомусь  $n$ , стабілізується. При цьому можна виділити характерні інтервали  $\rho$ , в яких поведінка функції і похибки  $\Delta_{\text{д}\bar{X}}$  підлягає певним закономірностям. Границями таких інтервалів є значення  $\rho$ : верхнє  $\rho > 8,0$  і нижнє  $\rho < 0,8$ . За умови  $\rho > 8,0$  функція практично не залежить від  $n$ , що відповідає перевазі невилученої систематичної похибки і, отже, в цьому випадку проведення багаторазових вимірювань не доцільне. При умові  $\rho < 0,8$  похибка вимірювань параметрів при збільшенні числа спостережень  $n$  до п'яти різко зменшується, що свідчить про перевагу випадкової похибки вимірювань, а отже, і про необхідність проведення багаторазових вимірювань.

За умови  $0,8 \leq \frac{\theta_{\text{д}\bar{X}}}{\hat{\sigma}_{\bar{X}}} \leq 8,0$  забезпечується порівнянність невилученої

систематичної і випадкової складових похибки вимірювань, тобто необхідно враховувати обидві складові при обчислюванні повної похибки.

На основі наведених положень здійснюється вибір числа спостережень  $n$  при багаторазових вимірюваннях і визначення довірчих границь повної похибки вимірювань за відомими границями довірчого інтервалу випадкової і невилученої систематичної похибок вимірювань. Так, за умови  $\theta_{\text{д}\bar{X}}/\hat{\sigma}_{\bar{X}} > 8,0$ , коли можна знехтувати випадковою похибкою вимірювань, для інтервальної оцінки похибки вимірювань використовується довірчий інтервал  $\theta_{\text{д}\bar{X}}$  невилученої систематичної похибки. За умови  $\theta_{\text{д}\bar{X}}/\hat{\sigma}_{\bar{X}} < 0,8$ , коли невилучена систематична складова нехтовно мала в порівнянні з випадковою складовою, інтервальну оцінку похибки вимірювань можна характеризувати границями  $\overset{\circ}{\Delta}_{\text{д}\bar{X}}$  її випадкової складової).

Вважається доцільним прийняти деякий загальний підхід до формування критеріїв нехтовної малості складових похибки, що придатний для вирішення будь-яких задач, зв'язаних з об'єднанням складових у повну похибку.

Розглянемо один з таких критеріїв. Уведемо позначення:  $\Delta_{\text{max}}$  – максимальне з можливих (наприклад, одержаних за різних умов вимірювань) значення повної похибки, яка включає в себе всі відомі (які вдалось виявити або припустити)

складові незалежно від їх співвідношення;  $\tilde{\Delta}_{\max}$  – максимальне значення повної похибки, що включає в себе тільки ті складові, що істотно на неї впливають, тобто без урахування складових, якими вирішено знехтувати. Повинна бути задана деяка частка повної похибки  $\Delta_{\max}$ , тобто  $\xi\Delta_{\max}$ , яка вважається нехтовно малою при визначенні похибки  $\tilde{\Delta}_{\max}$ . Тоді можна записати

$$\Delta_{\max} - \tilde{\Delta}_{\max} \leq \xi\Delta_{\max} \quad (5.25)$$

або в формі

$$\tilde{\Delta}_{\max} \geq (1 - \xi)\Delta_{\max}. \quad (5.26)$$

Умови (5.25) і (5.26) інтерпретуються таким чином: якщо задана частка похибки  $\Delta_{\max}$ , якою допускається знехтувати, то можна з похибки  $\Delta_{\max}$  вилучити всі ті складові, що не призводять до порушення нерівностей (5.25) або (5.26).

Граничне значення такої похибки навігаційного параметру  $\Delta_{\max}$ , якою допускається знехтувати, визначається виразом

$$\Delta_{\max} = \sum_{j=1}^m |\Delta_{cj}| + k_{\Sigma} \sqrt{\sum_{q=1}^n \hat{\sigma}_{\Delta q}^2}, \quad (5.27)$$

де  $|\Delta_{cj}|$  – модуль  $j$ -ї складової невилученої систематичної похибки;

$\hat{\sigma}_{\Delta q} = \hat{\sigma} \left[ \Delta_q \right]$  – оцінка СКВ  $q$ -ї складової випадкової похибки.

У ряді праць для найбільш типових вимірювань рекомендується приймати значення коефіцієнта  $k_{\Sigma} = 2,0$ . Розставивши складові невилученої систематичної і випадкової похибок у порядку збільшення модулів  $|\Delta_{cj}|$  і значень оцінки СКВ  $\hat{\sigma}_{\Delta q}$ , з урахуванням рівняння (5.27) вираз для граничного значення тієї частини повної

похибки, якою можна знехтувати, має вигляд:

$$\xi\Delta_{\max} = \Delta_{\max} - \tilde{\Delta}_{\max} = \sum_{j=1}^l |\Delta_{cj}| + k_{\Sigma} \sqrt{\sum_{q=1}^r \hat{\sigma}_{\Delta q}^2}, \quad (5.28)$$

де  $l < m$  і  $r < n$ ;  $l, r$  – номери найбільших з тих малих складових систематичної і випадкової похибок відповідно, якими можна знехтувати.

### **5.3 Функціональний розвиток річкової інформаційної служби на внутрішніх водних шляхах України**

Україна стратегічно розташована в оточенні великих річок Східно-Європейської височини, де вони традиційно є транспортним вузлом, і перевезення по ВВШ є невід'ємною частиною української транспортної системи.

Інфраструктура ВВШ України (річці Дніпро і українській ділянці річки Дунай, які входять найбільш важливіших європейських ВВШ та внесені до т.н. Європейської «Синьої книги») складає 1100 км, які необхідно було повною мірою забезпечити сервісами, що надаються в європейських країнах, зокрема Річкової інформаційної служби (РІС). Завданням РІС є підвищення безпеки та ефективності на річковому транспорті за рахунок впровадження інноваційних, інформаційних та комунікаційних послуг для користувачів на ВВШ.

В 2010-2011 р.р. Державною адміністрацією морського та річкового транспорту за безпосередньою участю автора цієї роботи було вжито комплексних науково-технічних, організаційних та нормативних заходів для запровадження радіонавігаційних технічних засобів та апаратури АІС для функціонального розвитку річкової інформаційної служби (РІС) на ВВШ України, а саме на р. Дніпро, як українського сегменту єдиної Європейської річкової інформаційної служби.

Розбудова Річкової інформаційної служби України на р. Дніпро здійснювалася відповідно до наказу Міністерства транспорту та зв'язку України від 15.10.2010

№ 753 «Про заходи щодо впровадження річкової інформаційної системи на внутрішніх водних шляхах України» з урахуванням Директиви 2005/44/ЄС Європейського парламенту і Ради Європи від 07.09.2005 «Про гармонізовану Річкову інформаційну службу на внутрішніх водних шляхах Співтовариства» та Рекомендацій з використання Inland AIS, виданих Дунайською комісією [249].

У створенні цієї системи у 2010-2011 роках приймав безпосередню участь автор цієї роботи, та були врахуванням наукові розробки, наведені у работах [258, 260, 269, 271, 281, 283, 299]. Нижче надається інформація про науково-технічні рішення та результати послідовного запровадження функціонального розвитку РІС.

Для можливості сталого функціонування системи РІС на р. Дніпро розрахунки радіопокриття проводилися за допомогою програмного комплексу Atoll виробництва французької фірми Forsk Atoll, призначеного для планування і оптимізації мереж радіозв'язку (<http://forsk.com>).

Для реалізації проекту розрахунків були виконані наступні завдання:

- ✓ формування електронної карти Української ділянки р. Дніпро в масштабі 1:200.000;
- ✓ побудова цифрової моделі рельєфу, яка була виконана по точках, що визначають структуру рельєфу і які були набрані за раніше створеною топографічної карти;
- ✓ розрахунок зон радіовідомості для передбачуваних точок розміщення базових станцій АІС з урахуванням можливості висоти установки антен.

Вихідними даними для створення цифрової картографічної основи на Українській ділянці р. Дніпро послужили листи топографічних карт р. Дніпро масштабів 1:100.000 в растровому форматі.

При створенні інформаційної основи радіопокриття в районі р. Дніпро основний упор ставився на рельєф. Умови розповсюдження радіохвиль та впевненого прийому значною мірою залежать від профілю рельєфу місцевості: поверхня не є рівною та наявні перешкоди у вигляді гір, пагорбів, великих сотів, будинків, тощо (рис. 5.14). Для розрахунку радіохвиль в умовах середньої частини

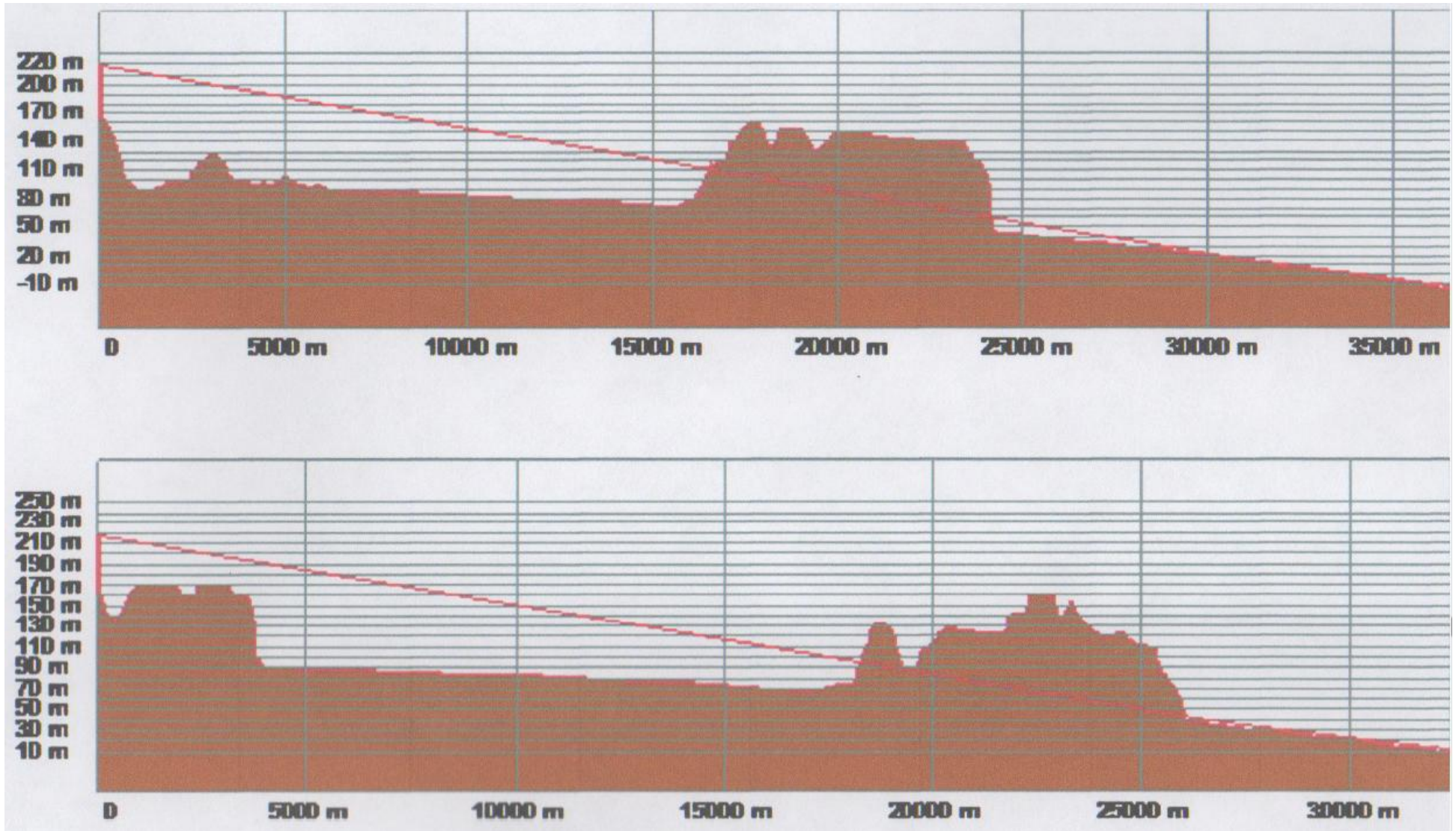


Рисунок 5.14 – Приклад врахування рельєфу місцевості під час розрахунку фактичної дальності дії станцій АІС на р. Дніпро

$$W(R) = \frac{1}{R_{max} - R_{min}} \quad , \quad (5.29)$$

де  $R_{max}$  та  $R_{min}$  – максимальна та мінімальна дистанція між радіостанціями.

Якщо дистанція між радіостанціями в діапазоні між  $R_{max}$  та  $R_{min}$  є рівновероятними, тобто радіостанції рівномірно розподілені на площині місцевості.

В цьому випадку

$$W(R) = \frac{2R}{R_{max}^2 - R_{min}^2} \quad , \quad (5.30)$$

У іншому випадку деяка дистанція  $R$  більш вірогідна в заданому інтервалі дистанцій. При цьому можна використовувати закон розподілу Максвелла [170], за яким плотність розподілу є симетричною відносно середнього значення дистанції

$$W(R) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \frac{R^2}{\sigma_R^2} \cdot e^{-\frac{R^2}{2\sigma_R^2}} \quad , R \geq 0. \quad (5.31)$$

де  $\sigma_R^2$  – дисперсія дистанцій.

Для зазначених цілей з приблизно таким же результатом можна використовувати також Релєєвський закон розподілу взаємних віддалень радіостанцій

$$W(R) = \frac{R}{\sigma_R^2} e^{-\frac{R^2}{2\sigma_R^2}} \quad , R \geq 0. \quad (5.32)$$

Крім того, радіозв'язок в діапазоні УКХ залежить від статичних характеристик  $\mu$  амплітудного коефіцієнту передачі радіосигналів між станціями та від типу адитивних завад в зонах радіоконтакту.

Одномірна плотність  $W$  вірогідності  $\mu$  при цьому визначається таким багатопараметричним розподілом

$$W_{(\mu)} = \frac{\mu}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \cdot \frac{m_y^2 + \mu^2}{2\sigma_y^2} - \frac{m_x^2}{2\sigma_x^2} \cdot \sum_{k=0}^{\infty} \frac{H_{2k}(\alpha)}{(2k)!! 2^k} \cdot \mu^k \left(\frac{\sigma_y}{m_y}\right)^k \cdot \left(\frac{1}{\sigma_x^2} - \frac{1}{\sigma_y^2}\right)^k \cdot I_{2k}\left(\frac{\mu m_y}{\sigma_y^2}\right) \quad (5.33)$$

де  $\sigma_x^2 \leq \sigma_y^2$  – дисперсія компонент коефіцієнту передачі радіосигналу в ортогональному вигляді;

$m_x$  та  $m_y$  – значення ортогональних компонент  $\mu$  ;

$$\frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2} < 1;$$

$H_{2k}(\dots)$  та  $I_{2k}(\dots)$  – модифіковані функції Бесселя II-го та I-го роду;

$$\alpha = \frac{m_x}{\sqrt{2} \cdot \sigma_y^2 \cdot \sqrt{\frac{1}{\sigma_x^2} \cdot \frac{1}{\sigma_x^2}}} .$$

Крім того, на дальність дії радіозв'язку впливає напруженість електричного поля, яка на пряму залежить від діелектричної проникності  $\epsilon$  та провідності  $\gamma$  земної поверхні, та може бути розрахована для діапазону СВ та УКХ за відношенням Шулейкіна – Ван-дер-Поля [170, 253].

$$E_{mIB} = \sqrt{2} \cdot E_{mCB} 2|W|, \quad (5.34)$$

$$\text{де } E_{mCB} = \frac{\sqrt{60} P_{\text{випр}} \cdot D_{\text{max}} \cdot F(\xi, \Theta)}{r} ;$$

$E_{mCB}$  – амплітудне значення напруженості електричного поля;



$P_{\text{випр}}$  – потужність випромінювання передатчика;

$D_{\text{мах}} = D(\xi, \Theta)$  – максимальне значення діаграми направленості передатчика;

$F(\xi, \Theta)$  – діаграма напруженості за потужністю;

$r$  – дистанція радіозв'язку;

$|W|$  – множитель зменшення міцності сигналу, що є функцією параметру  $\rho$

$$\rho = \frac{\pi r}{\lambda} \cdot \frac{\sqrt{(\varepsilon-1)^2 + (60\gamma\lambda)^2}}{\varepsilon^2 + (60\gamma\lambda)^2} ; \quad (5.35)$$

де  $\varepsilon$  – діелектрична проникність водної та земної поверхні та  $\gamma$  – провідність водної та земної поверхні, значення яких наведені у таблиці 5.11.

Таблиці 5.11 – Діелектрична проникність та провідність для найбільш типових видів водної та земної поверхні в районі р. Дніпро протягом року

Вид водної чи земної поверхні	$\varepsilon$ – діелектрична проникність водної та земної поверхні, (Ф/м)	$\gamma$ – провідність водної та земної поверхні, (С/м)
Прісна вода річкової та водосховищної частин р. Дніпра за температурою $\approx 20^\circ$	90	$2 \cdot 10^{-2}$
Вологий ґрунт узбережжя за температурою $\approx 20^\circ$	15 – 30	$10^{-1} - 10^{-2}$
Сухий ґрунт узбережжя за температурою $\approx 20^\circ$	3 – 6	$10^{-4} - 2 \cdot 10^{-3}$
Лісний покрив за температурою $\approx 20^\circ$	1,005	$10^{-6} - 10^{-5}$
Сніжний покрив на узбережжі за температурою $\approx 0^\circ$	1,2	$10^{-6}$
Лід за температурою $\approx -5-10^\circ$	4 – 5	$10^{-1} - 10^{-2}$

З урахуванням вищезазначених даних для створення системи РІС були побудовані цифрові моделі рельєфу (ЦМР) за кожним районом, які надають уявлення про досліджувану територію та дозволяють вирішувати ряд завдань з побудови профілів рельєфу та зон прямої радіовидимості в діапазоні УКХ.

Для створення ЦМР виконана векторизація растрової карти, створені наступні шари: планово-висотна основа; гідрографія; урізи води; кордони; населені пункти.

Планово-висотна основа створена як нерегулярна сіткова модель по структурних лініях рельєфу; густина точок визначена типом рельєфу. За даної моделі побудована матриця з кроком 50 м. Метод побудови – середньозважена інтерполяція по восьми напрямках.

Проведені теоретичні та практичні дослідження засобів ДВЧ, розташованих на субцентрах РІС і автоматичних постах РІС-Дніпро, показали, що забезпечують радіопокриття не менше ніж 98,3 % усієї судноплавної акваторії р. Дніпро від устя до м. Вишгород.

Основні технічні характеристики станцій АІС:

- потужність несучої частот – з 12,5 Вт; 2,0 Вт;
- чутливість приймача – 0,5 мкВ;
- час зростання та спаду потужності – 1 мс;
- частота АІС-1 – 161,975 МГц;
- частота АІС-2 – 162,025 МГц;
- крок сітки – 25, 12,5 кГц;
- робота кожної станції АІС (берегових та суднових) повинна бути жорстко синхронізована з координованим всесвітнім часом (UTC) від приймача ГНСС.

Транспондери берегових станцій АІС відповідають вимогам Європейського стандарту для систем виявлення та відстеження суден на ВВШ (Inland Vessel Tracking and Tracing Standard, 2006) та виконують такі основні функції:

- ✓ в автоматичному режимі приймати та передавати АІС-повідомлення з/на судові транспондери відповідно до міжнародних стандартів;

- ✓ працювати в автономному режимі, керуючись режимом роботи суднових станцій (інтервали передачі повідомлень, слоти для їх передачі, запити повідомлень тощо);
- ✓ відповідати з мінімальною затримкою на виклики з вищими пріоритетами і виклики, пов'язані з безпекою;
- ✓ транслювати АІС-повідомлення;
- ✓ передавати на ВТЗ інформацію про місцезнаходження і рух суден, не обладнаних АІС, тощо.

Проведені науково-технічні розрахунки, зокрема, розрахунки, наведені в главі 5.1., та запровадження системи антенних пристроїв на березу вздовж узбережжя р. Дніпро відповідно до вищезгаданих параметрів дозволили 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.

Серед інших заходів щодо комплексного забезпечення функціонування РІС на р. Дніпро був визначений комплекс заходів щодо створення річкової інформаційної служби на ВВШ України (за участю автора підготовлений та виданий наказ Міністерства інфраструктури України від 05.02.2011 № 7 (Додаток Ж, п. 59), яким передбачено обов'язкове оснащення пасажирських суден валовою місткістю більше 300 та ВТЗ, що перевозять небезпечні вантажі - до початку навігації 2014 року, а інших ВТЗ – до початку навігації 2015 року.

Особисто автором в 2011 р. та 2013-2014 р.р. був забезпечений контроль за виконанням усіма ВТЗ та судновласниками вимог щодо встановлення на ВТЗ, що плавають на р. Дніпро, радіонавігаційного обладнання, передбаченого зазначеним наказом від 05.02.2011 № 7 та наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 22.07.2008 № 912 «Про затвердження Переліку обов'язкового суднового навігаційного обладнання та систем для торговельних суден (за винятком риболовних суден) валовою місткістю менше 150 одиниць, які здійснюють будь-які рейси, та інших суден, що не здійснюють міжнародні рейси» (Додаток Ж, п. 56). За результатами вжиття вищезазначених комплексних заходів науково-технічного, організаційного та нормативного характеру фахівцями ДП «Дельта-Лоцман» та

Державної адміністрації морського і річкового транспорту України було забезпечено створення системи РІС на р. Дніпро та покриття всієї судноплавної частини р. Дніпро станціями системи АІС.

Загальна інформація про послуги, що надаються РІС, надані у таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 – Послуги, що надаються РІС з метою навігаційного забезпечення ВТЗ

Розділ	Інформація	Наявність і реалізація
Повідомлення судноводіям	Фарватер і рух суден	Інформація по річках Дніпро і Дунай надається у форматах: текстових повідомлень, Xml, Code
	Рівень води	Інформація надається по 25 водомірним постам (22 пости на річці Дніпро та 3 пости на річці Дунай)
	Льодова обстановка	Надання інформації реалізовано по всіх ділянках водних шляхів
	Метеопрогноз	Реалізовано в форматах: текстових повідомлень, Xml, Code
	Спосіб передачі	УкрРІС-портал <a href="http://ukrris.com.ua">http://ukrris.com.ua</a> Розсилка NtS зареєстрованим користувачам, публікація на сайті, онлайн-доступ
АІС	Інфраструктура АІС	РІС має в своєму складі шість підцентрів та 24 автоматичних пости на р. Дніпро та 5 постів на р. Дунай
	Бортове обладнання	Реалізовано на базі станцій Т-214
	Обмін	Обмін інформацією забезпечується базовими станціями як в режимах «станція-станція», «станція-ВТЗ», так і в режимі «ВТЗ-ВТЗ»
ЕНК	Охоплення	Реалізовано на базі ЕНК стандарту 2.0. Повне охоплення відповідно до Директиви ЄС стосовно впровадження РІС
	Безоплатне надання інформації	Реалізовано через сайт РІС <a href="http://ukrris.com.ua">http://ukrris.com.ua</a>

Продовження таблиці 5.12

РІС Індекс	Правильне використання	Реалізовано. Адаптований до оновлень в керівництві з кодування РІС Індeksu
	Синхронізація з ERDMS	Отримання довідкових даних в масштабах Європейського Союзу не реалізовано
Управління рухом		Не передбачено задачами РІС
Бортове обладнання	Обладнання АІС	Реалізовано. За окремими типами суден установка бортових комплектів АІС обладнання визначена до початку навігації 2016 р.
	ЕРІ	Обмін інформацією реалізований через сайт <a href="http://ukrris.com.ua">http://ukrris.com.ua</a> або безпосередньо на АІС-приймач

Особливістю даного проекту є наявність у його складі спеціально розробленого відкритого інформаційного web-порталу (<http://ukrris.com.ua>), за допомогою якого відбувається збір інформації від різних підсистем РІС та її надання її користувачам в режимі реального часу.

У РІС реалізовано низку елементів “e-Navigation”, у тому числі можливість автоматизованого обміну інформацією по каналу АІС, автоматичну розсилку повідомлень на адресу судна, моніторинг засобів навігаційного забезпечення, закладено перспективу передачі даних диференціальних поправок ГНСС та ін.

Головною відмінністю розробленої системи є процедура підготовки та розсилки повідомлень судноводіям, що дозволяє в автоматичному режимі надавати електронні сповіщення (NtS) на 24 європейських мовах в трьох форматах: текстовому, Code і html. Таке рішення створює умови для розширення навігації іноземних суден на ВВШ України. У відповідності з технічним завданням в програмно-апаратному комплексі РІС [258] передбачений інтерфейс для обміну інформацією по судноплавству в режимі реального часу з аналогічними службами суміжних країн.

Існуюча структура РІС надає безпосередньо на робоче місце керівника підприємства, на борт ВТЗ судноводію, інформацію про поточну дислокації суден на водних шляхах з безпосереднім відображенням на електронних картах, відображає на карті порти, розташування гідротехнічних споруд і знаків навігаційної обстановки, забезпечує реєстрацію рейсів і фіксацію проходження контрольних пунктів на річці, що дозволяє не тільки збирати статистику щодо судно- і вантажопотоків, а й має сприяти залученню вантажопотоків на внутрішній водний транспорт і знижувати витрати на систему управління рухом суден.

Відображення процесу комплексної обробки інформації, діяльності, ролей та управлінських завдань для внутрішнього судноплавства, а також структурна модель РІС на ВВШ України наведено на рис. 5.15 та рис. 5.16 [258].

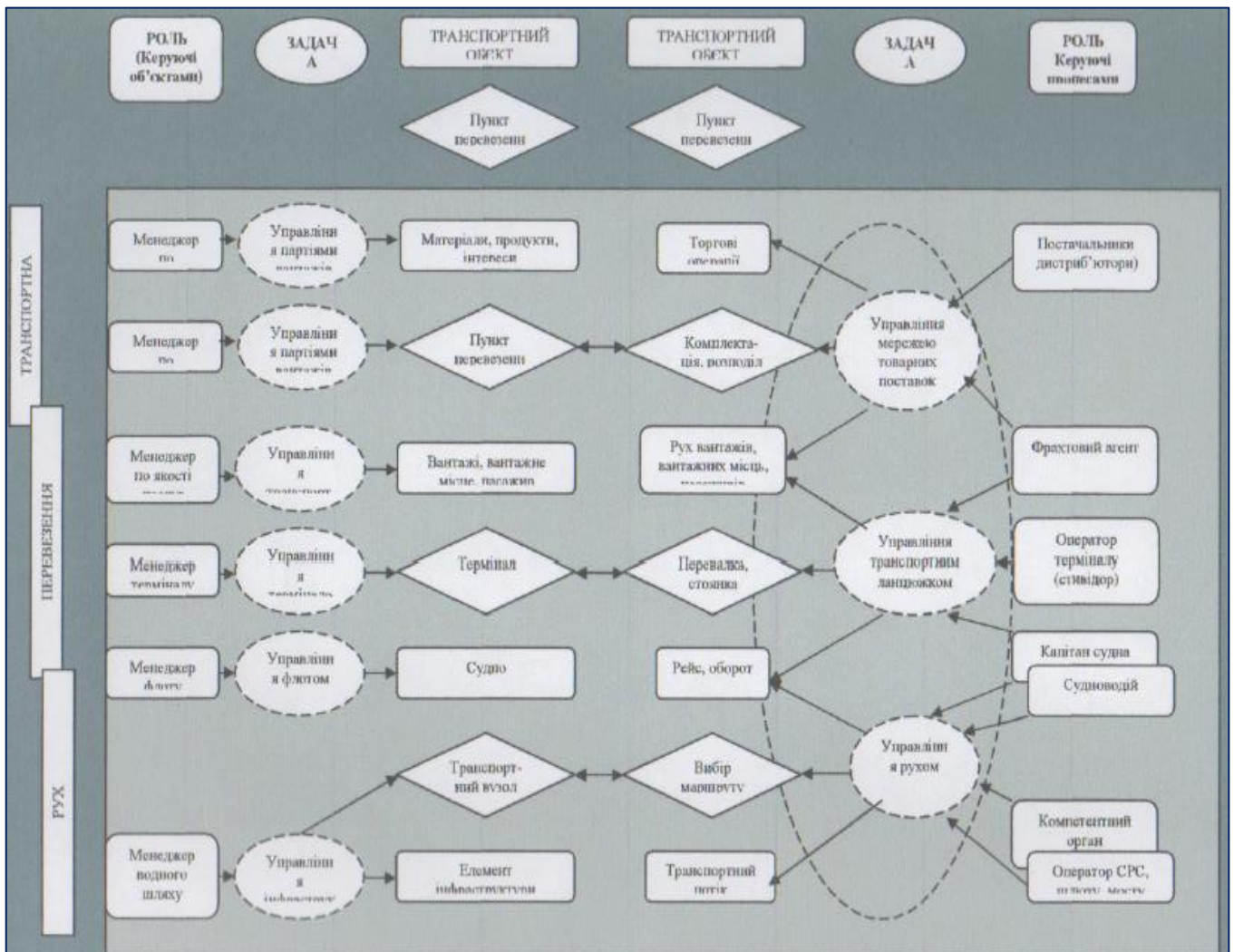


Рисунок. 5.15 – Комплексна обробка інформації в системі РІС з для річкового судноплавства

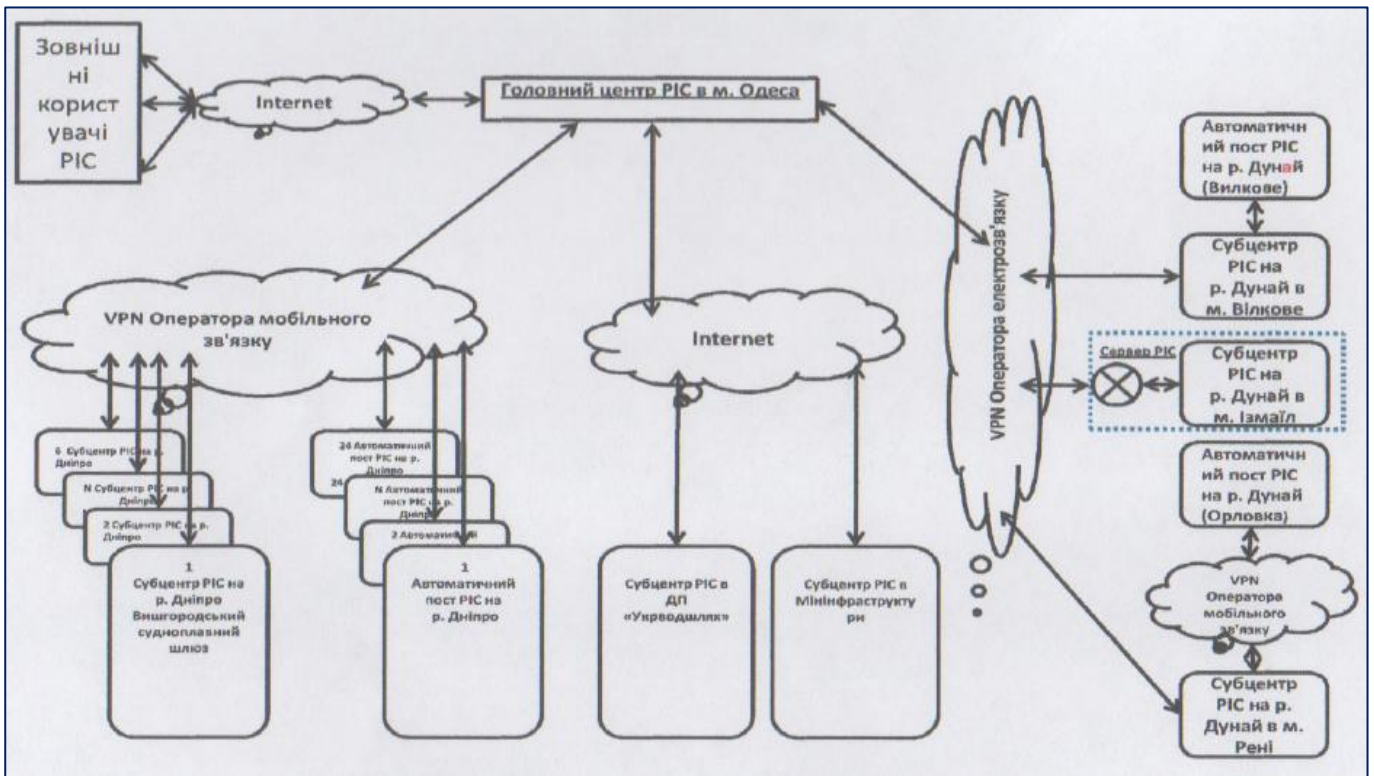


Рисунок 5.16 – Структурна модель річкової інформаційної служби на ВВШ України

На рис. 5.17 та рис. 5.18 наведено загальна модель «РІС-Дніпро» та загальні моделі WEB-порталу РІС-«Дніпро». Моделі Служби «Повідомлення судноводіям», Служби «Інформація про рух», «Електронні повідомлення», «Безпека», «Гідроспороди» та Схема взаємодії ДП «Укрводшлях» та WEB-порталу РІС-«Дніпро» наведені на рис. 5.19 (а), (б), (в), (г), (д), (е).

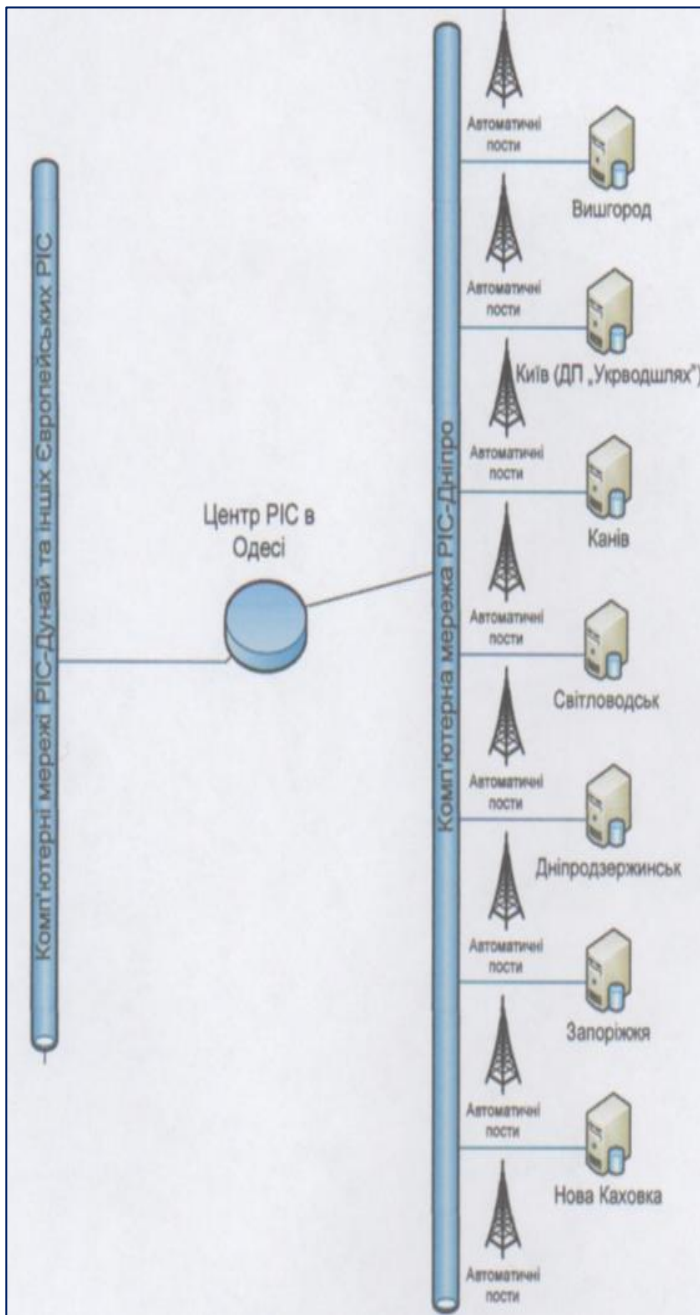


Рисунок 5.17 – Загальна модель  
PIC «Дніпро»

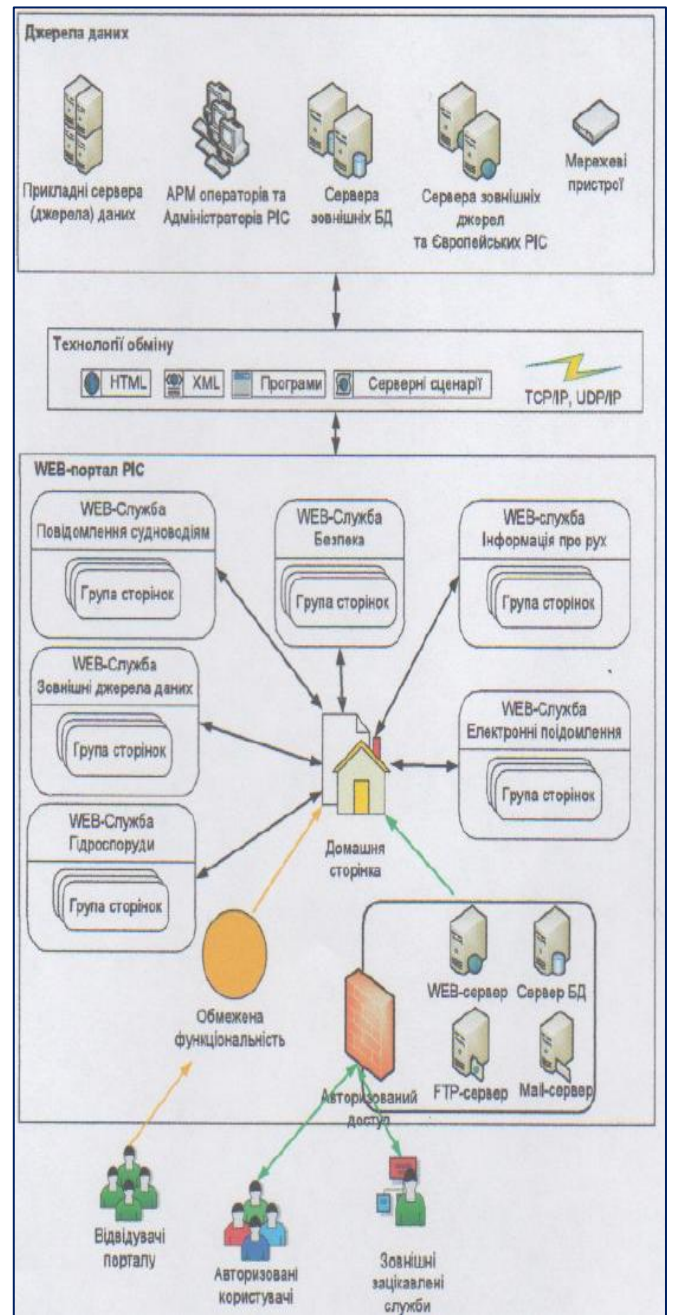


Рисунок 5.18 – Загальна модель  
WEB-порталу PIC-«Дніпро»



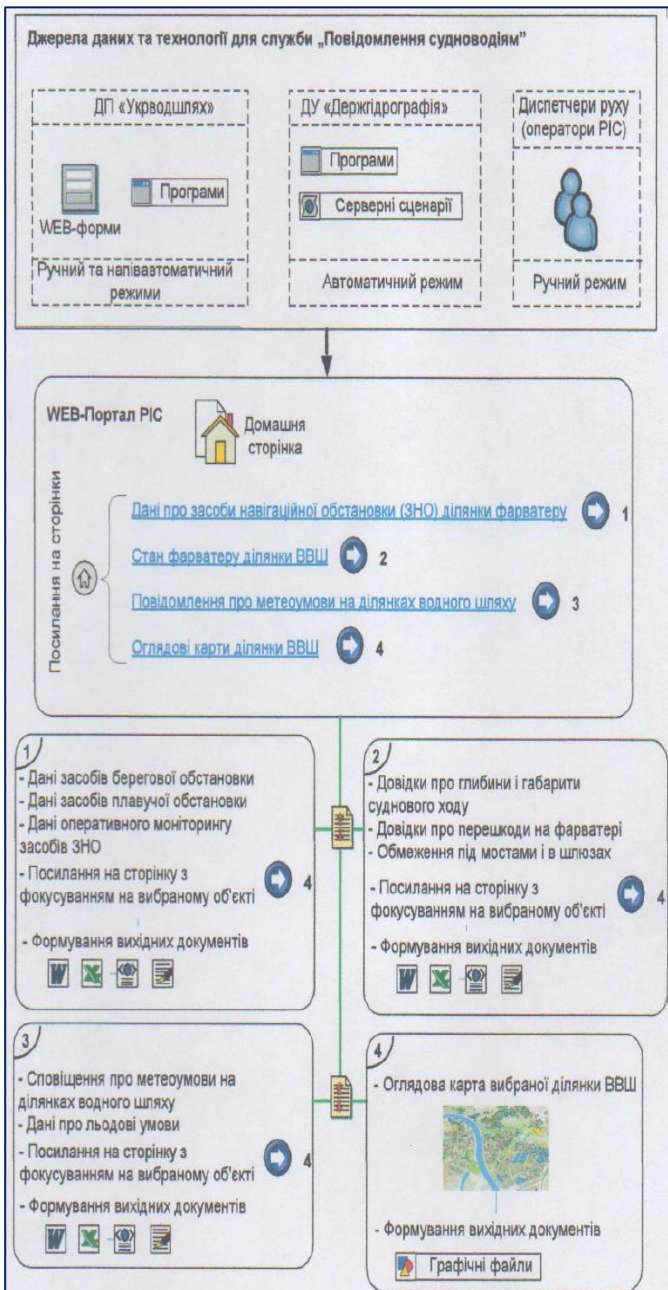


Рисунок 5.19 (а) – Модель Служби «Повідомлення судноводіям»

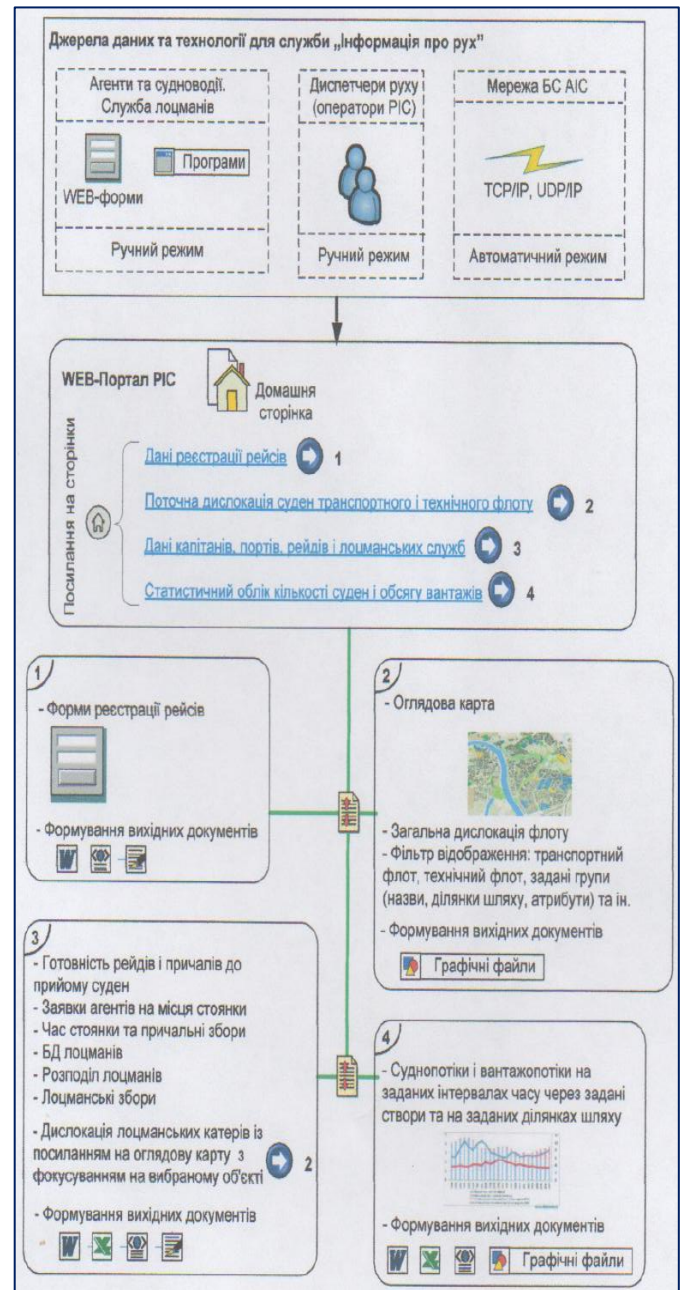


Рисунок 5.19 (б) – Модель Служби «Інформація про рух»

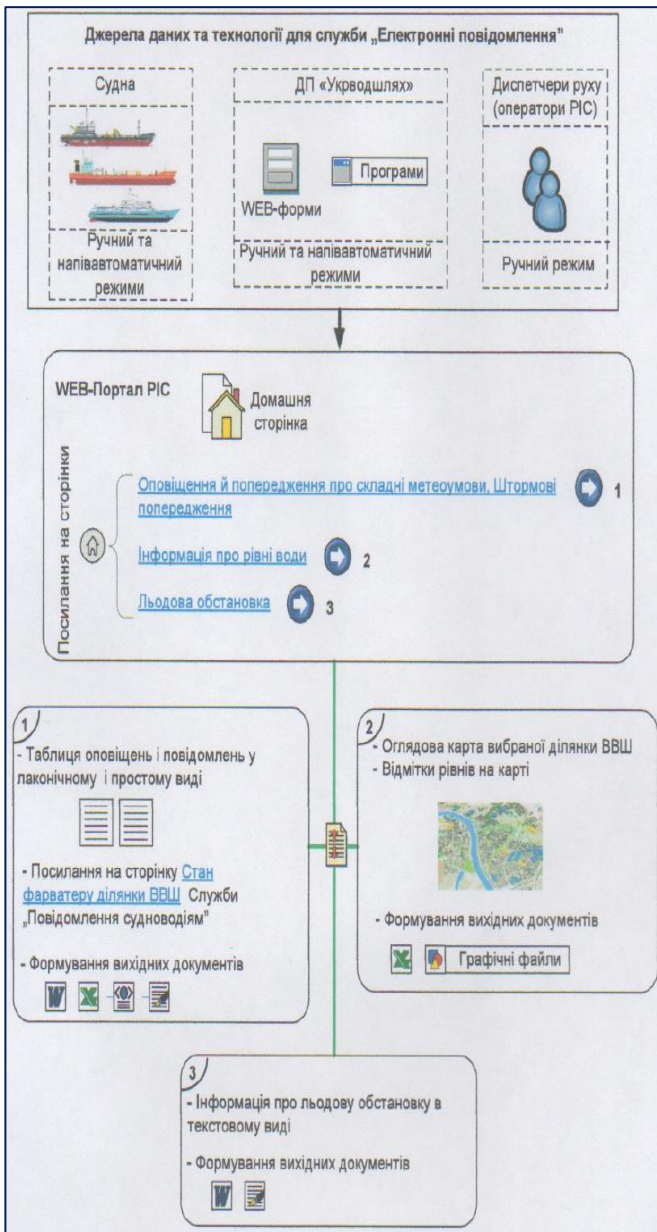


Рисунок 5.19 (в) – Модель Служби «Електронні повідомлення»

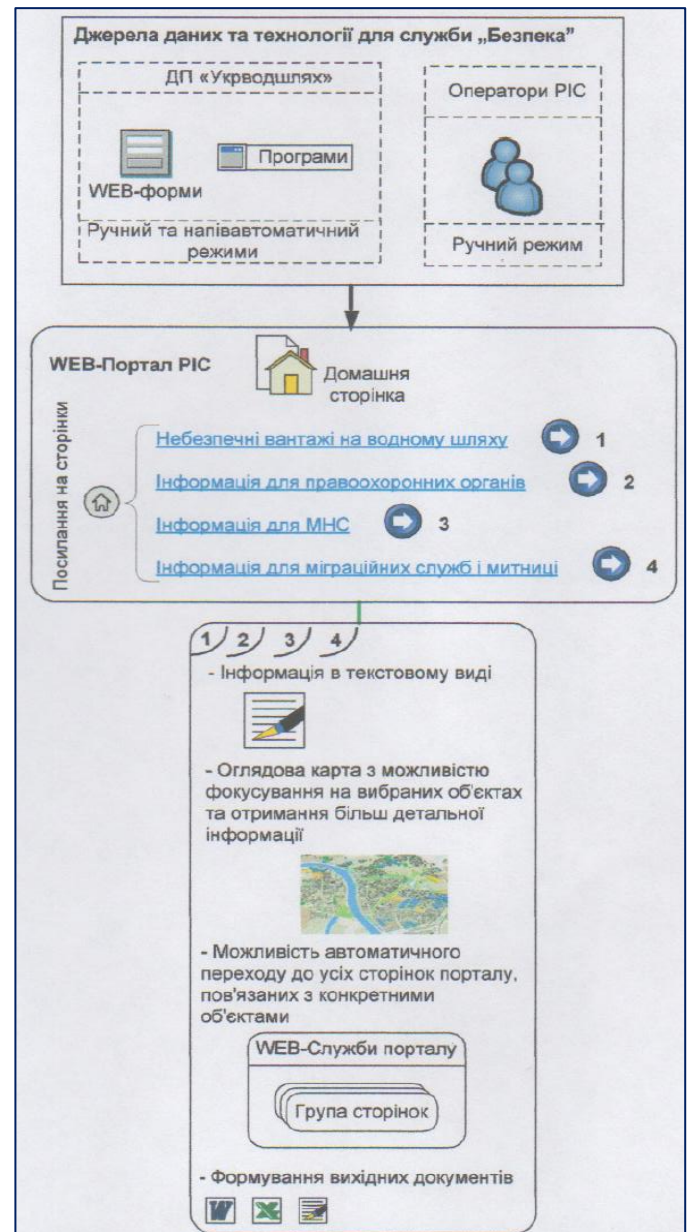


Рисунок 5.19 (г) – Модель Служби «Безпека»

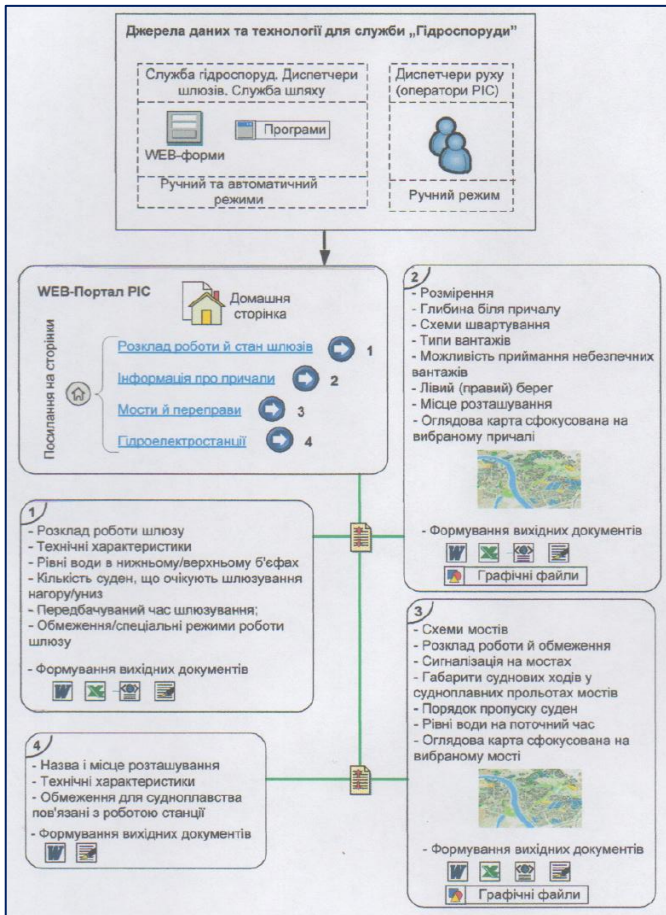


Рисунок 5.19 (д) – Модель Служби «Гідротранспорту»

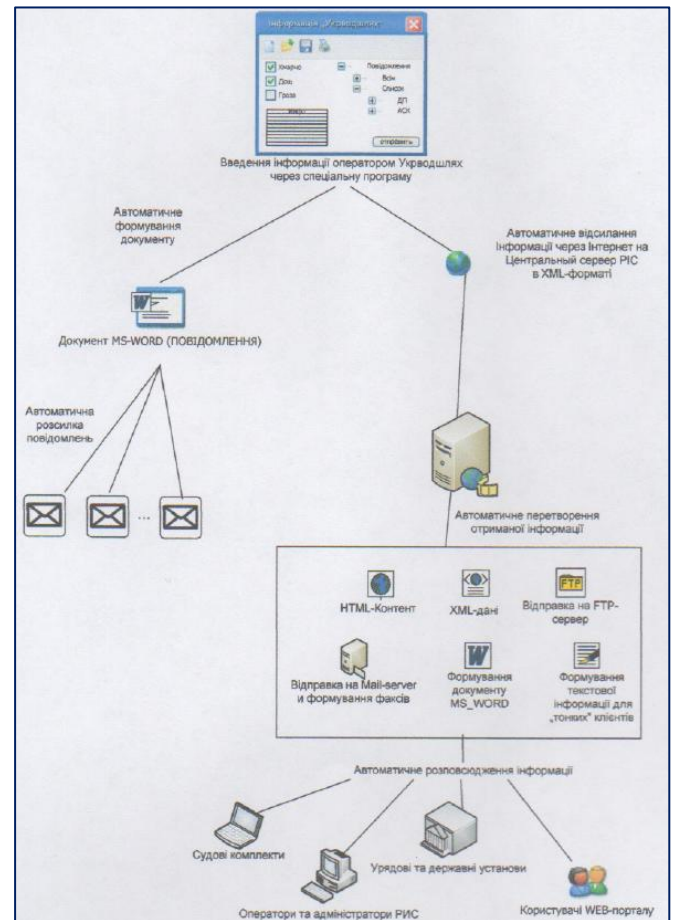


Рисунок 5.19 (е) – Модель взаємодії ДП «Укрводшлях» та WEB-порталу РІС-«Дніпро»

Структура Річкової інформаційної служби України, фотографії субцентрів РІС, загальна схема розташування РІС на р. Дніпро; схема розташування субцентрів і станцій РІС в районі м. Київ; схема відображення зон радіо покриття сигналом ДВЧ діапазону на берегових стаціях наведено на рис. 5.20 – 5.25.

Радіотехнічне обладнання автоматичних постів РІС встановлено на базових станціях мобільного зв'язку ПрАТ «МТС» та ПрАТ «Київстар» із зазначенням висот розміщення фазових центрів антен ДВЧ-зв'язку над рівнем поверхні землі в місцях установки. При цьому:

➤ висоти встановлення антен з коефіцієнтом посилення 3дБі на вежі базової станції вибиралися виходячи з технічних можливостей, але не нижче 60 м від рівня води;

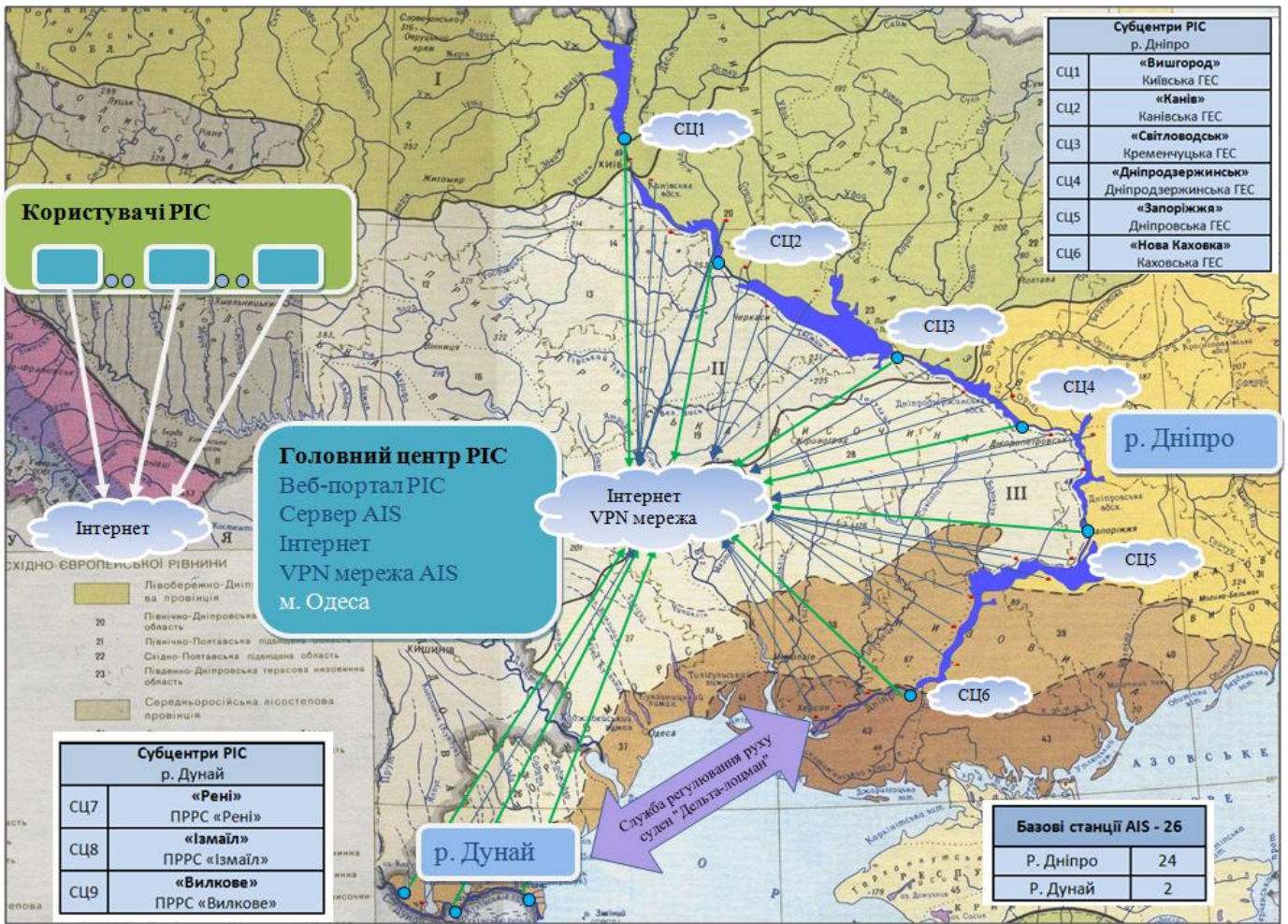


Рисунок 5.20 – Приклад поліергатичного забезпечення судноплавства Річкової інформаційної служби України



Рисунок 5.21 – Субцентри Річкової інформаційної служби на р. Дніпро

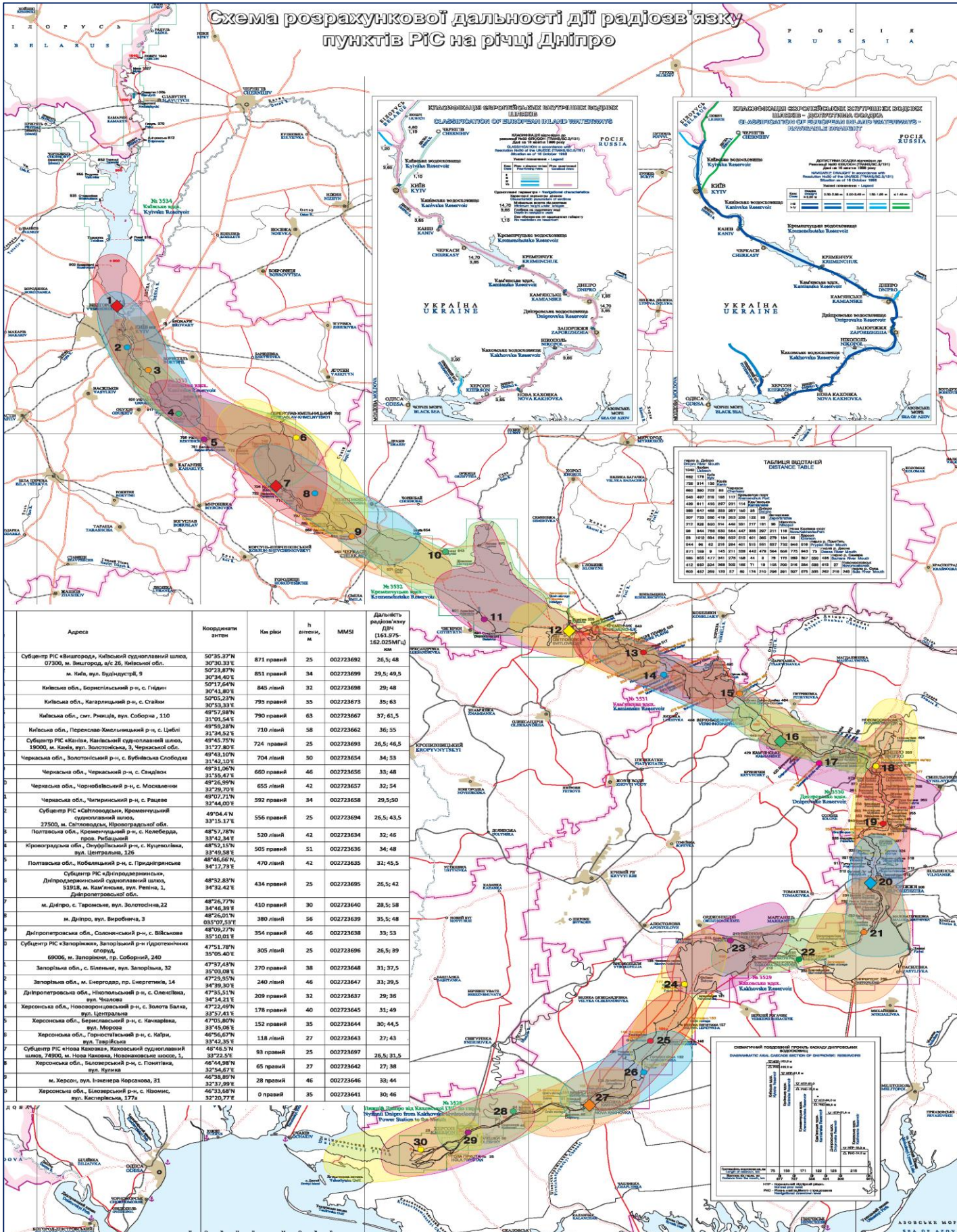


Рисунок 5.22 – Покриття річки Дніпро сигналами AIS в системі РІС

№	Адреса	Координати антен	Км ріки	h антени, м	MMSI	Дальність радіозв'язку ДВЧ (161.975-162.025МГц) км
1	Субцентр РІС «Вишгород», Київський судноплавний шлюз, 07300, м. Вишгород, а/с 26, Київської обл.	50°35.37'N 30°30.33'E	871 правий	25	002723692	26,5; 48
2	м. Київ, вул. Будіндустрії, 9	50°23,87'N 30°34,40'E	851 правий	34	002723699	29,5; 49,5
3	Київська обл., Бориспільський р-н, с. Гнідин	50°17,64'N 30°41,80'E	845 лівий	32	002723698	29; 48
4	Київська обл., Кагарлицький р-н, с. Стайки	50°05,23'N 30°53,33'E	795 правий	55	002723673	35; 63
5	Київська обл., смт. Ржищів, вул. Соборна, 110	49°57,98'N 31°01,54'E	790 правий	63	002723667	37; 61,5
6	Київська обл., Переяслав-Хмельницький р-н, с. Циблі	49°59,28'N 31°34,52'E	710 лівий	58	002723662	36; 55
7	Субцентр РІС «Канів», Канівський судноплавний шлюз, 19000, м. Канів, вул. Золотоніська, 3, Черкаської обл.	49°45.75'N 31°27.80'E	724 правий	25	002723693	26,5; 46,5
8	Черкаська обл., Золотоніський р-н, с. Бубнівська Слободка	49°43,10'N 31°42,10'E	704 лівий	50	002723654	34; 53
9	Черкаська обл., Черкаський р-н, с. Свидівок	49°31,06'N 31°55,47'E	660 правий	46	002723656	33; 48
10	Черкаська обл., Чорнобаївський р-н, с. Москаленки	49°26,99'N 32°29,70'E	655 лівий	42	002723657	32; 54
11	Черкаська обл., Чигиринський р-н, с. Рацеве	49°07,71'N 32°44,00'E	592 правий	34	002723658	29,5;50
12	Субцентр РІС «Світловодськ», Кременчуцький судноплавний шлюз, 27500, м. Світловодськ, Кіровоградської обл.	49°04.4'N 33°15.17'E	556 правий	25	002723694	26,5; 43,5
13	Полтавська обл., Кременчуцький р-н, с. Келеберда, пров. Рибаський	48°57,78'N 33°42,34'E	520 лівий	42	002723634	32; 46
14	Кіровоградська обл., Онуфріївський р-н, с. Куцеволівка, вул. Центральна, 126	48°52,15'N 33°49,58'E	505 правий	51	002723636	34; 48

Рисунок 5.23 – Інформація стосовно субцентрів і станцій РІС на р. Дніпро в районі м. Київ

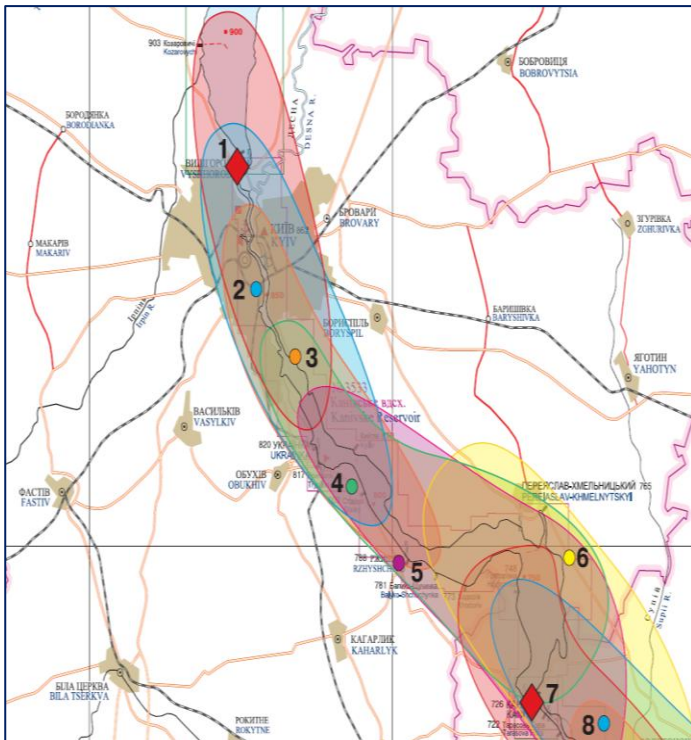


Рисунок 5.24 – Розташування субцентрів і станцій РІС в районі м. Київ

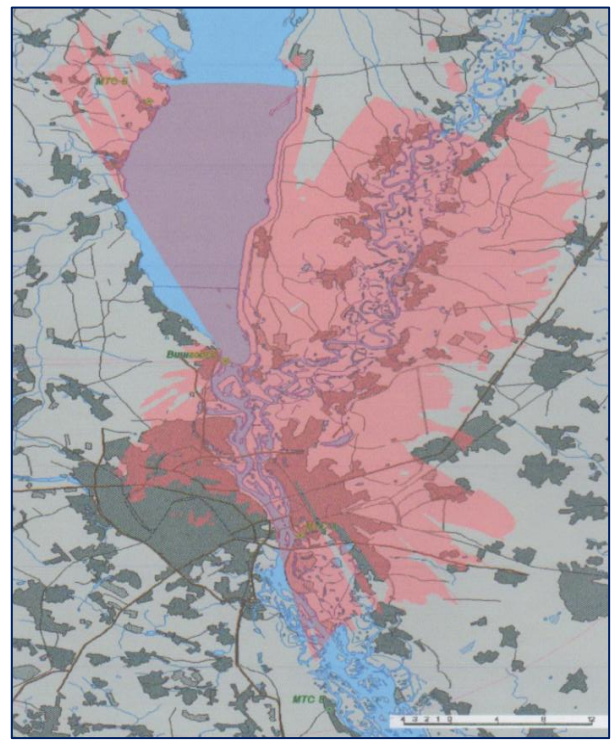


Рисунок 5.25 – Відображення зон радіо покриття сигналом ДВЧ діапазону на станціях в районі м. Києва з урахуванням рельєфу місцевості

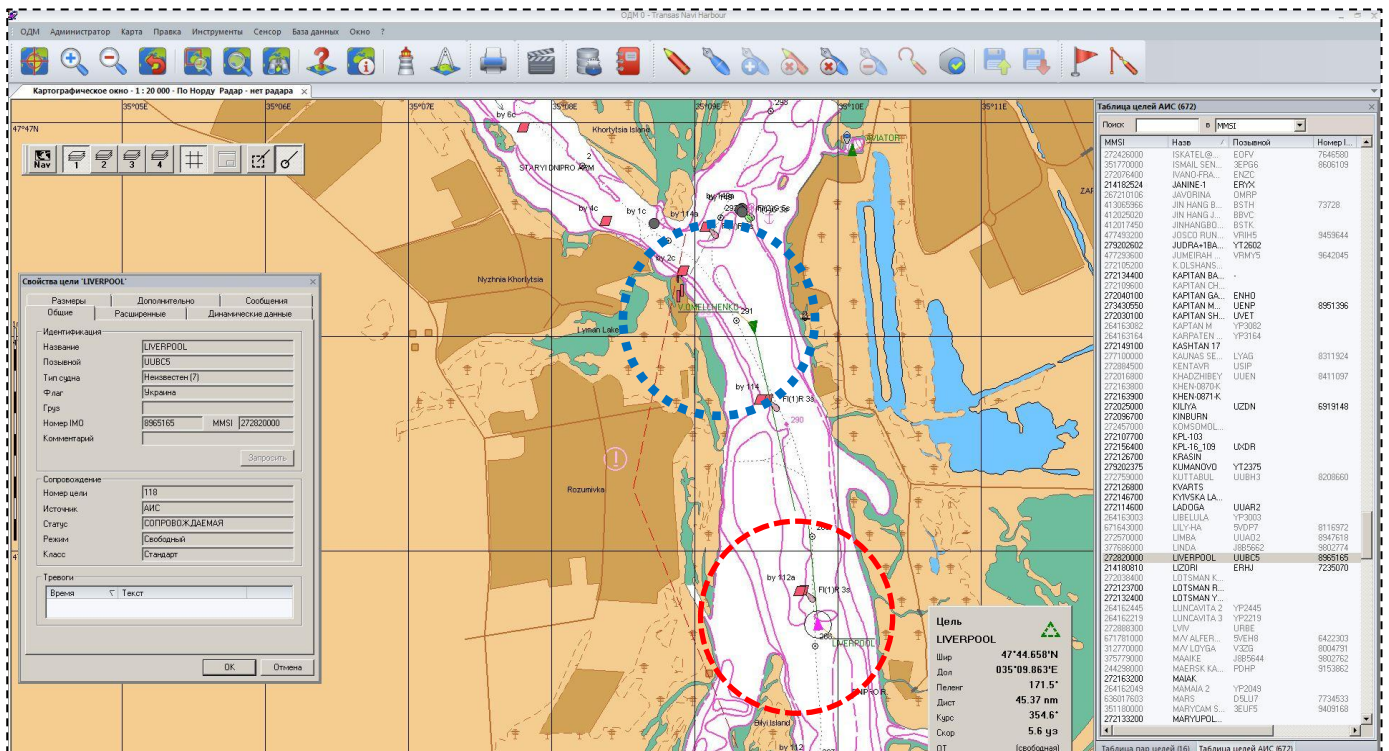


Рисунок 5.26 – Запровадження контролю за рухом ВТЗ за допомогою ЕКНІС Річкової інформаційної служби

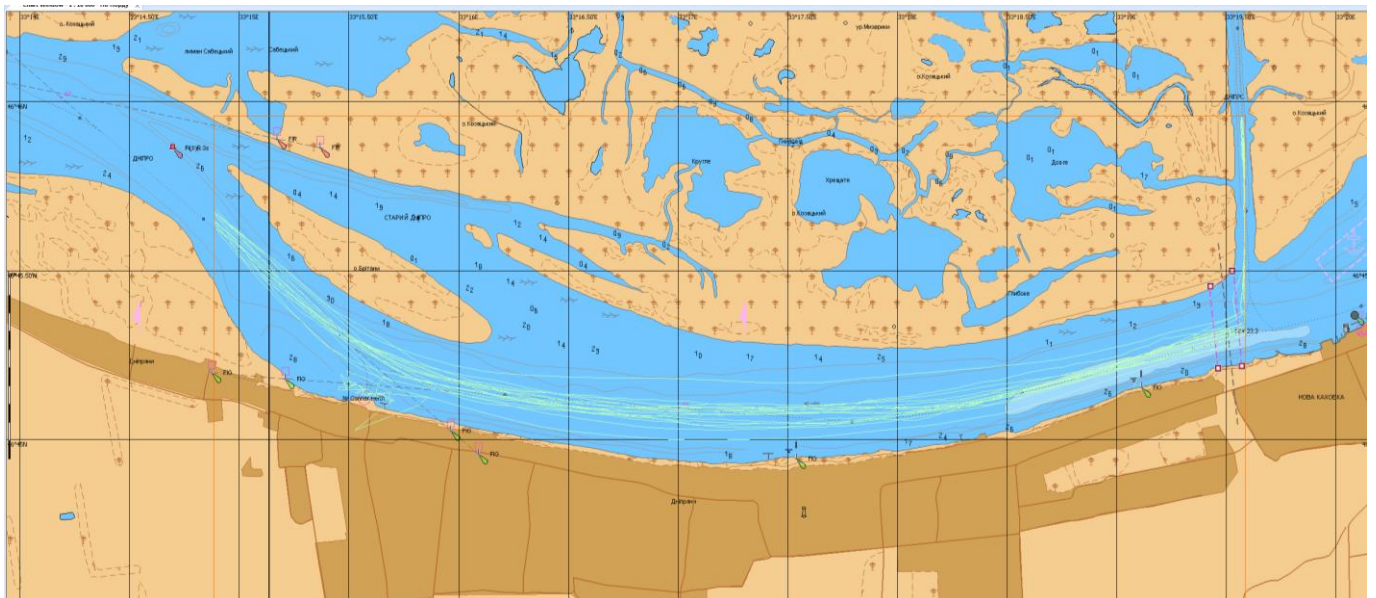


Рисунок 5.27 – Аналіз щільності руху ВТЗ на ділянці на підходах знизу до Каховської ГЕС за період з 07.10.2016 по 11.10.2016 р.

➤ висоти встановлення антен з коефіцієнтом посилення ЗДБі на судні – не менше 4 м;

- випромінювальна потужність радіоелектронних засобів – не менше 12,5 Вт;
- чутливість приймача для діапазону приймача 25 кГц – не гірше -107 дБм;
- чутливість приймача для діапазону приймача 12,5 кГц – не гірше -98 дБм.

Результати запровадження та функціонального розвитку системи РІС дозволяють:

- здійснювати постійний контроль за рухом ВТЗ на екрані ЕКНІС (рис. 5.26);
- проводити аналіз щільності руху ВТЗ на окремих ділянках за певний період (рис. 5.27);
- здійснювати аналіз суднопроходів, що стосується безпеки судноплавства, за різними критеріями (рис. 5.28 (а), (б)) ;
- здійснювати аналіз вантажоперевезення по ділянках ВВШ (рис. 5.29), аналіз перевезених вантажів за типами (рис. 5.30) та розгорнутий аналіз руху вантажів по окремим шлюзам вгору та вниз (рис. 5.31), графік відвідувань по прапору ВТЗ (рис. 5.32);
- а також здійснювати інші види аналізу, зокрема динаміки відвідувань респондентами сайту РІС за місяцями та днями місяця (рис. 5.33 (а), (б)); звіт по проходженню суден р. Дніпро, що ведеться цілодобово операторами Субцентрів РІС в режимі on-line (за серпень 2016 р.) (рис. 5.34); аналіз стану роботи спроможності системи (рис. 5.35 (а), (б)) тощо.

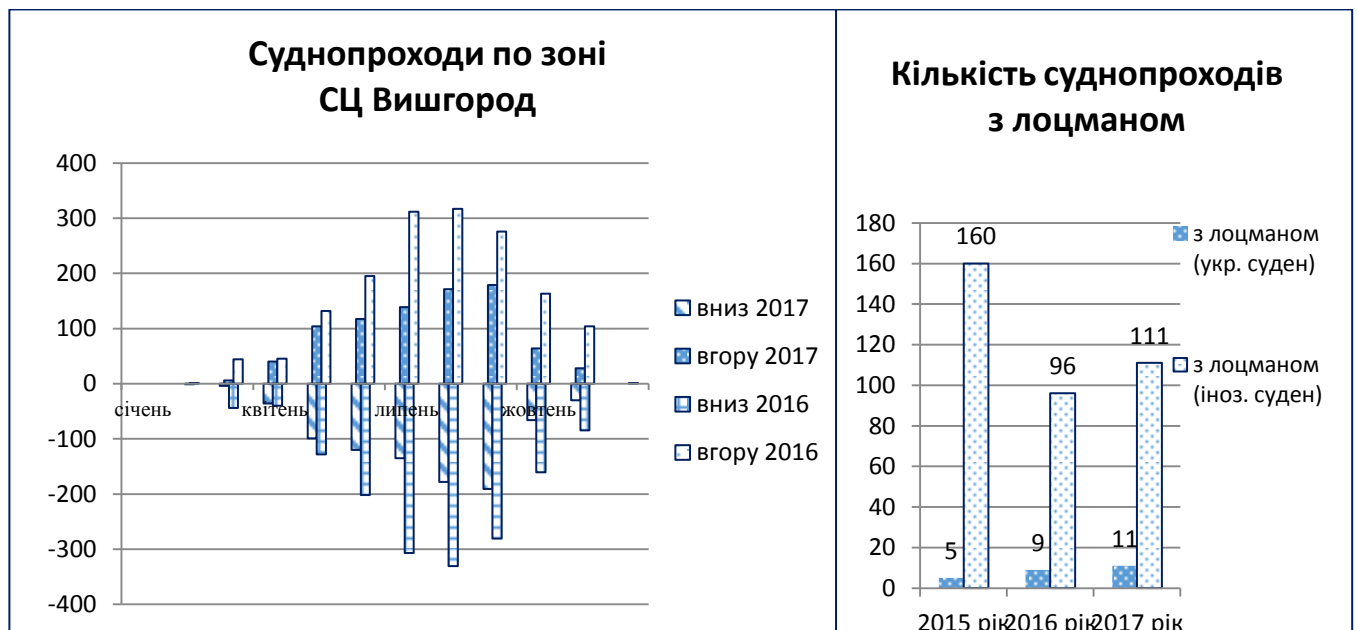


Рисунок 5.28 (а) – Аналіз суднопроходів, що стосується безпеки судноплавства



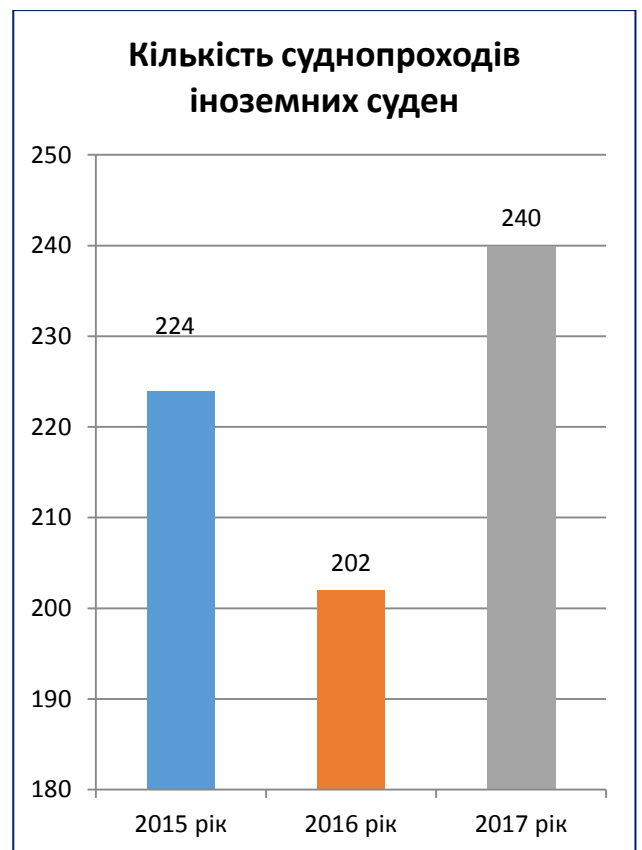
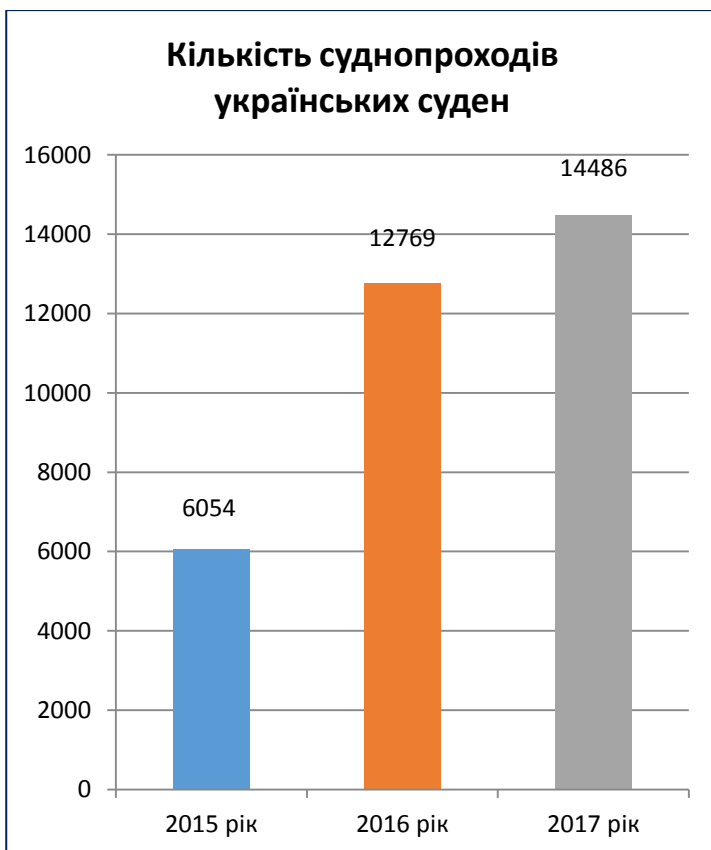
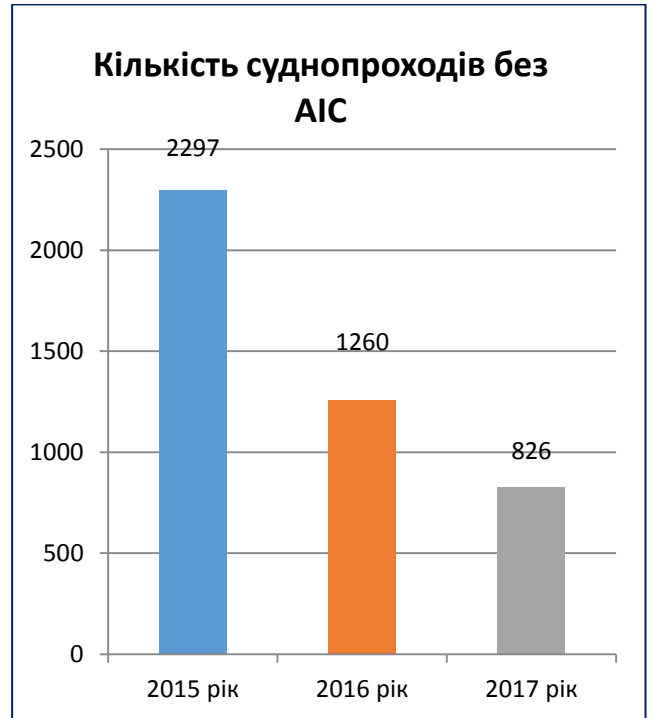


Рисунок 5.28 (б) – Аналіз суднопроходів відповідно до трафіку ВТЗ

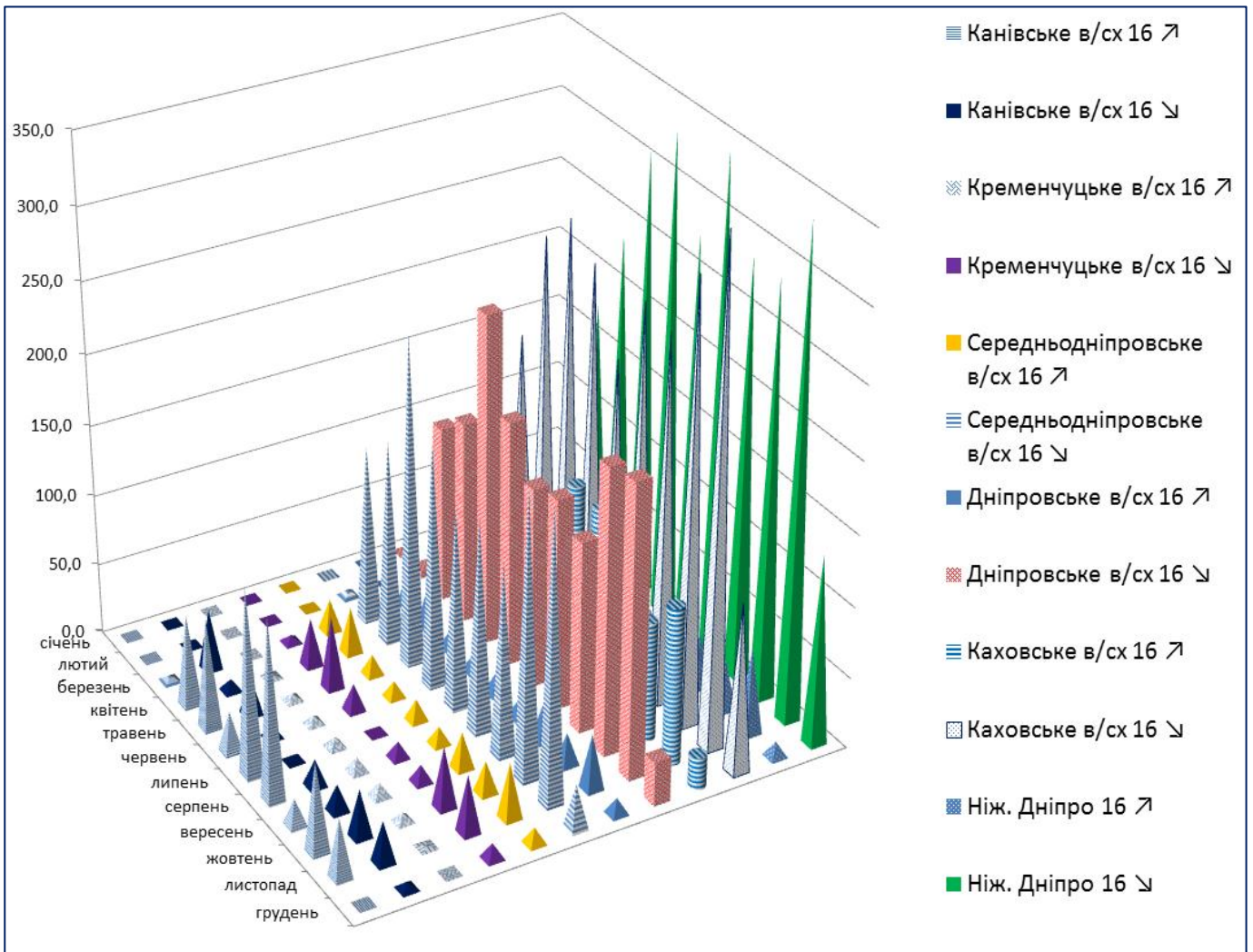


Рисунок 5.29 – Аналіз вантажоперевезення по дільницях ВВШ за 2016 рік за місяцями

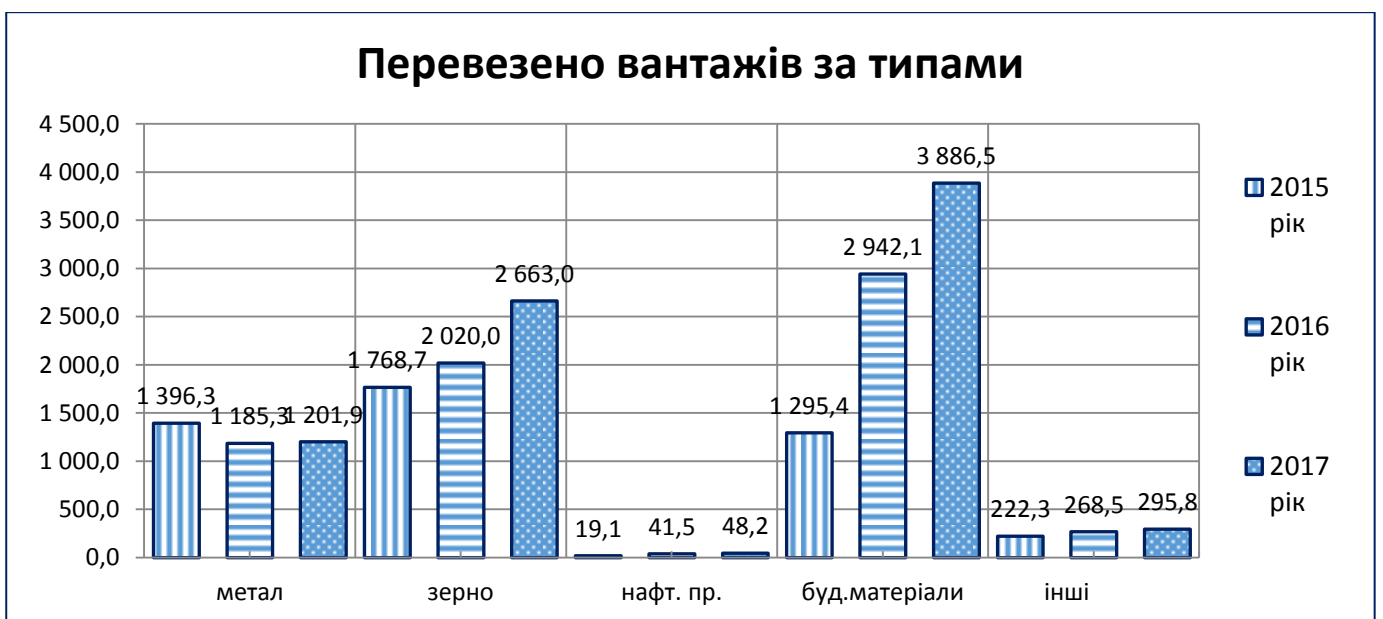


Рисунок 5.30 – Аналіз перевезених по ВВШ у 2015-2017 р.р. вантажів за типами

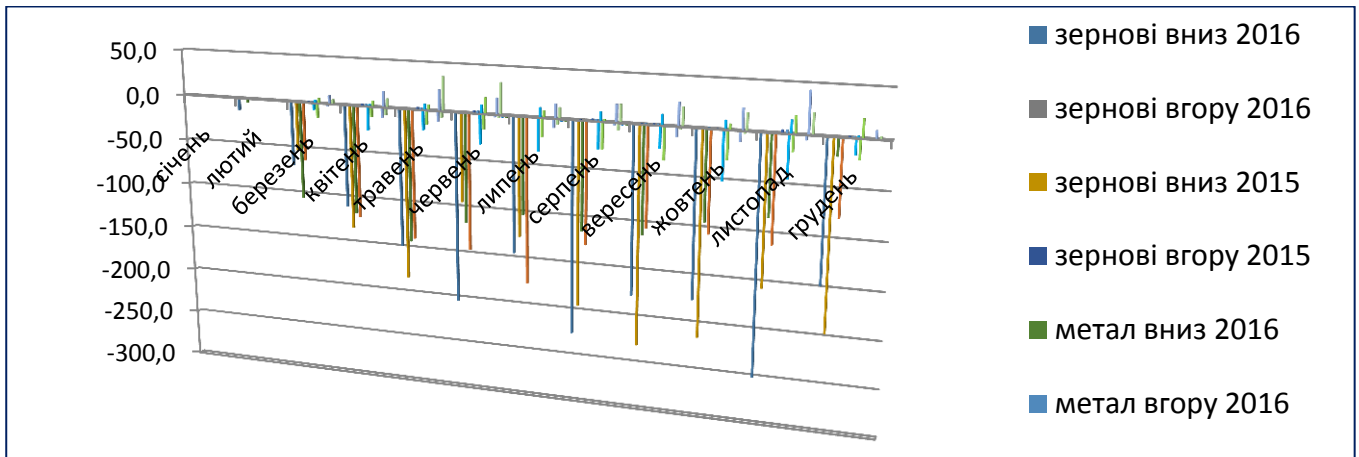


Рисунок 5.31 – Розгорнутий аналіз руху вантажів по Каховському шлюзу (субцентр Нова Каховка) вгору та вниз по течії у 2015 та 2016 р.р.

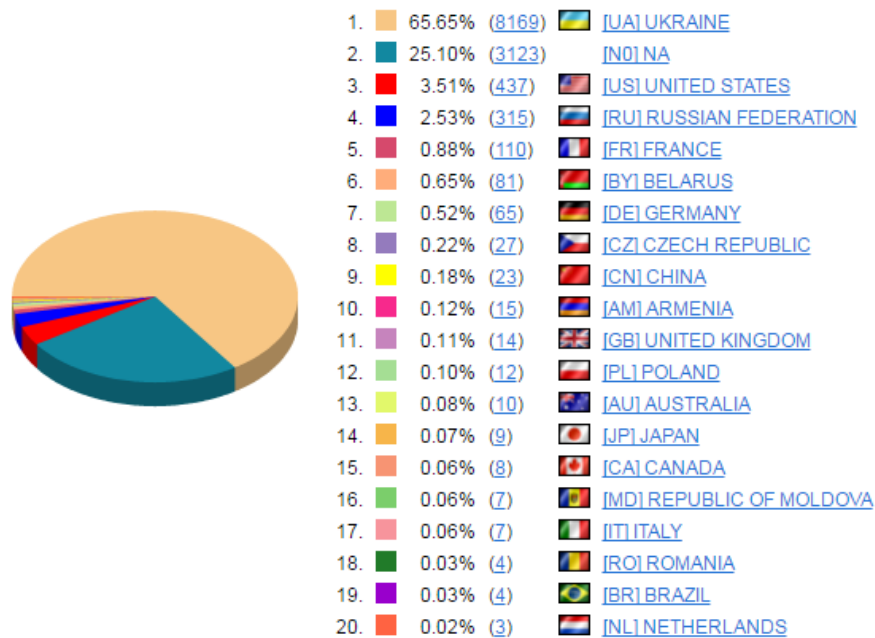


Рисунок 5.32 – Аналіз динаміки відвідання сайта PIC у 2016 р. за прапорами

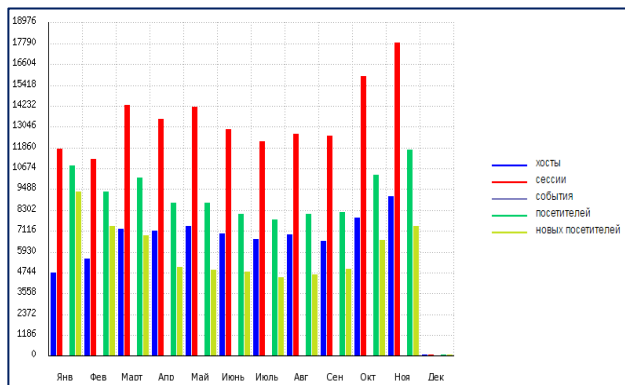


Рисунок 5.33 (а) – Аналіз динаміки відвідання респондентами сайта PIC у 2016 р. за місяцями

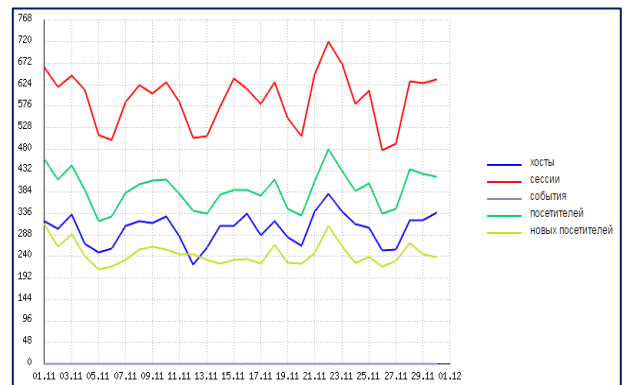


Рисунок 5.33 (б) – Аналіз динаміки відвідання респондентами сайта PIC у листопаді 2016 р.

CG8221															=ЕСЛИ(И(МАКС(\$B18221;\$B18221)>=CG\$3;МИН(\$B18221;\$B18221)<=CG\$4);1;0)				
A	C	D	G	J	L	M	O	P	R	S	V	ВН	ВІ	ВЈ	ВК	ВМ			
Звіт за 2016 р. по проходженню суден р. Дніпро, ведеться																			
№	Назва судна	MMSI	Прапор	Власник	відправлення		призначення		Вантаж тип	важу, пас	Клас АІС								
					звідки	дата	куди	дата											
1	3	4	7	10	12	13.1	15	16.1	18	19	22	6				65			
8215	8211	SP-2	Україна	УКРРІЧФЛОТ СК ПАТ	КАМ.-ДНІПРОВ	25.8	НІКОПОЛЬ	25.8	пасажери	12	A	-2	212	1	1	6КХ1п			
8216	8212	Виргиния	Україна	Столична СК	ВЕСЕЛЕ	25.8	ЛЬВОВЕ	25.8	баласт		ні	20	74	1		7НД3пр			
8217	8213	OLEKSEI FEDOROV	Україна	УКРРІЧФЛОТ СК ПАТ	ДНІПРО	25.8	ХЕРСОН	27.8	метал	4950	A	360	25	1	1	7НД1п			
8218	8214	RENAISSANCE	Конго	RENAISSANCE MARINE	ОДЕСА	25.8	ВЕЛ. ЛЕПЕТИХА	26.8	баласт		A	-155	155	1	1	6КХ3пр			
8219	8215	KREMENCHUTSKYI	Україна	Нібулон СП	КОЗАЦЬКЕ	25.8	ОЧАКІВ	26.8	зернові	4099	A	90		1	1	7НД1п			
8220	8216	RIVEREST 4	Україна	Столична СК	КИЇВ	25.8	КИЇВ	25.8	пасажери	40	B		850	1		2КН1п			
8221	8217	AJ-PETRI	Україна	КРП ПАТ	КИЇВ	25.8	КИЇВ	25.8	пасажери	23	B		850	1		2КН1п			
8222	8218	NATALYA UZHVIY	Україна	КРП ПАТ	КИЇВ	25.8	КИЇВ	25.8	пасажери	32	B		850	1		2КН1п			
8223	8219	KYIVSKA LASTIVKA	Україна	Кудрявцева Н.Н	КИЇВ	25.8	КИЇВ	25.8	пасажери	25	A		850	1		2КН1п			
8224	8220	VOLGA-REKA	Україна	Днепрофлот ООО	УКРАЇНКА	26.8	КИЇВ	26.8	будматеріали	1500	A	-38	850	1	1	2КН1п			
8225	8221	BT-439	Україна	Черкаський РП ПАТ	ДІБРОВА	26.8	ДНІПРО	26.8	будматеріали	1500	A	-21	385	1	1	5ДН1п			
8226	8222	BT-466	Україна	ЗРП АСК Філія	БІЛЕНЬКЕ	26.8	ЗАПОРІЖЖЯ	26.8	будматеріали	1240	A	-25	295	1	1	5ДН1п			
8227	8223	Виргиния	Україна	Столична СК	ЛЬВОВЕ	26.8	ВЕСЕЛЕ	26.8	будматеріали		ні	-20	94	1		7НД3пр			
8228	8224	PORTOVYK-7	Україна	УКРРІЧФЛОТ СК ПАТ	ВЕРХНЬОДНІПР	26.8	ДНІПРО	27.8	будматеріали	2800	B	68	385	1	1	5ДН1п			
8229	8225	VEZUVIY	Україна	Семфлот ТОВ	КИЇВ	26.8	УКРАЇНКА	26.8	будматеріали	2950	B	38	812	1	1	2КН3пр			
8230	8226	OM-29	Україна	АРПУ ДП	ЗАПОРІЖЖЯ	26.8	ЗАПОРІЖЖЯ	26.8	пасажери	144	B		295	1		5ДН1п			
8231	8227	M.RIMSKIY-KORSAKOV	Україна	АРПУ ДП	ЗАПОРІЖЖЯ	26.8	ЗАПОРІЖЖЯ	26.8	пасажери	132	B		295	1		5ДН1п			
8232	8228	BM-8	Україна	1 ЕОПГР	КИЇВ	26.8	КИЇВ	26.8	баласт		B		850	1	1	2КН1п			
8233	8229	BT-445	Україна	КРП ПАТ	КИЇВ	26.8	УКРАЇНКА	26.8	баласт		A	38	812	1	1	2КН3пр			
8234	8230	PAVLOGRAD	Україна	УКРРІЧФЛОТ СК ПАТ	ЗАПОРІЖЖЯ	26.8	ХЕРСОН	28.8	метал	5971	A	270	25	1	1	7НД1п			
8235	8231	OMAR HAYAM	Україна	Легенда СК	КИЇВ	26.8	КИЇВ	26.8	пасажери	40	B		850	1		2КН1п			
8236	8232	VALYA KOTIK	Україна	ЗРП АСК Філія	БІЛЕНЬКЕ	26.8	НІКОПОЛЬ	26.8	будматеріали	1400	A	58	212	1	1	6КХ1п			
8237	8233	BT-463	Україна	ЗРП АСК Філія	ЗАПОРІЖЖЯ	26.8	ЗАПОРІЖЖЯ	26.8	метал	2157	A		295	1	1	5ДН1п			
8238	8234	Fiesta	Панама	Левіт В.В.	НОВА КАХОВКА	26.8	ДНІПРО	28.8	один.плавани		ні	-292	385			5ДН1п			
8239	8235	AJ-PETRI	Україна	КРП ПАТ	КИЇВ	26.8	КИЇВ	26.8	пасажери	48	B		850	1		2КН1п			
8240	8236	BM-8	Україна	1 ЕОПГР	КИЇВ	26.8	КИЇВ	26.8	будматеріали	850	B		850	1	1	2КН1п			
8241	8237	KASHTAN-17	Україна	КРП ПАТ	КИЇВ	26.8	КИЇВ	26.8	пасажери	60	B		850	1		2КН1п			
8242	8238	Bravo	Україна	Беккер О.М.	КИЇВ	26.8	ЧЕРКАСИ	26.8	один.плавани		ні	195	655			3КР1п			
8243	8239	KYIVSKA LASTIVKA	Україна	Кудрявцева Н.Н	КИЇВ	26.8	КИЇВ	26.8	пасажери	38	A		850	1		2КН1п			
8244	8240	YAKIV ZADOROZHNY	Україна	АРПУ ДП	КИЇВ	26.8	КИЇВ	26.8	пасажери	7	B		850	1		2КН1п			
8245	8241	KASHTAN-17	Україна	КРП ПАТ	КИЇВ	26.8	КИЇВ	26.8	пасажери	85	B		850	1		2КН1п			
8246	8242	SHALENA LASTIVKA	Україна	Кудрявцева Н.Н	КИЇВ	26.8	КИЇВ	26.8	пасажери	20	A		850	1		2КН1п			
8247	8243	BM-4	Україна	5 ЕОПГР	КИЇВ	26.8	КИЇВ	26.8	баласт		A		850	1	1	2КН1п			
8248	8244	MONBLAN	Україна	АРПУ ДП	КИЇВ	26.8	КИЇВ	26.8	пасажери	25	B		850	1		2КН1п			
8249	8245	KASHTAN-2	Україна	Науменко В.А.	КИЇВ	26.8	КИЇВ	26.8	пасажери	47	B		850	1		2КН1п			
8250	8246	ST-57	Україна	АНК ПП	ХЕРСОН	26.8	ЗАПОРІЖЖЯ	28.8	баласт		B	-270	295	1	1	5ДН1п			
8251	8247	BT-466	Україна	ЗРП АСК Філія	ЗАПОРІЖЖЯ	26.8	БІЛЕНЬКЕ	26.8	баласт		A	25	270	1	1	6КХ3пр			
8252	8248	KYIVSKA LASTIVKA	Україна	Кудрявцева Н.Н	КИЇВ	26.8	КИЇВ	26.8	пасажери	24	A		850	1		2КН1п			

Рисунок 5.34 – Аналіз проходження ВТЗ р. Дніпро, що ведеться цілодобово операторами Субцентрів РІС (серпень 2016 р.)



Рисунок 5.35 (а) – Поточний автоматичний контроль за технічними параметрами на усіх автоматизованих постах РІС на р. Дніпро

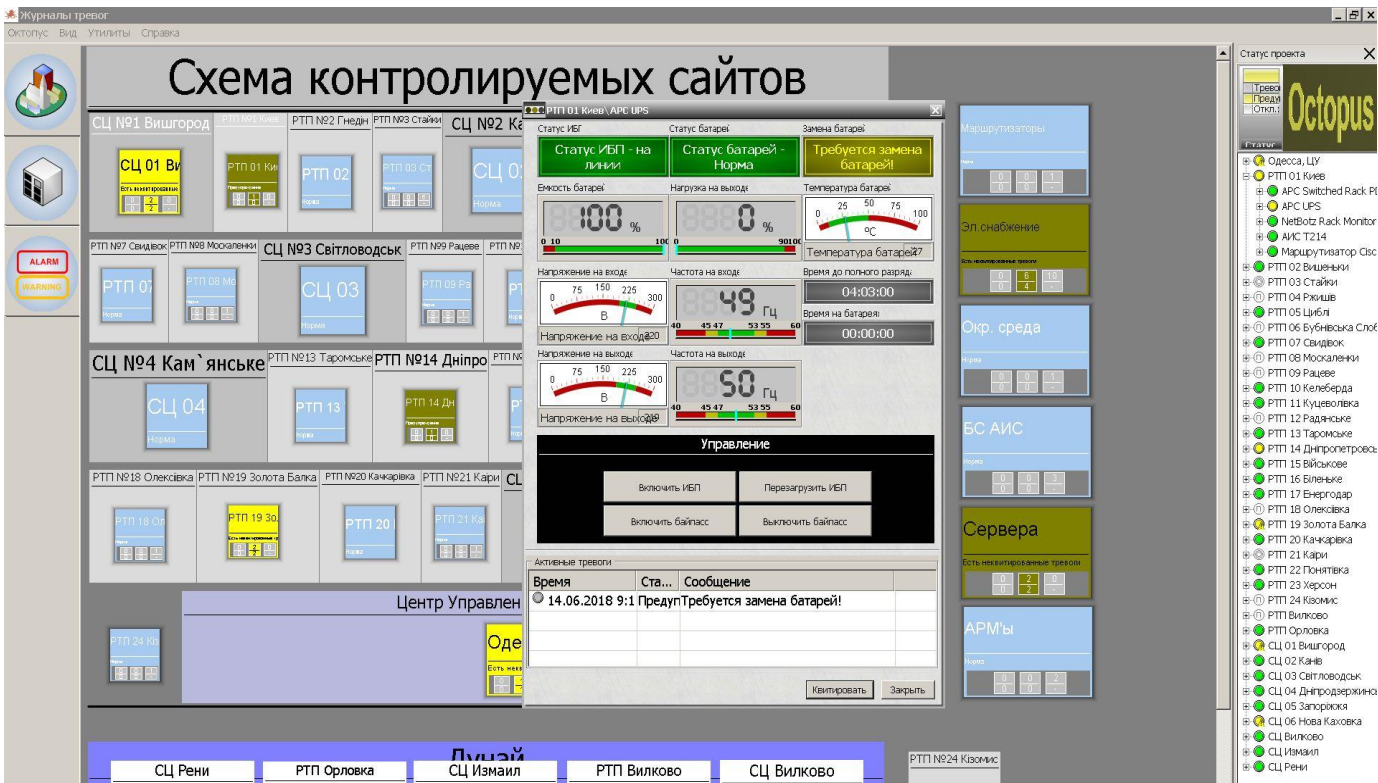


Рисунок 5.35 (б) – Поточний контроль за технічними параметрами на автоматизированому посту субцентра № 4 (Кам’янске) РІС

Зразок щомісячного звіту, що формується за результатами діяльності РІС, на прикладі звіту про використання сайту РІС за серпень 2016 року, наведено в додатку М.

В результаті запровадження Річкової інформаційної служби будь-які користувачі можуть отримати необхідну інформацію щодо умов навігаційного обслуговування та управління рухом ВТЗ на р. Дніпро на відкритому сайті служби в режимі on-line на сайті <http://ukrris.com.ua> (рис. 5.36).

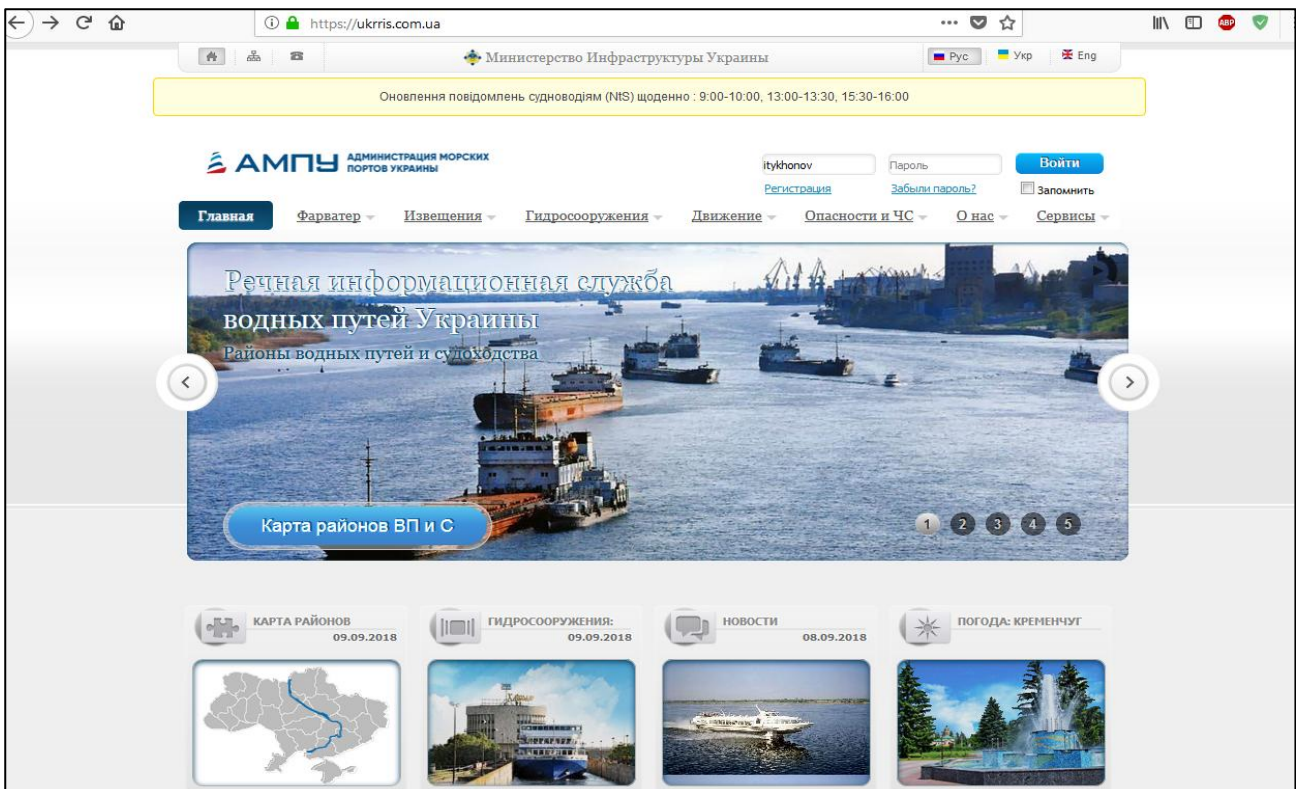


Рисунок 5.36 – Інформація щодо послуг з навігації та управління рухом ВТЗ, що надається Річковою інформаційною службою, розміщена на її відкритому сайті <http://ukrris.com.ua>

Результатом запровадження системи візуалізації та зв'язку між ВТЗ, що здійснюють рух по р. Дніпро, та береговими постами РІС є реальна економія часу рейсу за рахунок скоординованих дій та завчасної підготовки до певних технологічних операцій (підготовка та опорожнення камери шлюзу, раціональне

розходження ВТЗ, логістичні рішення, підготовка причалу, замовлення швартовної бригади тощо).

Як приклад наводиться розрахунок часу кругового рейсу ВТЗ типу «Сормовський» (найбільш поширений тип суден «ріка-море») від входу в річкові води р. Дніпро (порт Херсон) до причалу Київського річкового порту.

Розрахункові дані щодо витрат часу на допоміжні операції протягом рейсу до запровадження РІС:

протяжність рейсу:

- Херсон (річковий порт) – Київ (річковий порт) —  $L_{\text{вверх}} = 857$  км;

- Київ (річковий порт) – Херсон (річковий порт) —  $L_{\text{вниз}} = 851$  км;

швидкість ВТЗ типу «Сормовський» —  $V_{\text{ВТЗ}} = 10,1$  вузл.  $\times 1,852 = 18,7$  км/год;

швидкість течії р. Дніпро —  $V_{\text{Дніпро}} = 0,3-1,2$  м/сек., середня  $\approx 0,8$  м/сек.;

кількість шлюзів на маршруті — 5 (Каховський, Запорізький, Дніпродзержинський, Кременчуцький, Канівський);

середній час очікування узгодженого рішення диспетчера щодо входу ВТЗ в шлюз для шлюзування —  $t_{\text{дис.}} \approx 1$  година;

середній час для опорожнення камери шлюзу —  $t_{\text{опор.шл.}} \approx 0,5$  годин (для Запорізького шлюзу  $\approx 1$  год);

середній час шлюзування в шлюзі —  $t_{\text{шлюз.}} \approx 1$  година;

середній час очікування проходження складних в навігаційному плані ділянок для безаварійного розходження з іншими ВТЗ протягом рейсу —  $t_{\text{нав.}} \approx 3$  години;

середній час очікування постановки до причалу —  $t_{\text{очік.пр.}} \approx 2$  години;

середній час очікування швартовної бригади та буксиру —  $t_{\text{очік.шв.}} \approx 1$  година;

середній час очікування підйому Дніпровського моста —  $t_{\text{мост}} \approx 2$  година;

середній час маневрових операцій протягом рейсу —  $t_{\text{маневр.}} \approx 3$  години;

В таблиці 5.13 наведені дані щодо витрат часу на допоміжні операції протягом рейсу до запровадження РІС (варіант 1) та після запровадження РІС з завчасним узгодженням операцій (варіант 2).

Таблиця 5.13 – Дані щодо витрат часу на допоміжні операції протягом рейсу

Операції	$t_{дисп.}$	$t_{опор.шл.}$	$t_{шлюз.}$	$t_{нав.}$	$t_{очік.пр.}$	$t_{очік.шв.}$	$t_{мост}$	Усього
Час на операції до запровадження РІС (год.)	5,0	3,0	5,0	3,0	2,0	1,0	2,0	21,0
Час на операції за узгодженими діями за допомогою РІС (год.)	0,0	0,0	5,0	1,0	0,0	0,5	2,0	8,5
Фактична економія часу при використанні РІС (год.)	5,0	3,0	0,0	2,0	2,0	0,5	0,0	12,5

Проведемо розрахунки витрат часу протягом рейсу в обох варіантах.

#### Варіант 1.

$$T_1 = L_{вверх} / (V_{ВТЗ} - V_{Дніпро}) + L_{вниз} / (V_{ВТЗ} + V_{Дніпро}) + (t_{маневр.} + t_{дисп.1} + t_{опор.шл.1} + t_{шлюз.} + t_{нав.1} + t_{очік.пр.1} + t_{очік.шв.1} + t_{мост}) * 2 = 856 \text{ км} / (18,7 \text{ км/год.} - 0,8 \text{ км/год.}) + 852 \text{ км} / (18,7 \text{ км/год.} + 0,8 \text{ км/год.}) + (3,0 \text{ год.} + 5,0 \text{ год.} + 3,0 \text{ год.} + 5,0 \text{ год.} + 3,0 \text{ год.} + 2,0 \text{ год.} + 1,0 \text{ год.} + 2,0 \text{ год.}) * 2 = 139,4 \text{ год.}$$

#### Варіант 2.

$$T_2 = L_{вверх} / (V_{ВТЗ} - V_{Дніпро}) + L_{вниз} / (V_{ВТЗ} + V_{Дніпро}) + (t_{маневр.} + t_{дисп.2} + t_{опор.шл.2} + t_{шлюз.} + t_{нав.2} + t_{очік.пр.2} + t_{очік.шв.2} + t_{мост}) * 2 = 856 \text{ км} / (18,7 \text{ км/год.} - 0,8 \text{ км/год.}) + 852 \text{ км} / (18,7 \text{ км/год.} + 0,8 \text{ км/год.}) + (3,0 \text{ год.} + 0,0 \text{ год.} + 0,0 \text{ год.} + 5,0 \text{ год.} + 1,0 \text{ год.} + 0,0 \text{ год.} + 0,5 \text{ год.} + 2,0 \text{ год.}) * 2 = 114,6 \text{ год.}$$

В результаті отримуємо фактичну економію часу за рахунок завчасного узгодження технологічних операцій протягом рейсу при запровадженні РІС:

$$\Delta T = (T_1 - T_2) / T_1 = (139,4 - 114,6 \text{ год.}) / 139,4 \text{ год.} = 24,8 / 139,4 = 17,8 \%$$



### **Висновок по п'ятому розділу**

1. Розроблено метод комплексного узгодження ієрархічної ситуативної взаємодії підсистем прийняття рішень в режимі реального часу при реалізації рейсу на внутрішніх водних шляхах.

2. Визначено та обгрунтовано типові уніфіковані моделі і правила оцінювання ефективності застосування техніко-технологічних рішень з визначення навігаційних параметрів.

3. Сформовано та забезпечено функціональний розвиток річкової інформаційної служби на р. Дніпро, направлений на підвищення безпеки судноплавства на внутрішніх водних шляхах України та інтеграцію системи судноплавства на р. Дніпро до сучасних європейських вимог.

Матеріали розділу 5 висвітлені у працях автора [115, 260, 264, 269, 271, 272, 281, 283, 299] та у Додатках Ж, М.

## РОЗДІЛ 6

# ОРГАНІЗАЦІЯ ПОЛІЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМ НАВІГАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ РУХОМ ВОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ПОЕТАПНИМ ВПРОВАДЖЕННЯМ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯМ ІНФОРМАЦІЙНО- КОМУНІКАТИВНИХ ЗАСОБІВ ПІДТРИМКИ ОПЕРАТИВНИХ РІШЕНЬ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПРОТЯГОМ РЕЙСУ

### 6.1 Структурно-функціональна модель ієрархічної взаємодії підсистем діагностики та контролю стану засобів маневрених антикризових дій для попередження про ризики плавання

На міжнародному рівні та відповідно до чинного законодавства України [додаток Ж] найважливішими завданнями є зниження ризиків та підвищення безпеки судноплавства на морському та річковому транспорті з метою безпеки життя членів екіпажів, пасажирів, вантажів. Аналіз останніх досліджень і публікацій визначає, що розв'язання даної проблеми пов'язано з розвитком інформаційних та телекомунікаційних технологій широкої інтеграції зусиль науковців, конструкторів, проєктантів, виробників та всіх інших учасників численних ПЕВО ITS. На погляд автора ефективна інтеграція можлива лише за умов комплексного запровадження універсальних інтелектуальних інтерфейсів багатоагентної взаємодії IAS [293].

Формалізація семантичного та онтологічного базису суспільних знань щодо структурних моделей взаємовідношень понять СДС у процесах моніторингу й спостереження рухом ВТЗ в умовах впливу поточних факторів ЗНОС, які формують реальні рівні небезпеки для ITS. Розробки науково-методичного базису аксіоматизації взаємозв'язків між поняттями у межах фрагментів онтологічних та

семантичних моделей баз знань повинні підвищити оперативність виявлення початку явища з загрозами. Достовірність причинно-наслідкового розвитку подій, якість оцінювання СППР в умовах ресурсних обмежень – це цілі захисту безпеки руху ВТЗ.

Предикативний опис ключових взаємовідношень між поняттями об'єктивних технологій для водного транспорту гарантує подальші напрями удосконалення методів та засобів автоматизації судноводіння ВТЗ в ЗППР [213, 267, 277, 316].

Запропоновано використання аксіоматики математичного моделювання ключових понять СДС, яка реагує у ЗППР на загрозливі збурення та завади ЗНОС. Будь-яка реальна проблема функціонування ITS може бути представлена мережею взаємозв'язаних задач комплексного характеру. В свою чергу кожна задача може бути представлена у вигляді графоалгоритмічного об'єднання підзадач. Цей процес конструктивної декомпозиції цілого на частки (складові) доцільно продовжувати до отримання тривіальних ТПМ. Вони, як елементи єдиного ПАК, зберігаються у пам'яті-сховищі комп'ютерної системи, яка здатна оперувати операндами (даними з баз знань та баз даних) та операторами ТПМ будь-якої складності (програми з бібліотек прикладного інформаційно-аналітичного забезпечення) СППР [60, 141].

Створення формальних семантичних та онтологічних схем описів зв'язків між важливими поняттями починаємо з визначення самого поняття ризиків у вигляді наступних речень-означень сенсу в першу чергу стосовно визначень поняття ризику та керування ризиками під час транспортних перевезень.

0.1 Ризик – це категорія небезпеки, загрози, втрати ресурсів за умов продовження дій без змін у технології та організації СДС.

0.2 Ризик – це шанс продовження актів дії без захисту (без врахування фактів зовнішнього чи внутрішнього впливів) від ЗНОС.

0.3 Ризик – це загрозливий шанс існування будь-яких варіацій обставин, які вимагають змінювати курс (вектор курсу) руху ВТЗ.

0.4 Ризик – це форс-мажорна специфіка зовнішніх впливів, які з часом можуть досягати непереборної сили значних втрат, наприклад, у вигляді кінцевих станів

(пожеж, вибухів, епідемій), за наслідком яких не підлягають ремонту та відновленню об'єктів, що загинули.

0.5 Ризик – це оцінка можливих суттєвих втрат (збитків) при неможливості протидіяти факторам даній ситуації з тривалими процесами деструкції конструкції об'єктів.

0.6 Ризик – це оцінка ймовірності отримання інших результаті, які в однорідних, однакових умовах для більшості варіантів означають існування менших варіацій та відхилень.

0.7 Ризик – це характеристика СППР для ступеня невизначеності, незнання, непередбаченості процесів з негативними наслідками змін СДС.

Всі вищезазначені твердження за умов явного опису сутностей, особливостей, специфіки фазових станів ЗПРП та відповідного ризику у пам'яті ПАК можуть сформувати програму безпеки життя ВТЗ за наступними алгоритмічними кроками:

- К1. Зазначити внутрішні та зовнішні джерела – об'єкту ризиків.
- К2. Зафіксувати – скласти повну таблицю категорій видів ризиків.
- К3. Класифікувати варіанти умов загрозового збігу обставин – угруповань одночасних але й різноманітних ризиків різних 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, збуреннями, завадами, заборонами та кінцеві наслідки результатів, коли завчасно ризику було відомими.
- К6. Синтезувати – побудувати конструктивні дієві програми ефективною протидії ризикам, які можливо виявляти сучасними засобами моніторингу ЗНОС та спостереження ВТЗ у ЗПРП.
- К7. Сформувати стратегічні, тактичні та оперативні органи гарантовано адаптивного управління життєвими циклами СДС у межах глобальної

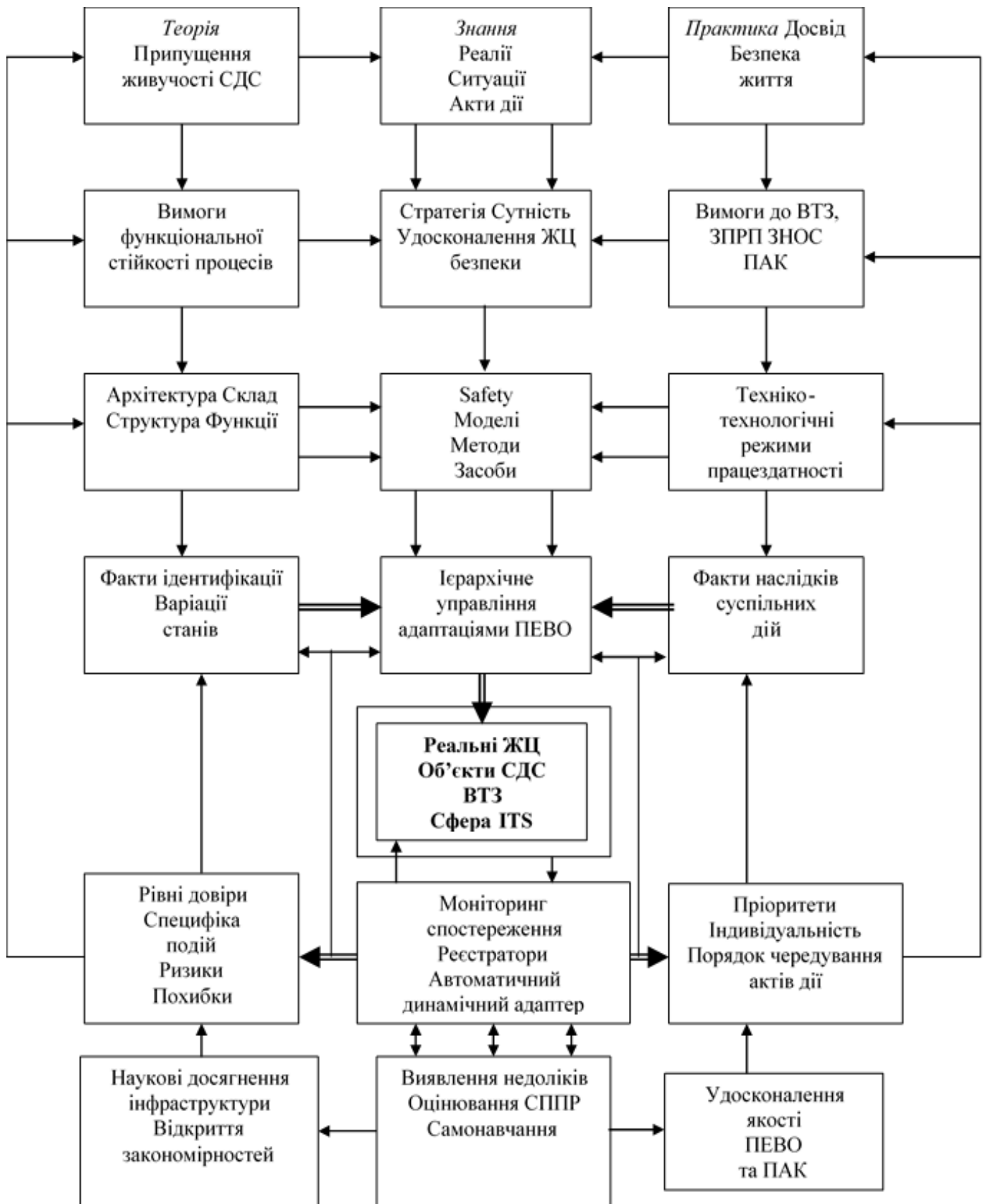


Рисунок 6.1 – Концептуальна модель наукової парадигми безпеки експлуатації VTЗ в нормальних, перехідних та кризових ситуаціях з факторами впливу зовнішнього несприятливого оточуючого середовища

ITS за парадигмою пріоритету безпеки життя та функціональної стійкості у екстремальних критичних експлуатаційних ситуаціях. Концептуальна захищеність від ризиків знаннями IAS цілісної системи надана на рис. 6.1 у вигляді архітектури з структурно-функціональною адаптацією до впливів ЗНОС.

Реалізація запропонованої системної захищеності СДС у межах ITS обов'язково вимагає координації всіх учасників взаємодії на протязі реальної експлуатації, під час якої не порушуються наступні принципи безаварійного функціонування:

- захист здійснюється постійно, без перерв, без скорочень ресурсів;
- контроль операцій, процесів, технологій, які здійснюються згідно узгоджених законів, правил, регламентів, реалізується комплексно, системно й доводиться до діагностичних результатів з вказівкою об'єктивних порушень та відмови працездатності;
- відновлення працездатності надійних (але самих ключових) елементів СДС виконується планомірно, швидко, ефективно без зниження системних показників надійності, живучості, функціональної стійкості, які необхідні для продовження безпеки функціонування єдиної ITS;
- прискорення дієвих функцій захисту за допомогою роботів, автоматів, комп'ютерів, які здатні до самонавчання, самоадаптації та самоорганізації протягом усіх режимів їх експлуатації;
- підсилення форм, методів та засобів захисту завдяки багатоступеневого контролю, каскадної адаптації здійснюється електронними технологіями (криптографія, ситуативне варіативне кодування ключових складових СППР);
- навантаження каналів телекомунікації гібридною сумішшю відкритих, службових та захищених (грифованих) трафіків з обох боків зв'язку не суперечить процедурам масштабної та масової електронізації взаємодії різноманітних IAS;
- інтегрування гетерогенних засобів на кожному рівні ієрархічного масового захисту для забезпечення механізмами оцінювання аудиту, обліку,

інвентаризації, ідентифікації гарантує результуючу ефективність бажаних рівнів передбачливості, стабільності, ефективності транспортної роботи кожного ВТЗ у нестаціонарному середовищі з реальними ЗПП за будь-яких обставин експлуатаційних режимів ITS.

Декомпозиція ЗНОС доцільна для визначення об'єктів у СДС, яка сприймає вплив факторів дії зовнішніх об'єктивних агентів – генераторів та відповідним чином реагує на ці впливи. Зовнішні для СДС об'єкти впливу слід кваліфікувати як прояв явищ глобального Всесвіту. Внутрішні у явному сенсі для СДС процеси та ризики завжди враховані і тому вони локальні, обмежені, організаційні (блочні, структурні, функціональні й параметричні).

Означена побудова поелементного з'єднання та покрокового ускладнення від знаків - літер алфавіту до слів – термінів (означень конструктивних об'єктів ПАК дозволяє адаптуватись: визначати на цій базі; явно робити опис (того що вже існує, задано й міститься у пам'яті); вирішувати з урахуванням наявних реальних обмежень на матеріальні й часові ресурси ПАК; конструктивно будувати алгоритмічні обчислення. Ця ступенева покрокова семантична система завдяки предикативності конструктивних алгоритмів гарантує отримання розв'язків задач практики, якщо у цілісній системі ПАК задано конструктивні об'єкти (операнди та оператори; поняття та відношення; логіка доведень та результат твердження). Явний опис (алгоритмічний вигляд) формального запису в символіці математичної логіки обчислюваній машині чітко фіксує результат у вигляді різних об'єктів. Кінцевий результат відповідно індикаторній функції визначає або істинний (такий, що існує) вираз  $\mathfrak{Z}(x)$  або такий, що потребує отримати заперечення  $\neg \mathfrak{Z}(x)$  у сенсі не існує (не вірно) – це твердження, яке може бути складним з декількох вкладених  $(x, y, z, \dots, s, t)$  конструктивних елементів – аргументів.

Чіткий результат означає, що даний об'єкт  $\mathfrak{Z}(x)$  існує, вже побудований алгебраїчно та символічно, контрольовано тому, що відповідає правилам ефективних перетворень та математичній логіки. У всіх інших умовах, коли не

вистачає знань для отримання результату  $\mathfrak{Z}(x)$  згідно принципу «зовнішнього доповнення» IAS вводять додаткові конструктивні об'єкти [60, 141, 316].

Таким чином отримати результат у алгебраїчній конструктивній формі «що робити для безпеки життя ВТЗ» можливо лише за умов, коли у інтегрованій пам'яті суспільних ПАК будуть зберігатися повні знання стосовно умов існування: першопричин інцидентів; їх перетворення у колізії; відхилення з порушенням норм та правил; виникнення загроз; перетворення їх у зростаючі ризики; наближення цих ризиків до точки неповернення з швидким загостренням аварійних форм.

Будь-яка відкрита СДС реалізує всі реальні взаємодії (внутрішні чи зовнішні) завдяки функції управління виконавчими – силовими (сило-моментами) органами (рис. 6.1). Тоді на їх поверхнях відбуваються контакти (прямі чи опосередковані через проміжних співвиконавців) між двома протилежними формами дії СДС та, відповідно, ЗНОС у єдиному ПЧК.

Якщо позначати контактну взаємодію між цими формами 1 та 2, які одночасно реалізуються відповідно  $\vec{f}_1$  та  $\vec{f}_2$  сили, тоді результат цієї взаємодії задовольняє індикаторній функції

$$r_{12} = \begin{cases} r_{12} > 0, & \text{при } \vec{f}_1 > \vec{f}_2, \\ r_{12} = 0, & \text{при } \vec{f}_1 = \vec{f}_2, \\ r_{12} < 0, & \text{при } \vec{f}_1 < \vec{f}_2, \end{cases} \quad \text{або } |\vec{f}_1 - \vec{f}_2| < \varepsilon < \mu, \quad (6.1)$$

де  $r_{12}$  – результат – відношення протидії між двома різними формами;

$\vec{f}_1$  та  $\vec{f}_2$  – відповідні вектори сил у боротьбі за спільний локальний ПЧК у точці (околі) контактної взаємодії;

$r_{12} > 0$  – значення того, що внутрішні сили форми  $\vec{f}_1$  достатнім чином захистили свій обсяг простору;



$r_{12} = 0$  – значення практичної рівноваги за будь-яких синхронних змін прикладених сил, тобто  $\overrightarrow{f_1(t)} = \overrightarrow{f_2(t)}$ ,  $\forall D \leq t < T$  та відповідному часовому інтервалі контактного протиборства;

$r_{12} < 0$  – значення сигналів втрати початкових умов цілісності та початку моментів вторгнення 2-ї форми у внутрішній об'єм 1-ї форми у наслідок переваг  $\overrightarrow{f_2(t)}$  сил зовнішнього впливу з причин явної неспроможності сил захисту.

Індикаторна функція (6.1) зберігає сенс й для всіх множинних ситуацій коли одночасно існують різноманітні багатоагентні та, можливо, й гетерогенні сили. За законами механіки складові однієї проекції можливо підсумувати у векторній системі координат. Це дозволяє отримати відповідно дві протилежні результуючі сили. Вони прикладені до одного околу контактної спільної взаємодії у ПЧК.

Означена аксіоматика протидії (6.1) дозволяє визначати момент  $t$  втрати рівноваги  $|\overrightarrow{f_1(t)} - \overrightarrow{f_2(t)}| = 0$ , збільшення  $r_{12}(t) > 0$  чи зменшення  $r_{12}(t) < 0$  метричних ознак вздовж фіксованого (оригінального) вектору руху в обраній системі координат. Замість абстракцій нульового значення на практиці застосовують параметр чутливості (конструктивної інструментальної можливості) вимірювати з похибкою  $\varepsilon > 0$ , а саме  $0 < \varepsilon < \mu$ , де  $\mu$  – *малий параметр*. Він визначає сутність практичної рівноваги у реальному околі ПЧК з дією всіх ключових сил. Однак включаючи й значний клас невизначених та не вимірюваних, невідомих інших малих чинників, для яких (6.1) істинно поняття «заданих ключових умов (*condition*) означеної  $C \equiv COND$  ситуації» є ключовим інваріантом. Логічний вираз умови  $COND \equiv conditional$  звичайно має вигляд запису

$$\text{якщо } C, \text{ тоді } D, \quad (6.2)$$

де  $C$  – розгорнутий вираз мовного (лінгвістичного) запису команди умовного переходу стосовно істинності умови  $C$  за тематикою задач СППР.

$D$  - розгорнутий вираз мовного запису, який в залежності від істинності попереднього  $C$  опису визначає виконання конкретної дії у вигляді:

- ✓ *conditional jump* – умовного переходу до управляючої дії;
- ✓ *conditional statement* – конструктивний ТПМ, що реалізує вказані  $C$  кодом ситуації всі програмні реакції (*condition*, *interval*, *configuration*, *conflict resolution*);
- ✓ *exception condition* – особливі ситуації при виникненні програмної реакції, які вимагають зміни, переривання нормальної обумовленої черги реалізації та переходу до дій в особливих надзвичайних ситуацій.

Всі задалегідь передбачені (табл. 6.1 та 6.2) форми реакції на *exception* повинні автоматично визивати відповідну адекватну обробку (*exception handling*) надзвичайної ситуації та необхідні *exchange* дії – зміни, обміни, заміни, привертання уваги, визначення помилки чи завершення роботи (рис. 6.1) компонентів ПАК.

Розширення функціональних можливостей та області практичного застосування наявних ресурсів СДС можливо (табл. 6.1 та 6.2) шляхом формування інформаційно-аналітичного забезпечення у вигляді алгебраїчної системи де  $X$  – множина всіх об'єктів, які впливали, впливають зараз чи будуть впливати на рух ВТЗ на ВШ з наявними ЗППП у наслідок впливу ЗНОС;

$\Omega_F$  – множина функціональних залежностей алгебраїчного конструктивного визначення на базі наявних операторів ПАК та його ТПМ;

$\Omega_C$  – множина логічних виразів, які можливо перетворюють в базові КНФ для отримання конструктивно доведених умов  $C = COND \equiv conditional$  (6.2), які за логікою схеми *якщо C, тоді D* визначають необхідні фрагменти ІАС ПАК для реалізації безпеки руху ВТЗ у поточних  $C(t)$  конкретних умовах впливу факторів ЗНОС при виконанні заданого рейсу на ВВШ. Загальне цільове застосування моделей замість реальних природних об'єктів СДС гарантує необхідні показники якості, ефективності, корисності розв'язання задач практики, до класу яких відносяться задачі безпеки руху ВТЗ у кризових умовах впливів ЗНОС.

Таблиця 6.1 – Внутрішні ризики під час реалізації рейсів ВТЗ

КОД risk БОН	Семантика деградаційного процесу з проявом деструктивних ризиків для ЖЦ об'єктів ВТЗ	Онтологічна специфіка особливого real-time розвитку на прикладі внутрішньо-конструктивних елементів ВТЗ та прояву накопичених факторів
1	Факт руйнування конструктивної цілісності матеріалів агрегатів з візуальними змінами просторово-геометричних норм напрацювання на відмову.	Злом, тріщини, розрив, спущування, затиск, складка, знос, стирання, шороховатість, деформація, розшарування.
2	Супроводжуючі процеси гетерогенної деградації та втрати якості цільових властивостей контактної взаємодії.	Біохімічна корозія, ерозія, пошкодження, вібрація, шум, коливання, випромінювання, дуги, корони, іскри, польові об'ємні явища.
3	Втрати міцності та надійності у контактних комунікаційно-технологічних потоках.	Порушення умов контактування, зазори, зміщення, розходження, обриви, відключення.
4	Речовинні перетворення та зміни фазових станів від кумулятивних актів дії.	Пожежі, розплави, згорання, течії, хвилі, затоплення, вибухи, руйнування, розсіяння.
5	Покрокові ланцюгові втрати працездатності комунікаційного обладнання.	Порушення статичності з'єднань, руйнування зв'язків, затримки відновлення.
6	Порушення кінематичних траєкторних закономірностей БОН у просторі станів локальних ділянок ЗПП.	Появи нових факторів впливу ЗНОС у формі загроз, збурень, завад НОН.
7	Розвиток й ускладнення нелінійних явищ динаміки колізій, аварій та катастроф у випадках системних втрат ресурсів та резервів ГАУ рухом ВТЗ.	Некеровані незалежні зміни одночасно внутрішніх та зовнішніх чинників з дестабілізацією засобів захисту та безпеки життя ВТЗ.

Таблиця 6.2 – Зовнішні ризики під час реалізації рейсів ВТЗ  
заданими маршрутами руху

КОД risk НОН	Семантика факторів зовнішнього впливу з проявом ризиків для безпеки життя ВТЗ	Онтологічна специфіка особливого real-time розвитку процесів ГАУ й запобігання аварій та катастроф у ЗПРП
1	Глобальні квазіперіодичні природні космічні явища впливу на планету Земля.	Варіації фізичних полів; гравітаційні тяжіння; електромагнітні струми; енергетичні випромінювання; зіткнення рухомих тіл.
2	Природні кліматичні коливання потоків та струмів на всіх шарах геосферних зв'язків.	Гіллястість в вузлах мережевої комунікації у сферах генерації; транспортування та споживання енергії.
3	Причинно-наслідкова підпорядкованість ситуаційних інтервалів для кожного ЖЦ СДС	Декомпозиція еволюційних змін на часові різномісцеві процеси вздовж ланцюгів взаємоперетворень відповідно умов реалізації актів дії.
4	Транспортні ділянки комунікацій, водні ділянки мереж просторового переміщення TESIM ресурсів.	Визначення позицій початку та завершення маршрутів руху закріплення графіків реалізації рейсів у конкретних умовах.
5	Мережева надійність; живучість; функціональна стійкість при локальних. фрагментарних відмовах.	Оперативне коригування маршрутів; адресне постачання замовлень; інтегральне розподілене резервування.
6	Канальна керованість в режимах системи масового обслуговування різноманітних потоків замовлень на транспортне постачання.	Почергове пакетно-контейнерне постачання багатьох замовлень вздовж каналу в умовах протидії зовнішнього середовища.
7	Фізичне адекватне маневрування з використанням наявних ресурсів та резервів для гарантування безпеки життєвих функцій СДС.	В ЗПРП на акваторіях зростання загроз, збурень, зіткнень, завчасна раціональна реорганізація режимів функціонування завдяки ГАУ рухом ВТЗ постійно безаварійно у безпечній області корпусу енергетичних навантажень двигуна та силових виконавчих агрегатів.

Кожна модель задовольняє цим вимогам практики, лише коли задачний опис у формі  $C=exception\ condition$  дозволяє згідно схеми (6.2) автоматично за допомогою СППР та сучасних комп'ютерів переходити до рішення  $D=exception\ handling$ , що включає продовження засобами ГАУ реалізацію роботи силових виконавчих органів.

$$A = (X, \Omega_F, \Omega_C), \quad (6.3)$$

Зараз та в майбутньому доцільно застосовувати комп'ютерні інформаційні технології, які за даними моніторингу й спостереження (дистанційного зондування) завчасно визначають появу конкретних ризиків загрозливого впливу факторів ЗНОС та одночасно активізують відповідні програми безаварійності у конкретних ЗПРП у наслідок відсутності НОН, про що свідчить статистика аварій з ВТЗ.

Кожний акт (фаза, етап, дія, процес) антикризового або безпечного управління обов'язково повинен враховувати динаміку змін ситуативної багаторівневої взаємодії: на протязі еволюційного розвитку (наближення) ризиків; природних контактних взаємодій гетерогенних збігів обставин у локальному просторово-часовому континуумі; стану захисних дій та витрачення ресурсів й резервів на відповідні рівні оперативної безпеки у межах цілісної комплексної програми безпеки руху ВТЗ заданим рейсам й маршрутам.

Захист від реально неминучих, незворотних та форс-мажорних обставин, погіршення умов руху ВТЗ на акваторії завжди повинно бути здійснено негайно, автоматично, без зайвих витрат часу на індивідуальне емоційне реагування людиною-оператором. Можливість коригування нового стану після автоматичного маневру (заздалегідь узгодженого, верифікованого, апробованого, стандартизованого технічним регламентом безпеки) передбачає відновлення ергатичних механізмів удосконалення процесів поточної реалізації основного закону ГАУ рухом ВТЗ у критичних та позаштатних ситуаціях природного конфлікту, але з гарантованим запобіганням зіткнень й загибелі життя.

## **6.2 Методика цілісної функціональної захищеності поліергатичних систем навігації та управління рухом водних транспортних засобів на кожному етапі її реорганізації**

Широка та масштабна автоматизація виконання функцій ергатичного управління рухом ВТЗ спрямована на досягнення цільових рівнів багатокритеріальної ієрархічної організації ITS [156, 168, 246, 290]. Розв'язання існуючих протиріч у ITS при високій щільності руху ВТЗ у ЗППП вимагає необхідність розробки більш ефективних інструментальних засобів інформаційних технологій (ІЗІТ) щодо гарантування цільової безаварійності шляхом раннього моніторингу, комплексного спостереження застосування ЗТДК, СППР та раціональної реалізації оперативних законів управління у небезпечних ситуаціях факторів впливу середовища. Аналіз останніх досліджень та відомих опублікованих робіт дозволяє визначати увагу до питань функціональної стійкості СДС для усіх видів транспорту [210, 289]. Розробка нових інструментальних засобів, які завдяки адаптації причинно-наслідкових процесів реагування компонентів ЗТДК, СППР гарантують більш високий рівень ефективності безаварійного плавання ВТЗ у ЗППП.

У реальних ITS, що розподіленні у межах природного ПЧК, *сутність, особливість та специфіка* складних явищ СДС обумовлено: нестационарністю та нелінійністю процесів по кожній складовій СДС; нестабільним перехідним станом всіх учасників, які реагують на загрози; невизначеності факторів впливу внаслідок нелінійних швидких змін синергетичного прояву цілісної взаємодії різнотемпових паралельних процесів, на які впливають дії внутрішнього та зовнішнього середовища відкритих природних та соціотехнологічних систем з ПЕВО [290]. В цих умовах задача полягає у пошуку конструктивних ІЗІТ що змінюють закони оперативного управління з використанням знань факторів, правил взаємодії, прецедентів у проблемних ситуаціях на базі ефективного ЗТДК реальних СДС.

ЗТДК є дуже важливою часткою глобальної системи гарантування рівня безпеки життя та руху ВТЗ під час реалізації рейсу запланованим маршрутом для подолання відстаней між термінальними пунктами. Поліергатичний характер

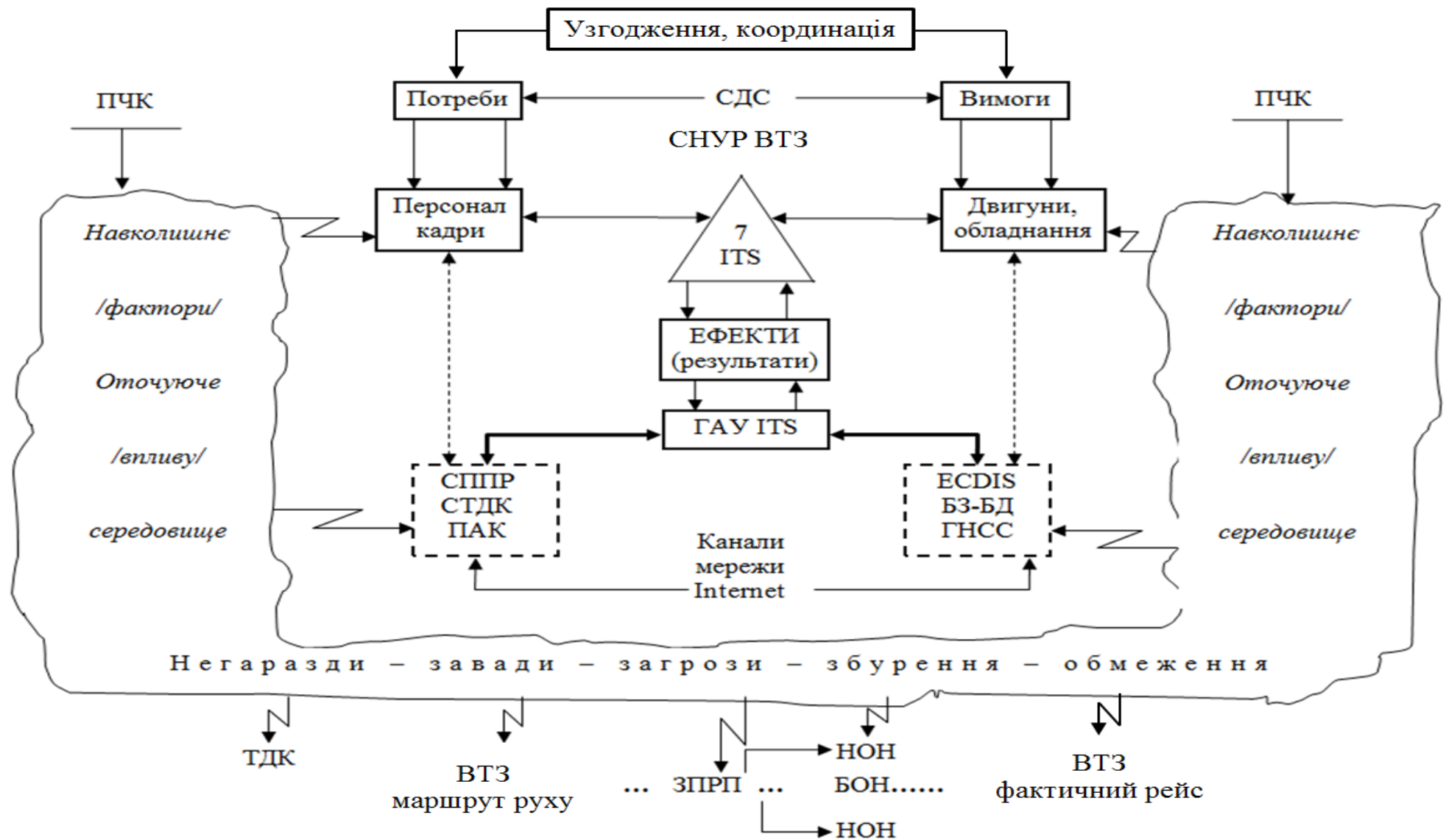


Рисунок 6.2 – Концептуальна модель взаємодій та функціонування ITS взаємозалежностей у учасників СДС

Таблиця 6.3 – Об’єкти контролю якості функціонування компонентів інтелектуальних транспортних систем в судноплавстві

№ п/п	Інтелектуальні професіонали		Технічні автоматичні засоби ІТ	
	Об’єкт контролю	Головні задачі	Об’єкт контролю	Головні задачі
1	Експерти-прогнозисти стратегічного розвитку	Прогноз природних та соціальних факторів	ECDIS ГНСС ГАУ ITS Двигуни	Візуалізація зон БОН/НОН Зняття невизначеності
2	Маркетологи організатори транспортних потоків	Проектування Програмування Планування Маршрутів	Термінальне обладнання Internet Термінали	Якість Точність достовірність завдань
3	Адміністратори менеджери оперативних перевезень	Екологія Економіка Енергетика Обслуговування	Мережі телекомунікації сервери ПАК	Безпека життя Рентабельність ККД
4	Технології транспортних перевезень ВТЗ	Забезпечення надійності функціональних режимів	СТО ЗТДК Постачальники палива Реалізатори	Діагностика пошук дефектів Відновлення надійності
5	Диспетчери обслуговування руху у ЗППП ITS	Організація безконфліктної динаміки у просторі та часі	АСДУ ЗТДК Контролери Регулятори	Гарантування функціональної стійкості й живучості
6	Логістики ресурсного забезпечення	Відновлення нормованих запасів, ресурсів	Матеріали Паливо Мастила Олія	Забезпечення нормованих рівнів РЕІМ
7	Оператори ВТЗ під час руху за маршрутом	Маневрування запобігання аварійних подій та маневрування	Кермо Рушій, двигун Гальмівні характеристики Автоматика З’єднання	Керованість Працездатність надійність довговічність



взаємодії визначає високий рівень комплексної автоматизації на всіх рівнях ієрархічної організації ITS (рис. 6.2). ПАК формують ІЗІТ, які спрямовані на комп'ютерні розв'язання різноманітних задач практики ITS [138]. Сучасні ПАК ЗТДК об'єктів та процесів ITS розв'язують (табл. 6.3) типові задачі:

- вимірювання параметрів відповідно сигналів первинних сенсорів та датчиків;
- визначення достовірності та ідентифікації сукупності параметрів математичної моделі реального об'єкта; оцінювання параметрів за результатами
- опосередкованих вимірювань (прямі неможливі через відсутність приладів чи надзвичайну їх вартість) шляхом розв'язання задач операторів за результатами спостереження та моніторингу;
- автоматичного коригування отриманих даних відповідно знань алгебраїчних властивостей моделей об'єктів, шумів каналів, похибок конкретної ІТ;
- за умов гарантування розподіленої властивості (точності, достовірності, похибки) відповідного каналу реалізуються задачі діагностики та контролю якості СДС.

Типова принципальна схема ІТ для задач ЗТДК руху ВТЗ згідно завдань ITS призначена реалізовувати процесні перетворення  $\text{ПП}_i$  вхідних даних у вихідні згідно наступної послідовності.

**ПП1.** Критичні елементи, блоки, моделі, агрегати, механізми, підсистеми оснащені первинними вимірювальними  $i$  приладами (сенсорами, датчиками, перетворювачами). Вони генерують за відповідними кроками дискретизації  $h_i$  фактичний потік первинних даних  $\overline{x_i}$ , що характеризують фактичний стан у заданому ПЧК всіх  $\forall_i = \overline{I_1 N}$  елементів СДС.

**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 (мережа різних інформаційно-обчислювальних машин за необхідністю).

**ПП3.** Первинне порівняння раніше отриманих знань (прогнози, планові, програмні)  $\overline{x_{ni}}(t)$  з фактично вимірюваними  $\overline{x_{\phi i}}(t)$ , а також визначення поточного

відхилення

$$\vec{\varepsilon}_i(t) = \overline{x_{ni}}(t) - \overline{x_{\phi i}}(t), \quad \forall_i = \overline{I_1 N} \quad 0 < t = k_i h_i < T_i, \quad (6.4)$$

де  $T$  – визначає тривалість конкретного технологічного циклу з кроками  $h_i$  дискретизації, кількість  $k_i$  яких повністю характеризує інтервал  $T$  спостереження у даному циклі роботи СТДК.

**ПП4.** Визначення зміни ресурсів за цикл  $T$  часу, який характеризує дві складові експлуатаційного стану реального ВТЗ.

По-перше, згідно тривалого  $T_i$  часу та інтегрального  $\sum T_{ij}$  відбулись зміни показників надійності  $\Delta H_i$  машин, механізмів, обладнання (напрацювання часу на відмову, ймовірності першої відмови, ймовірності подальшої безвідмовної роботи).

По-друге, за  $T_i$  час були фактично витрачені ресурси  $\Delta B_i$  РЕІМ відповідно фактичним умовам впливу. Дії поточних факторів навколишнього оточуючого середовища конкретні для кожної ЗПРП у ПЧК ITS.

**ПП5.** Комплексне прийняття рішення стосовно поточної ситуації  $S \langle \vec{\varepsilon}_i(t), \Delta H_i(t), \Delta B_i(t) \rangle$  у наслідок сукупності одночасних паралельних процесів впливає на рівень безпеки руху ВТЗ [127, 181, 242, 301, 307, 308].

На кожному ієрархічному рівні ITS та рівні поточного управління та обслуговування ВТЗ СППР перетворила всі накопичені дані, які необхідно нормалізувати (привести до відносних одиниць).

Тоді згідно (6.4) отримаємо варіанти (альтернативи рішень)

$$\left\{ \begin{array}{l} U(t) = > 1, S_H(t) > \varepsilon_{g+} \\ & 0, |S_H(t)| < \varepsilon_{g\pm} \\ < -1, S_H(t) < \varepsilon_{g-}, \end{array} \right. \quad (6.5)$$

де,  $\varepsilon_{g+}$ ,  $\varepsilon_{g\pm}$ ,  $\varepsilon_{g-}$  відповідні пороги для прийняття класифікаційних рішень відповідно накопичених фактів, а саме:

$\varepsilon_{g+}$  - якщо є тенденція підвищеного ризику зростання недозволених відхилень від нормативних значень (коли відбувається утримання динамічних змін чи коливань у трубі допуску, одночасно й за показниками змін надійності, а також за показниками втрат наявних РЕІМ ресурсів);

$\varepsilon_{g\pm}$  - нормативний режим експлуатації ВТЗ за призначенням та за комплексним показником багатокритеріальної оцінки безвідмовної якості функціонування СДС при дії збурень факторів навколишнього середовища;

$\varepsilon_{g-}$  - коли є тенденція підвищеного ризику втрати функціональної стійкості у наслідок суттєвих структурних змін, що обмежують область раціонального руху ВТЗ у ПЧК. Систематичність проведення ПП5 дозволяє своєчасно переходити до наступних необхідних етапів гарантованого управління [290].

**ПП6.** Ситуативно спрямована поглиблена діагностика означеної вище тенденції з класу підвищення (зростання) ризиків, загроз, збурень, завад дозволяє за результатами додаткових опосередкованих вимірювань обґрунтувати ланцюг причинно-наслідкових взаємопов'язаних дій. Принципи діагностики за рахунок безперервної взаємодії всіх факторів зовнішнього середовища та внутрішніх реакцій ВТЗ у СДС дозволяють відновлювати зв'язок між головним дефектом (першопричиною відмов й зростанням ризиків) та реальним ситуативним станом відносно рівня безпеки руху ВТЗ на інтервалі  $T$  спостереження [177].

**ПП7.** Оперативність отримання результатів достовірної діагностики дозволяє ці дані про дефекти (відмови) перетворити у процедуру швидкого реагування засобами ГАУ для повернення у нормований режим експлуатаційного руху ВТЗ та досягнення наближення термінального пункту, як кінцевого цільового результату подолання негарздів ЗПРП (були визначені під час 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

$$\text{Якщо} \left\{ \begin{array}{l} \text{Відома та кваліфікована} \\ \text{складна поточна / ситуація /} \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{апробований ефект} \\ \text{даного закону управління /} \end{array} \right\}. \quad (6.6)$$

Накопичення табличних рішень (6.5) за достовірними причинно-наслідковими видами діяльності ITS та операторів ВТЗ забезпечує високу якість ГАУ. Отримані практично реально закономірності справедливі для довгострокової перспективи на майбутнє поки не виникне нова поточна (ще не класифікована, не кваліфікована, не верифікована) ситуація [196, 233, 301, 308]. Лише після цього проводимо знову етапи ПП5, ПП6, ПП7, ПП8 для отримання позитивного практичного досвіду реагування до збігу обставин у вигляді нового комплексу екстремальних й надзвичайних ситуацій на  $T$ -інтервалі особливого спостереження ЗПРП у ПЧК СДС.

**ПП9.** Якість оперативного ГАУ рухом ВТЗ у ЗПРП значною мірою визначається процедурами самонавчання та самоорганізації СДС [290]. Тоді одночасно змінюються зовнішні умови середовища, внутрішній стан запасів надійності РЕІМ ресурсів, закони управління та системні інтегральні оцінки виду (6.4) та рішень (6.5) і (6.6).

Контроль станів та процесів (операцій, процедур, зв'язків) у межах СДС здійснюється на кожному етапі ієрархічного управління на горизонтальних та вертикальних рівнях цілісної організації ITS. Процесні перетворення моделей відбуваються відповідно до режимів та особливих стадій життєвого циклу цільового функціонування ITS у нестационарному навколишньому оточуючому середовищі.

Нелінійні процеси у СДС особливо у соціотехнологічній її підсистемі повинні бути керованими на всіх рівнях ієрархічної організації ITS. Саме комплексна синергетика ІЗІТ ITS координує та цілеспрямовує стратегічні, тактичні та оперативні форми управління рухом ВТЗ у відомих ЗПРП, де мають місце аварійні події. Формування та швидке реагування у вигляді законів оперативного управління рухом ВТЗ за критеріями функціональної стійкості та безаварійності можливо

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 виконання раціональних законів оперативного управління рухом ВТЗ під час реалізації транспортної роботи у ЗПРП. Ефект гарантування безаварійності досягається лише за умов відображення у моделях об'єктів усіх необхідних й достатніх об'єктивних загрозливих впливів внутрішнього та зовнішнього середовищ, з яких на принципах рангування ризиків на кожному рівні ієрархії ITS формують відповідний порядок оперативного реагування.

### **6.3 Технологія підвищення рівня інтелектуалізації на базі принципів універсального семантичного кодування лінгвістичних повідомлень для суден-газовозів**

У складних умовах судноводіння та під час екстремальних обставин стосовно впливу факторів зовнішнього середовища безпомилкове прийняття рішень для запобігання загрозливих явищ в ЗПРП є актуальним.

Різноманіття аварійних випадків та катастроф суден обумовлено взаємозалежністю між багатьма процесами, які здійснюються у межах СДС, відкритої до повної сукупності всіх впливів на ВТЗ внутрішніх та зовнішніх факторів соціотехнічного й природного середовища, яке неперервно варіюється у широких межах. Врахування закономірностей змін збурень за спектральними та імпульсними особливостями часових подій у ЗПРП набуває теоретичний й практичний розвиток. Між тим, підвищення ефективності СНУР ВТЗ потребує врахування додаткових ввідних у разі перевезення ВТЗ небезпечних вантажів, зокрема, найнебезпечніших вантажів – скрапленого газу на судах-газовозах. Їх вирішення необхідне для розв'язку поточних задач СНУР у будь-якому місцеположенні газовозу у будь-який час доби, в будь-яку погоду, у будь-яких

(звичайних, екстремальних та аварійних) режимах експлуатації, при різноманітних збігах обставин у ЗПРП стосовно взаємодії явищ та процесів соціотехнологічних й природних варіювань багатьох факторів і параметрів [276].

Вирішення цього питання важливо для України. В Одеській області поблизу м. Южний побудований крупний спеціалізований морський торговельний порт Южний, в якому здійснюються вантажні операції з суднами-газовозами (рис. 6.3). Для безпечного проведення вантажних операцій, технологічних процесів, пов'язаних з поводженням з вантажем, забезпечення судноводіння на підходах к порту та швартових операцій, необхідно вживати додаткових комплексних заходів безпеки у відношенні до звичайних типів суден.



Рисунок 6.3 – Судно-газовоз після у причала порта Южний

Під час реалізації конкретних рейсів за плановими маршрутами перевезення скрапленого газу додатково діють процеси як приховані загрози (витоку газу, вибухи, пожежі та інші). Неперервні внутрішні зміни (стану газорідинної речовини у танках газовозу, режимів роботи силового обладнання, значної зміни температурних умов протягом рейсу, взаємодії елементів конструкцій корпусу судна [188]) накладаються на зовнішні зміни оточуючих судно природних факторів

навколишнього середовища. Такий причинно-наслідковий збіг обставин за рахунок різноманітних та гетерогенних (різноманітних за фізикою трансформації) форм взаємодії між збуреннями та реакцією корпусу газозовів в цілому реально ускладнює прогноз режимів роботи СНУР за критеріями гарантування безпеки протягом рейсу. Для розв'язку практичних задач СНУР засобами ПАК ТІУС та ББК газозовів потрібне зняття невизначеності додаткових даних, некоректності задач чи алгоритмів [280, 295, 299].

Тому першочерговою задачею для подолання проблемних суперечностей та відмічених труднощів є формалізація побудови функціонально стійкої СНУР газозовів на базі засобів ІАС, які гомеостатичні та ефективні при різних змінах ситуацій та параметрів стану кожного з учасників СДС з урахуванням стану підвищеної небезпеки під час перевезення скрапленого газу.

Забезпечення безпеки плавання та регулярності рейсів газозовів можливі шляхом цілеспрямованого розподілу функцій за вимогами ІМО [155] між всіма ІАС на всіх рангах ПЕВО, ПАК, ББК. Зростання ролі новітніх інноваційних засобів для СНУР газозовів вимагає своєчасного підвищення ефективності навігаційного обслуговування за рахунок інтелектуалізації процесів розв'язку ситуативних задач. Суттєве розширення сфери застосування інтелекту різноманітних ІАС пов'язано з діалоговою комунікацією на природних мовах (експертів, фахівців, спеціалістів, судноводіїв та обслуговуючого персоналу ПЕВО). Сутність такого спілкування та відповідної циркуляції навігаційної інформації полягає у стислих, обмежених, майже штапованих реченнях. Але їх повний сенс достатній для ініціювання швидкого, цілеспрямованого реагування отримувача, практично кодованого за правилами (форматами) природної мови стислого повідомлення. З урахуванням цього запропоновано формалізація навігаційного обслуговування газозовів у ЗПРП.

Формалізм семантичного сенсу типового речення [203, 276] 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 з обмеженою контактною зоною обміну РЕІ, на межі якої виконуються закономірності життєвого циклу.

Для прикладу можливості даного формалізму із 7-ми компонент наведено речення-формат певного сенсу: «Агент IAS  $X_i$  реалізує дію  $A_j$  шляхом застосування інструменту (технологічного засобу, алгоритму, машини, автомату тощо)  $Y_k$  та отримує результат  $W_l$  при наступних умовах і обставинах, що характеризують кінцеву  $Z_m$  ціль процесу  $F_n$  технології з фізичною динамікою  $D_t$  СДС».

Сенс кожного словосполучення (поняття) закріплений форматним порядком складових у реченні за даним стандартизованим форматом (шаблоном, штампом). Символьний запис цілого класу речень за даним форматом має вигляд

$$\langle X_i, A_j, Y_k, W_l, Z_m, F_n, D_t \rangle. \quad (6.7)$$

В конкретних реченнях слід використовувати цільові елементи відповідної множини понять

$$\begin{aligned} X_i &\in X, \forall i \in I; A_j \in A, \forall j \in J; \\ Y_k &\in Y, \forall k \in K; W_l \in W, \forall l \in L; \\ Z_m &\in Z, \forall m \in M; F_n \in F, \forall n \in N; \\ D_t &\in D, \forall t \in T. \end{aligned} \quad (6.8)$$

Базові множини  $X, A, Y, W, Z, F, D$  мають (як й алфавіт первинних знаків) кількісні обмеження. Але в цих множинах можливо здійснювати корегування,



виключення, заміну, доповнення-розширення за потреб конкретної ПЕВО, яка обслуговує судна та газозовів шляхом розв'язку задач СНУР у ЗППП.

Множини з властивостями згідно (6.8) формують опорний фундамент операційних засобів ПАК та ББК для застосування між IAS діалогів наближених до природної (будь-якої лінгвістично існуючої) мови спілкування ОПР ПЕВО.

Кожний акт створення повідомлення згідно запропонованого формалізму (6.7), (6.8) дозволяє виконувати лінгвістичне визначення процесу відображення (думки) IAS – ОПР у форматований опис для наступної телекомунікації з метою спонукання іншого IAS до активних дій у СНУР суден.

Подвійність лінгвістичного перетворення полягає у вигляді двох процесів. Перший процес реалізує ідентифікацію конкретного елемента на повній множині можливих альтернатив, варіантів, варіацій. Для цього можливо використовувати поточний номер (наприклад  $i, j, k, l, m, n, t$ ), мітку, адресу, вказівний елемент. Таким чином отримуємо номінативну одиницю-конкрет. Ролева функція отриманого конкрету закріплена у другому процесі його місцем у комбінаторній послідовності (6.7), що формалізована. Це необхідно для комунікаційних цілей надання точних змістовних відповідей на даний запит стосовно ситуації, явища, обставин, умов зміни події, станів, об'єктів. Саме алгебраїчна структура формалізму (6.7) розподіляє реальні ролі у СДС [140, 280].

На запитання «Хто (або що) приймає дію  $A_j$  у ситуативному явищі?» згідно знання речення (6.7) логічна та точна відповідь – це « $X_i \in X$ !».

На запитання «Що робить або у якому явищі приймає участь  $X_i$ ?» відповідь конкретна «Дія  $A_j$ !».

На запитання «Яка причина дії  $A_j$  спричиненої  $X_i$ ?» відповідь також однозначна і точна «інструмент (машина, програма, подія)  $Y_k$ !».

Стислий семантичний ядерний зміст <запитів – відповідей> даного типу визначають лише три компоненти у вигляді символічного запису [202, 203]

$$\langle X_i A_j Y_k \rangle \in \{S A O\}, \quad (6.9)$$

де  $S$  – множина суб'єктів  $\langle He \rangle$ ;  $A$  – множина актів дії, взаємодії у явищах  $\langle It \rangle$ ;  $O$  – множина об'єктів  $\langle She \rangle$  для замикання сутності відміченої взаємодії або зв'язку.

Якщо у повному формалізмі (4.18) вичленити ядерний первинний ланцюг  $\{SAO\}$ , тоді залишок можливо інтерпретувати як символічний запис

$$\langle (W_l Z_m) F_n D_t \rangle \in \{SRP\}, \quad (6.10)$$

де  $(W_l Z_m) \in S$  - множина суб'єктивного бажання мати цілеспрямований згідно  $Z_m$  результат  $W_l$  у його конкретній формі;  $F_n \in R$  - множина реальних відношень у СДС при реалізації конкретно фіксуємих функцій  $F_n$ ;  $D_t \in P$  - множина реальних властивостей, які визначають сутність динамічних процесів у формальному логіко-алгоритмічному відображенні їх через модуль  $D_t$ , що дозволяє ІАС (ПАК чи ББК, ОПР) здійснювати моделювання СДС [276].

Формалізми (6.9) та (6.10) дозволяють на всі можливі запитання різноманітних, наприклад дванадцяти типів, отримувати логічні, точні й конкретні відповіді. Інтелектуалізація СНУР газозовів відбудеться, якщо попередньо у пам'ять ІАС були завантажені (сформовані) інтелектуальні засоби на базі лінгвістичних об'єктів виду (6.7) – (6.10), а також таблиць з конкретизацією типу SAO характеристик різноманіття СДС відповідно для нормальних, передаварійних та екстремальних режимів експлуатації газозовів [140, 148, 188].

Таблична форма відображення лінгвістичних повідомлень у ІОДМ незважаючи на первинну сутність документу на будь-якій природній мові забезпечує єдиний технологічний базис СНУР газозовів для ефективною циркуляції даних засобів ГАУ рухом у ЄНП водних акваторій. Номінативна ідентифікуюча функція міститься у заголовку таблиці з відображенням головної цільової сутності її змісту. Тіло-композиція таблиці, що конкретизує повний обсяг всіх ключових семантичних відношень, формує матриці з відповідною кількістю рядків та стовпчиків для

відображення формалізмів (6.7) та (6.8) у єдиній конструктивній формі обробки даних у межах електронної технології ПАК ПЕВО та ББК ГАУ газовозів [276].

Зняття природної невизначеності окремого ситуаційного повідомлення засобами IAS та ПАК здійснюється конструктивними алгоритмами, які безпосередньо конструюються як символічне числення на основі ядерних універсальних семантичних кодових сутностей природного інтелекту, який неперервно розв'язує задачі практики на всіх етапах реалізації життєвих циклів рейсу з перевезення скрапленого газу морськими танкерами-газовозами [276].

Запропонована конструктивна основа формалізації процесів циркуляції інформації дозволяє розв'язати комплекси взаємопов'язаних задач, що ситуативно виникають під час функціонування поліергатичних виробничих організацій для забезпечення навігаційного обслуговування у ЗППІ та ГАУ рухом морських суден-газовозів, які характеризуються підвищеною вибухо- та пожеженебезпекою.

При цьому інтелектуальне гарантування ефективності та безпеки руху суден-газовозів у складних умовах впливу зовнішнього та внутрішнього середовища, включаючи всебічне врахування підвищеної небезпеки вантажу протягом рейсу, реалізується шляхом інтеграційних, покрокових процесів адаптації, самоорганізації та самовдосконалення засобів єдиної інформаційної технології з цілеспрямованою циркуляцією повідомлень.

#### **6.4 Метод упереджених прогнозних розрахунків при застосуванні АІС під час моніторингу руху водних транспортних засобів в територіальних водах України**

На виконання Транспортної стратегії України на період до 2020 року, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 № 2174-р, (додаток Ж, п.16) та в рамках виконання обов'язків прибережної держави (Coastal State) [24, 35, 67, 248] Морська адміністрація України повинна забезпечити у зоні своєї відповідальності в межах Чорного та Азовського морів

системи моніторингу надводної обстановки. У створенні цієї системи у 2010-2011 роках приймав безпосередню участь автор цієї роботи, та були врахуванням наукові розробки, наведені у статтях автора [260, 281, 283, 299]. З метою комплексного забезпечення безпеки судноплавства в зоні відповідальності України, здійснення постійно контролю за рухом суден та суднопотоками за допомогою Автоматизованої ідентифікаційної системи (АІС (Automatic Identification System – AIS)), отримання статистичних та прогнозних матеріалів щодо руху ВТЗ в територіальних водах України фахівцями Державної адміністрації морського і річкового флоту України та ДУ «Держгідрографія» у 2011 році був запроваджена система моніторингу руху ВТЗ в територіальних водах та в зоні відповідальності України за даними АІС.

Відповідно до затвердженого Міністерством інфраструктури технічного завдання на створення системи моніторингу, в розробці якого приймав безпосередню участь автор цієї роботи, система моніторингу складається з 25 базових станцій АІС, які обробляє інформацію від ВТЗ, що рухаються в територіальних водах України: 15 станцій – ДУ «Держгідрографія», 9 станцій – ДП «Дельта-лоцман» та 1 станція – КП «Морська пошуково-рятувальна служба».

Дані щодо ВТЗ повинні надходити до базових станцій АІС, розташованих майже рівномірно по всій береговій смузі України на Чорному та Азовському морях. Від базових станцій АІС інформація у первинному форматі надсилається до центрального серверу ДУ «Держгідрографія», а далі на відповідні сервери підприємств–власників станцій.

АІС – багатофункціональна інформаційно-технічна система, обладнання якої встановлюється на ВТЗ та на берегових станціях з метою забезпечення автоматичного обміну найбільш важливою навігаційною інформацією між суднами та береговими станціями в УКХ-діапазоні, що значною мірою доповнює традиційні судові навігаційні комплекси.

Суднові бортові станції АІС передають динамічну навігаційну (координати, курс, швидкість руху, швидкість повороту тощо), маршрутну (рейсову) (пункт призначення, очікуваний час прибуття, тип вантажу) і статичну (назва і позивний

судна, габарити, поточна осадка судна) інформацію, яка відображається на навігаційних дисплеях оточуючих суден та приймається береговими станціями АІС.

АІС забезпечує:

- автоматичний та регулярний обмін між ВТЗ та береговими службами інформацією, яка включає дані щодо ВТЗ, його координат, курсі, швидкості, порт призначення, даті та часу прибуття, наявності на борту небезпечних вантажів та інших даних;
- автоматичне супроводження (прокладку руху) ВТЗ, обладнаних АІС з метою запобігання зіткнення та для контролю та регулювання судноплавства;
- автоматизований обмін повідомленнями, пов'язаними з безпекою судноплавства, між ВТЗ та береговими службами.

Основні технічні характеристики станцій АІС [259]:

- ❖ діапазоні роботи - УВЧ (161,975 МГц та 162,025 МГц)
- ❖ чутливість приймача – 0,5 мкВ;
- ❖ час зростання та спаду потужності – 1 мс;
- ❖ синхронізація роботи кожної станції АІС (берегової та суднової) з координованим всесвітнім часом (UTC) забезпечується глобальною супутниковою навігаційною системою, яка також є джерелом інформації про координати та вектор руху ВТЗ;
- ❖ висоти встановлення антен на ВТЗ – не нижче 4 м;
- ❖ гарантована дальність отримання сигналу – 30 морських миль;
- ❖ випромінювальна потужність берегових радіоелектронних засобів – 50 Вт;
- ❖ випромінювальна потужність суднових радіоелектронних засобів – 12,5 Вт;
- ❖ забезпечення одночасної роботи багатьох суднових та берегових станцій АІС на одному частотному каналі здійснюється методом множинного доступу з часовим розподілом (TDMA – Time Division Multiplied Access);
- ❖ Час оновлення інформації – кожні 30 сек.

Принципова схема відповідача АІС відповідно до Технічного завдання на створення системи спостереження за рухом суден в межах Чорного та Азовського

морів [259] наведена на рис. 6.4. Висота установки антен на берегових постах АІС повинна розраховуватися з урахуванням гарантованої дальності отримання сигналів усіх ВТЗ, що знаходяться в зоні відповідальності України в Чорному та Азовському морях. З урахуванням зони дії району А1 системи GMDSS така гарантована дальність повинна бути не менше 25-30 морських миль (45-55 км).

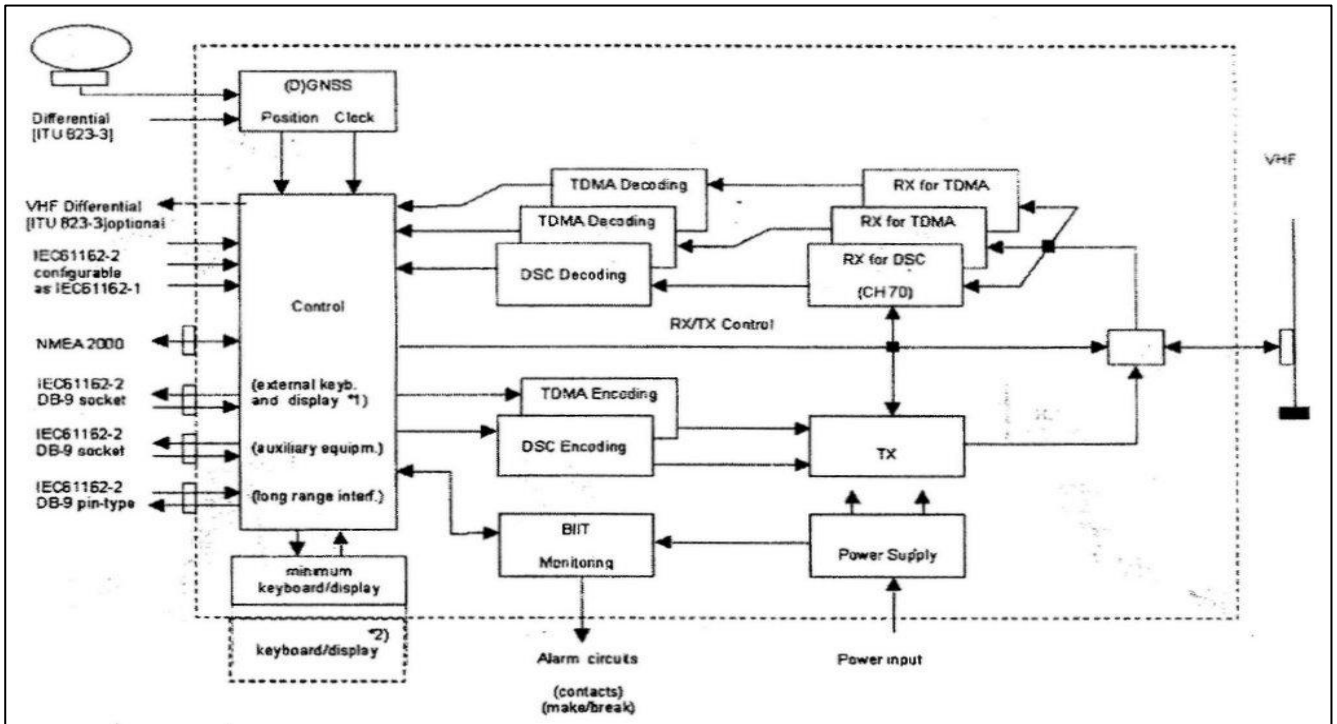


Рисунок 6.4 – Принципова схема відповідача АІС

УКВ-хвилі діапазону частот АІС ( $f = 161,975$  та  $162,025$  МГц – довжина хвилі  $\lambda \approx 1,86$  м) гарантовано розповсюджуються в межах радіогоризонту в межах прямої видимості (рис. 6.5).



Рисунок 6.5 – Розповсюдження сигналів АІС в межах радіогоризонту

Розповсюдження ультракоротких хвиль здійснюється квазіоптичеські (аналогічно промінів світла) та не отримують значного ослаблення під час руху, якщо не зустрічають будь-якої природної чи штучної перешкоди [169]. Тому берегові станції АІС встановлювалися безпосередньо поблизу морського узбережжя. Залежність дальності прямого радіогоризонту в умовах відкритого моря розраховується за формулою

$$d = \sqrt{2R_3} \cdot \sqrt{H_{\text{ант}}} = 3,57 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{H_{\text{ант}}} \text{ (м)}, \quad (6.11)$$

де  $R_3 = 6,37 \cdot 10^6$  (м) – радіус Землі.

Загальна дальність передачі радіосигналів АІС, яка напряду залежить від висоти установки антен на березу та на ВТЗ, (рис. 6.6):

$$d = 3,57 \cdot 10^3 \cdot (\sqrt{H_{\text{ант}}} + \sqrt{H_{\text{ВТЗ}}}) \quad (6.12)$$

де  $d$  – дальність радіозв'язку (км);

$H_{\text{ант}}$  – висота установки антени, встановленої на березу (м);

$H_{\text{ВТЗ}}$  – висота установки антени ВТЗ (м).

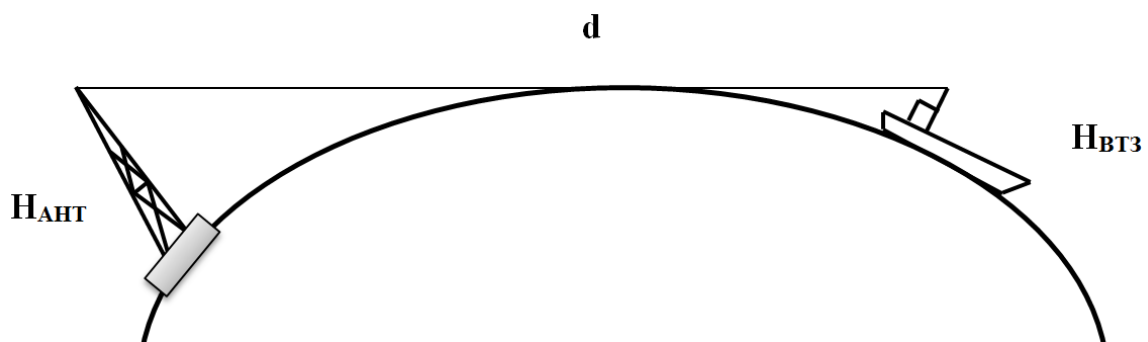


Рисунок 6.6 – Прямая радіовидимість між береговою станцією та ВТЗ

За умов звичайної тропосферної рефракції максимальна дальність передачі фактично є трохи більшою та розраховується таким чином:

$$d = 3,57 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{\frac{R_{3p}}{R_3}} \cdot (\sqrt{H_{\text{ант}}} + \sqrt{H_{\text{втз}}}) = 4,124 \cdot 10^3 \cdot (\sqrt{H_{\text{ант}}} + \sqrt{H_{\text{втз}}}) \text{ (м)}, \quad (6.13)$$

де  $R_{3p} = 8500 \cdot 10^3$  (м) – радіус Землі за умов звичайної рефракції.

Ця формула враховує дальність дії радіозв'язку за умови, що між прийомною та передаючою станціями відсутні перешкоди, що закривають та екранують одну станцію від іншої.

З урахуванням мінімальної висоти щогл основної кількості ВТЗ, що здійснюють плавання в прибережних водах, включаючи прибережні та прогулянкові судна, гарантована висота розташування прийомопередавача АІС прийнята за 4 м.

З графіка (рис. 6.7) можна зробити висновок, що мінімальна висота установки антени на берегових базових станціях від рівня моря для забезпечення необхідної гарантованої дальності передачі (55 км) та прийому сигналу АІС складає 130 м.

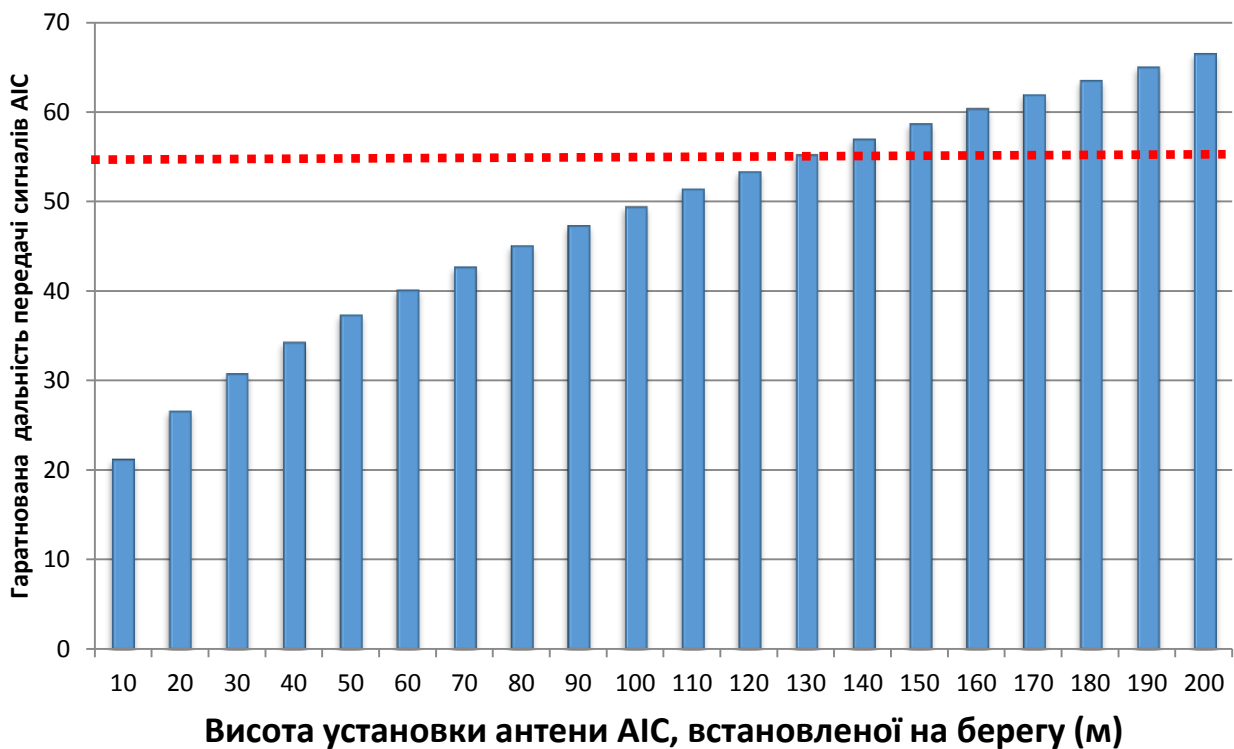


Рисунок 6.7 – Графік дальності дії радіозв'язку в межах діапазону частот АІС у разі відсутності перешкод



Крім того, за певних атмосферних умов (відносна вологість повітря, тиск, температура тощо) дальність радіозв'язку в цьому діапазоні може суттєво перевищувати дальність діапазону зони дії району А1 системи GMDSS та досягати 300-500 км та більше. Це пояснюється фактором рефракції, при якій спостерігається викривлення траєкторії розповсюдження хвиль за рахунок поступової зміни переломлення повітря з висотою. Шлях розповсюдження електромагнітних хвиль викривлюється в бік поверхні землі, за рахунок чого досягається збільшення дальності радіозв'язку.

Яскравим підтвердженням цього в Чорному морі є результати спостережень базових станцій АІС, встановлених на о. Зміїний (ДУ «Держгідрографія») та в Криму на горі Ай-Петрі (КП «Морська пошуково-рятувальна служба»). Завдяки вдалому географічному місцезнаходженню станції значно розширюють район моніторингу за рухом суден аж до берегів Туреччини (рис. 6.8).

Крім того, основним параметром радіопередавального пристрою для забезпечення гарантованого прийому сигналу будь-яким приймачем в зоні дії системи АІС, є потужність сигналу, що видається в ефір.

Розрахуємо необхідну для заданої відстані (30 морських миль  $\approx$  55 км) необхідну потужність радіосигналу на виході передатчика. Для цього використаємо формулу [169] визначення потужності вхідного сигналу радіоприймача.

$$P_{\text{вх}} = \frac{P_{\text{вих}} G_{\text{пер}} G_{\text{пр}} \lambda^2}{(4\pi r)^2}, \quad (6.14)$$

де  $P_{\text{вх}}$  – потужність сигналу на входе приймача (Вт);

$P_{\text{вих}}$  – потужність сигналу на виході передатчика (Вт);

$G_{\text{пер}}$  – коефіцієнт посилення антени передатчика (раз);

$G_{\text{пр}}$  – коефіцієнт посилення антени приймача (раз);

$\lambda$  – довжина хвилі радіосигналу (м);

$r$  – відстань між передатчиком та приймачем (км).

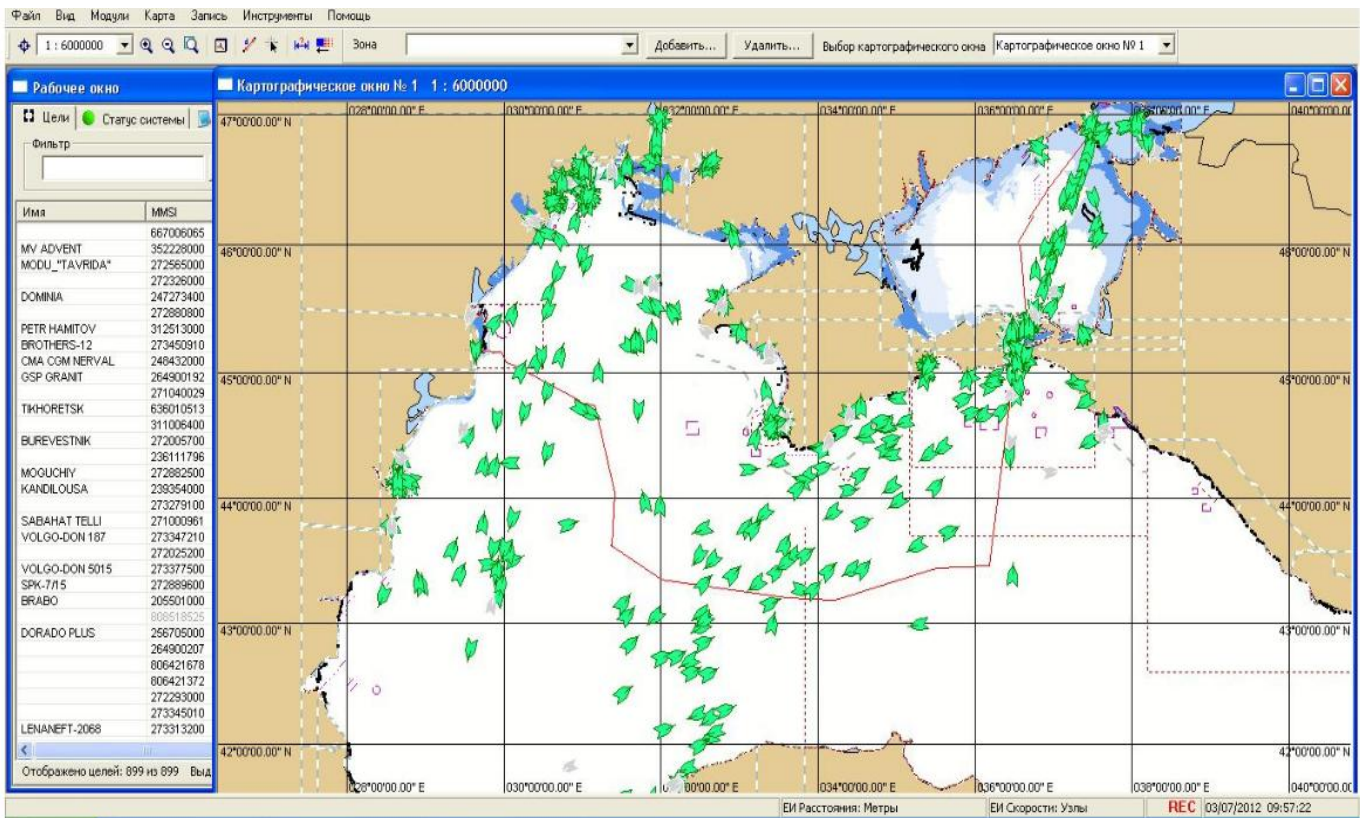


Рисунок 6.8. Візуалізована інформація щодо фактичного стану руху ВТЗ в Чорному морі за рахунок запровадження системи моніторингу судноплавства

В системах рухомого зв'язку потужність сигналу вимірюється в децибел-міліватах (дБм). Це є відношенням абсолютного значення потужності сигналу, що вимірюється в Вт до потужності сигналу 1 мВт.

$$P_{\text{вих}} (\text{дБм}) = 10 \lg \frac{P_{\text{вих}} (\text{Вт})}{0,001} \quad (6.15)$$

Такий спосіб дозволяє замінити операцію ділення та помноження на операції вилучення та складання відповідно. При цьому формула визначення потужності сигналу на вході приймача (6.12), визначена в децибелах, буде такого виду

$$P_{\text{вх}} (\text{дБм}) = P_{\text{вих}} (\text{дБм}) + G_{\text{пер}} (\text{дБ}) + G_{\text{пр}} (\text{дБ}) + 20 \lg(\lambda) - 20 \lg(4\pi) - 20 \lg(r) \quad (6.16)$$

Через цю формулу виражаємо потужність, що вимагається від радіопередавача для забезпечення сталого функціонування системи АІС. Для діапазону близько

160 МГц та діаграми направленості антени  $360^0$ , і гарантованої дальності дії в 55 км ця потужність буде дорівнювати

$$P_{\text{вих}} (\text{дБм}) = P_{\text{вх}} (\text{дБм}) - G_{\text{пер}} (\text{дБ}) - G_{\text{пр}} (\text{дБ}) - 20 \lg(\lambda) + 20 \lg(4\pi) + 20 \lg(r) = \\ -120 \text{дБм} - 0 \text{дБ} - 0 \text{дБ} - 20 \lg \frac{3 \cdot 10^8}{160 \cdot 10^6} + 20 \lg(4\pi) + 20 \lg(55) \approx 47 \text{дБм} \quad (6.17)$$

У разі відношення сигнал/шум на вході демодулятора, що дорівнює близько 47 дБм, потужність передатчика повинна складати близько 50 Вт.

Проведені науково-технічні розрахунки та запровадження системи антенних пристроїв на березі вздовж узбережжя Чорного та Азовського морів в зоні відповідальності України відповідно до вищезгаданих параметрів дозволили забезпечити повне ефективне покриття цієї зони надійним зв'язком в АІС між береговими станціями та усіма ВТЗ, що здійснюють плавання в неї.

Технічне супроводження діяльності системи моніторингу АІС в Україні було покладено на ДУ «Держгідрографія» та ДП «Дельта-лоцман». Крім того, відповідно до технічного завдання на створення системи моніторингу [259], забезпечення функціонування центрального серверу маршрутизації покладено на ДУ «Держгідрографія», а КП «Морська пошуково-рятувальна служба» забезпечує безперервний доступ до об'єднаної інформації системи АІС іноземним морським рятувально-координаційним центрам та підцентрам для виконання функцій з морського пошуку та рятування. У разі потреби особи, що приймають участь в рятувальних операціях, оперативно отримують необхідну інформацію про ВТЗ, що потребує допомоги, та ВТЗ, що знаходяться поблизу.

Система 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 запитам.

Після вводу в експлуатацію системи моніторингу фактичну інформацію щодо поточного місцезнаходження та переміщення усіх ВТЗ, обладнаних АІС, в цієї зоні

можна отримати в режимі on-line на сайті <http://ais.hydro.gov.ua:35080/webmon> (рис. 6.9).

Цей моніторинг дозволяє візуально оцінити фактичні маршрути суден в морі, розподіл інтенсивності руху суден, райони концентрації руху суден та окремі райони, інтенсивність руху в яких потребує вжиття додаткових заходів державного та міжнародного значення для забезпечення безпеки судноплавства в них. Результати запровадження цього моніторингу по ітогам спостережень за сигналами АІС за 2011 рік наведено на прикладах схем інтенсивності руху суден в північно-західній частині Чорного моря, північно-східній частині Чорного моря, вході в Керченську протоку з Чорного моря і в Азовському морі (рис. 6.10 (а - г)). За результатами систематичних спостережень за ВТЗ за допомогою засобів АІС було виявлене необхідність уніфікувати формат та обсяг інформації, що повинна надаватися ВТЗ відповідно до Резолюції ІМО А.917(22) від 29.11.2001 р. «Керівництво з використання суднових Автоматизованих ідентифікаційних систем» [8], з поправками, внесеними Резолюцією ІМО А.956(23). (02.12.2015 р. Резолюція А.917(22) була замінена Резолюцією А.1106(29) «Переглянуте керівництво з використання суднових Автоматизованих ідентифікаційних систем»).

За результатами запровадження зазначеної системи моніторингу [130] стандарт та порядок обміну інформацією в межах системи АІС врегульований наказом Мінінфраструктури від 25.04.2012 № 221, яким затверджено Положення про функціонування системи моніторингу надводної обстановки з використанням автоматизованої системи контролю за рухом суден (додаток Ж, п.82).

За безпосередньою участі автора цієї роботи був виданий наказ Міністерства інфраструктури України від 27.03.2013 № 191 «Про затвердження Переліку даних про судно, що надаються у тому числі за допомогою технічних суднових засобів», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 15 квітня 2013 року за № 614/23146 (Додаток Ж, п. 65). Цим наказом встановлений формат обов'язкової інформації про судно, передачу якої необхідно забезпечити капітанам суден, що здійснюють плавання в морі за допомогою АІС:

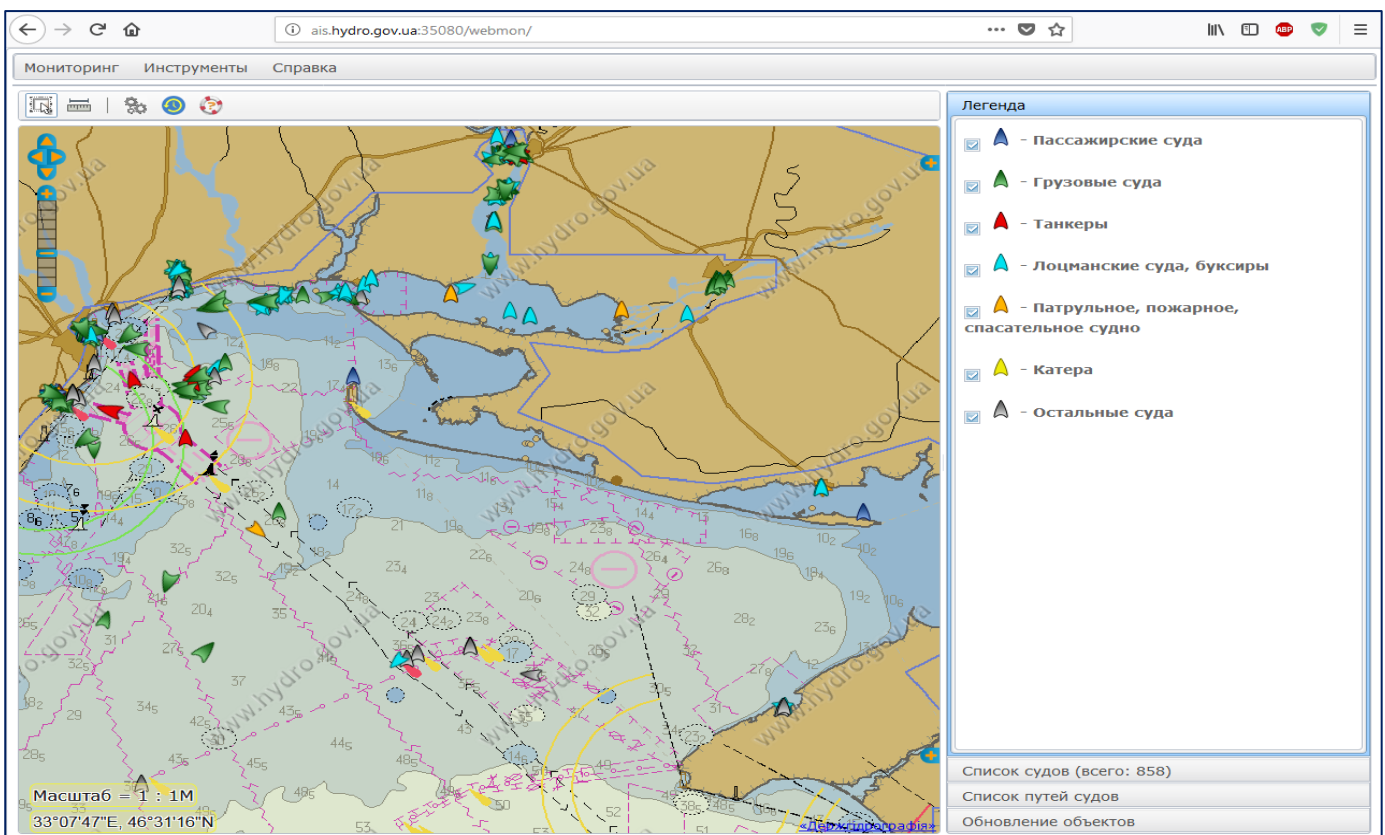
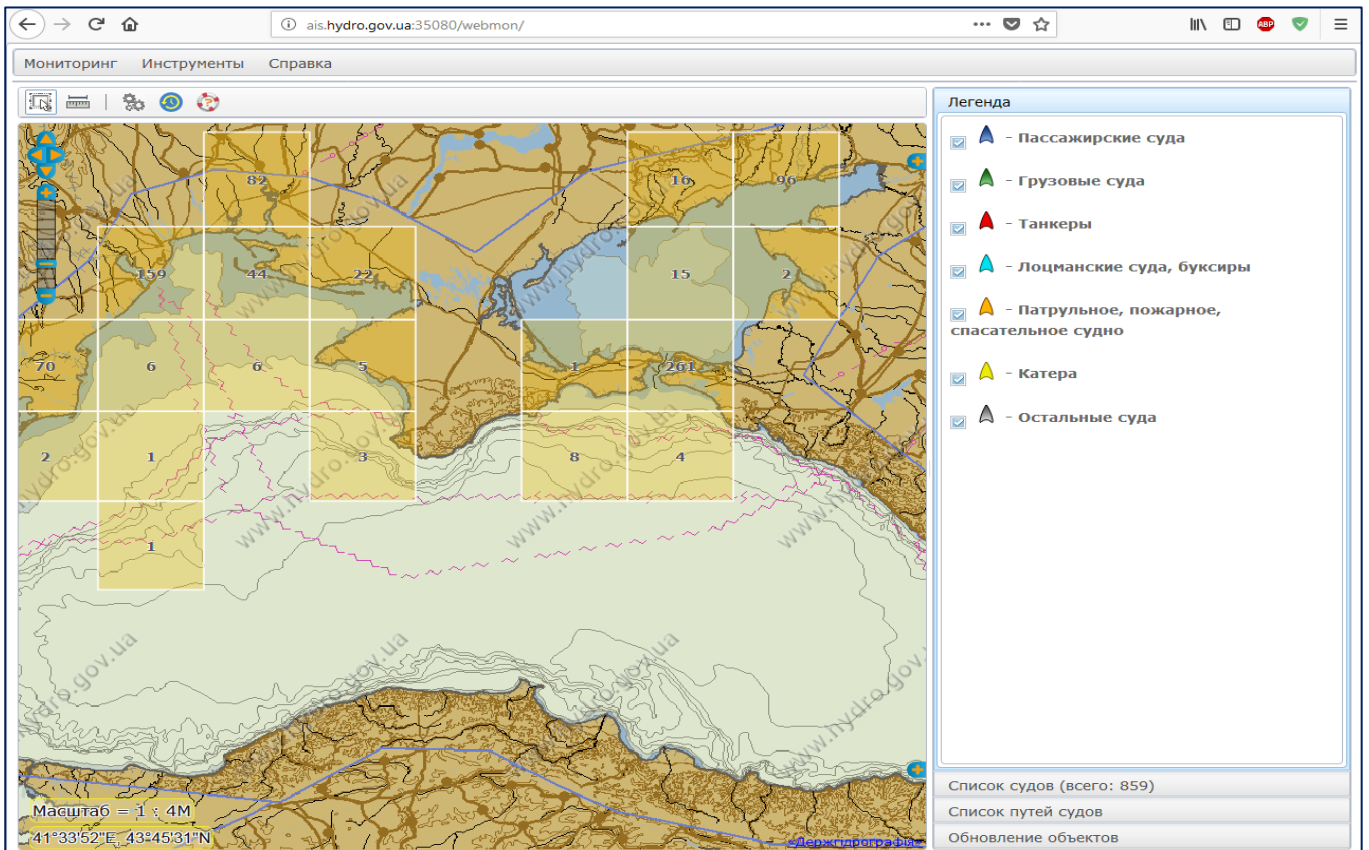


Рисунок 6.9 – Візуалізована on-line інформація щодо фактичного щодо поточного місцезнаходження та переміщення ВТЗ в зоні відповідальності України

- а) назва судна і опис судна (*name and description of the ship*);
- б) національна приналежність судна (*nationality of ship*);
- в) ідентифікаційний номер морської рухомої служби (*MMSI number*);
- г) номер, наданий Міжнародною морською організацією (*IMO vessel number*);
- г) радіопозивний сигнал судна (*radio call sign*);
- д) тип судна (*type of ship*);
- е) найбільша довжина (*max length*) м;
- є) найбільша ширина (*max breadth*) м;
- ж) найбільша осадка (*max draft*) м;
- з) стан судна (на ходу, якорі, міліні тощо) (*ship's navigational status (underway using engine, at anchor, restricted in ability to maneuver, etc)*);
- и) порт призначення, очікуваний час прибуття (*destination and ETA*);

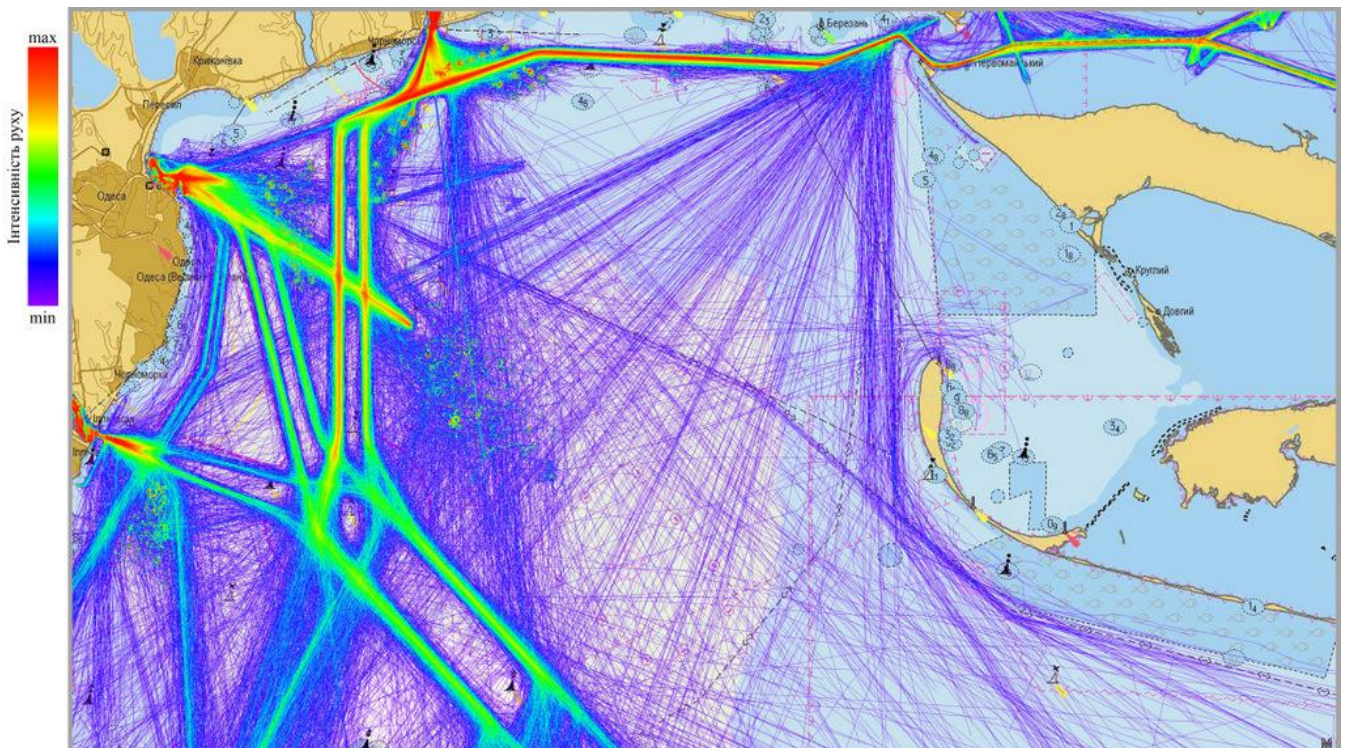


Рисунок 6.10 (а) – Схема інтенсивності руху суден в північно-західній частині Чорного моря

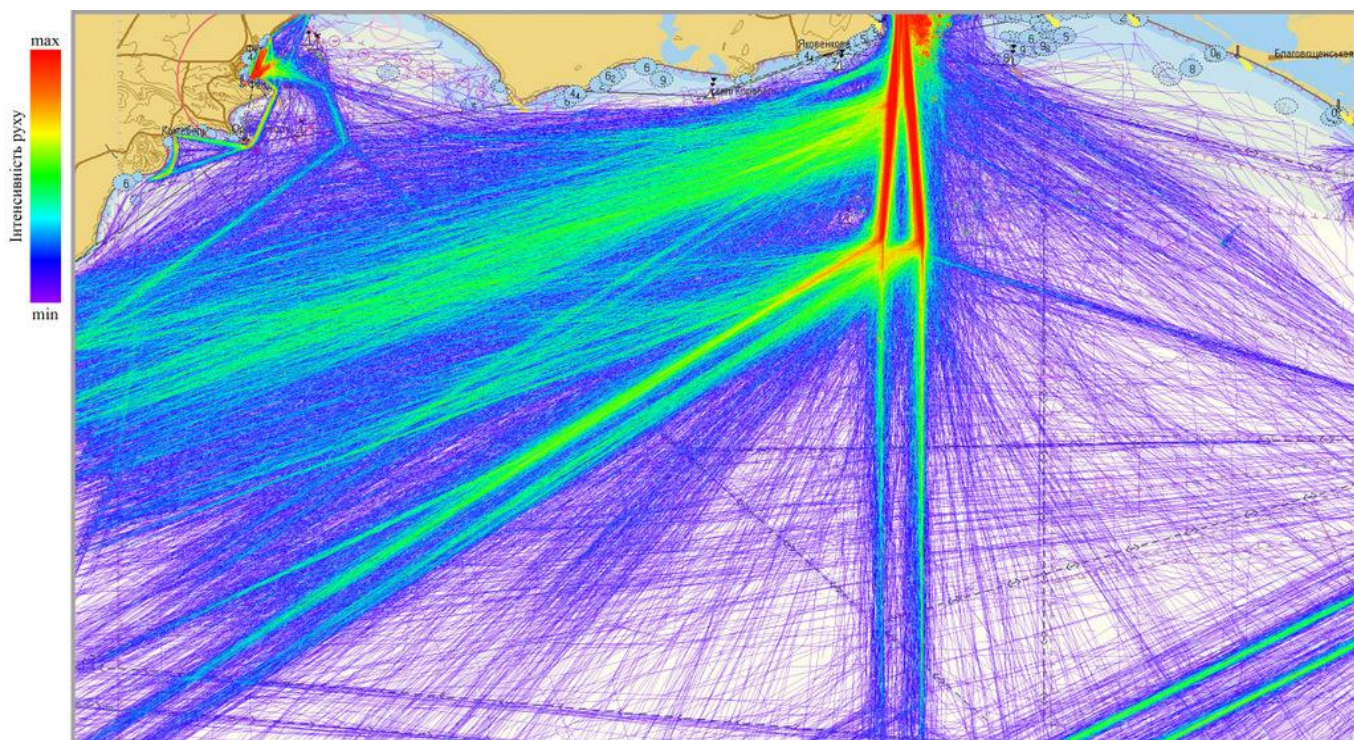


Рисунок 6.10 (б) – Схема інтенсивності руху суден в північно-східній частині Чорного моря

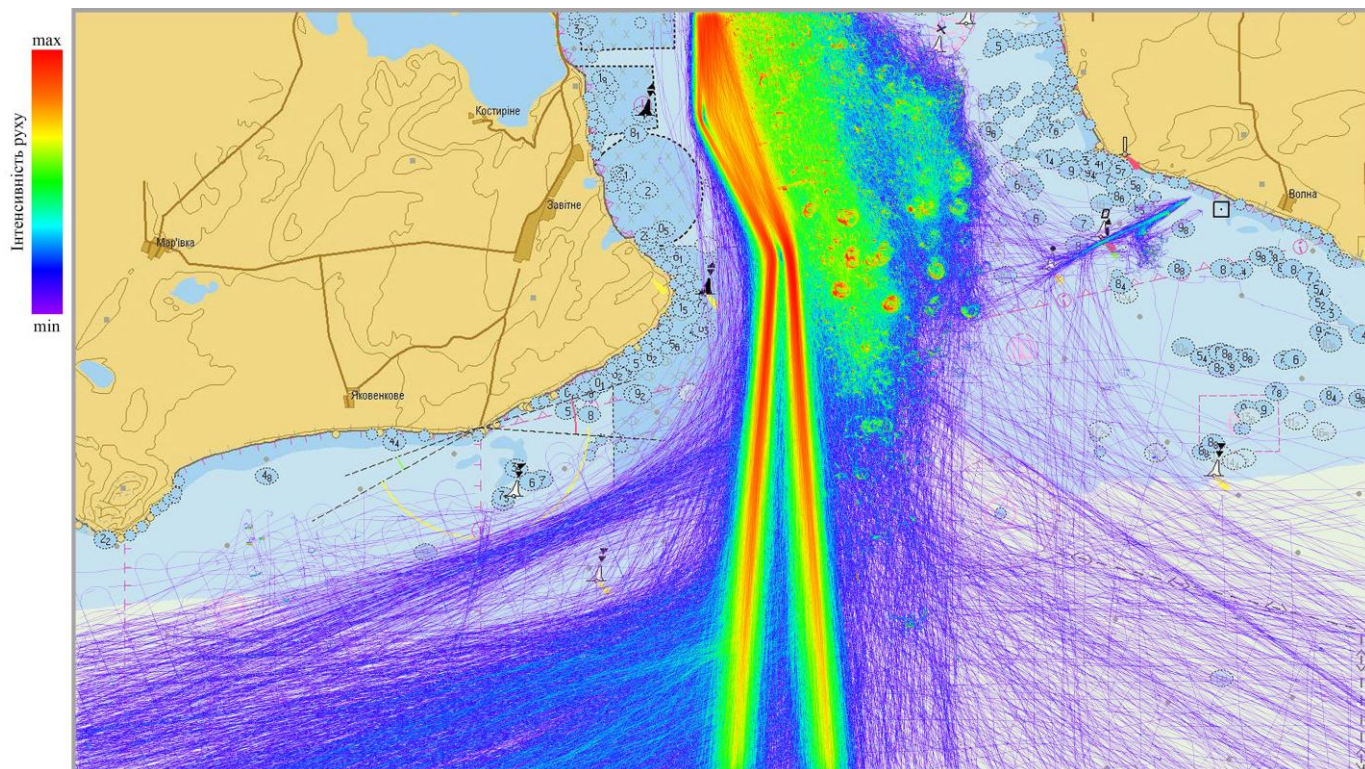


Рисунок 6.10 (в) – Схема інтенсивності руху суден на вході в Керченську протоку з Чорного моря

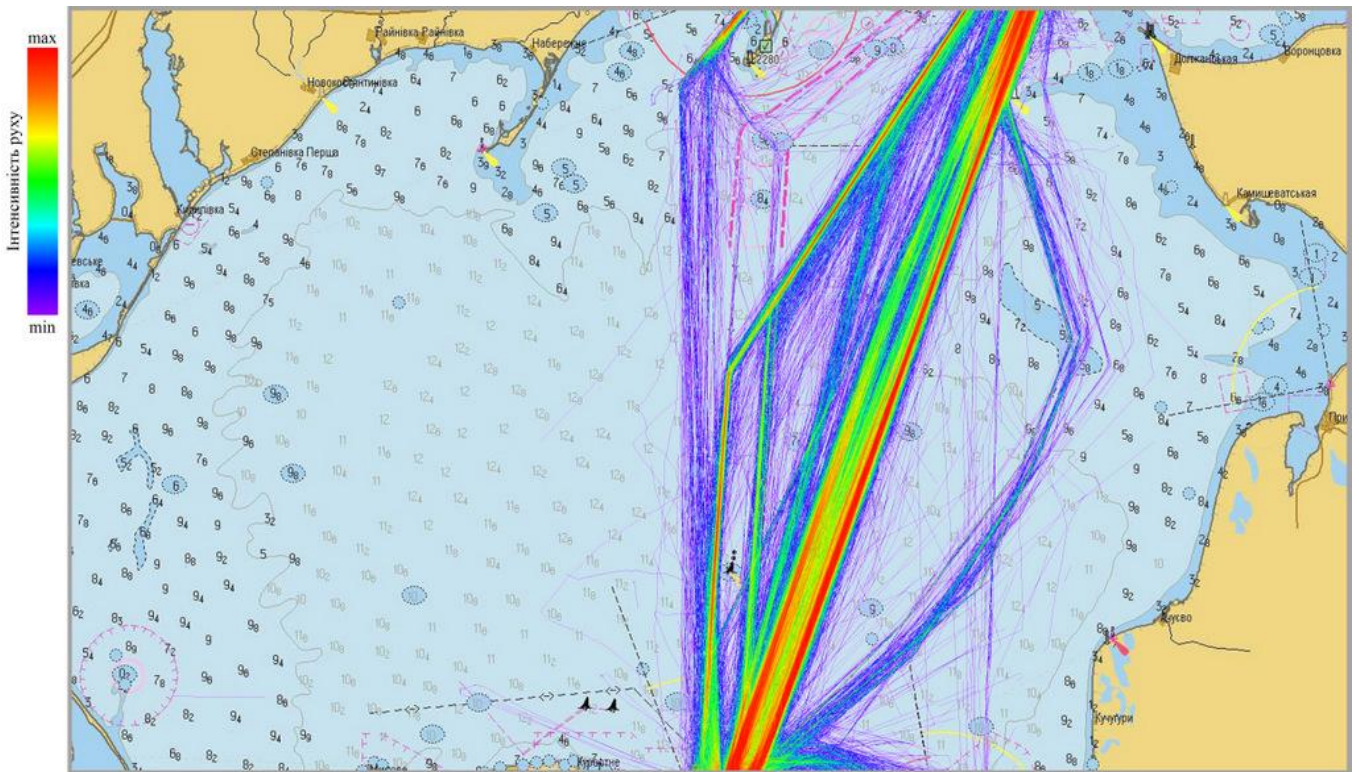


Рисунок 6.10 (г) – Схема інтенсивності руху суден в Азовському морі

У разі не виконання цієї вимоги та невикористання апаратури АІС ВТЗ не зможе бути своєчасно виявлено іншими ВТЗ та береговими службами без додаткових технічних засобів та рух такого ВТЗ буде являти небезпеку для інших учасників судноплавства. Для запобігання таких порушень був розроблений законопроект щодо внесення змін до Кодексу про адміністративні правопорушення стосовно суттєвого підвищення штрафів за невикористання АІС. На цей час проект Закону України «Про внутрішній водний транспорт» знаходиться на розгляді в Верховній Раді України.

Наступним завданням було обґрунтування можливості практичного використання результатів запровадженого моніторингу надводної обстановки для аналізу фактичного стану інтенсивності судноплавства та прогнозування потенційних ризиків аварійних подій в окремих акваторіях. Відповідно до наукових розробок, наведених у статтях автора [260, 261, 262, 270, 271, 275] та за допомогою спеціального програмного забезпечення ІНО IWRAP Mk2 для аналізу ймовірностей колізій на морських шляхах був проведений аналіз руху ВТЗ за



2013 рік за даними АІС в трьох регіонах: підходу до Керченської протоки з Чорного моря, Азовському морі, на підходах до порту Южний, в якому завантажуються спеціалізовані судна, що перевозять наливом особливо небезпечний вантаж - скраплений газ (судна-газовози).

За результатами моніторингу після графічної візуалізації інтенсивності руху з метою аналізу фактичного стану інтенсивності судноплавства та визначення потенційних ризиків аварійних подій був 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 (точки повороту);

для побудованих колін проведений розрахунок кількості ВТЗ, що проходили протягом року по кожному напрямку вздовж відповідних колін;

побудовані криві розподілення інтенсивності руху вздовж колін.

Розроблене програмне забезпечення дозволяє здійснювати розрахунки при фактичній інтенсивності руху та при збільшені в декілька разів для можливості отримання прогнозних даних з урахуванням потенційного підвищеного потоку ВТЗ у майбутньому.

Програмне забезпечення IWRAP Mk2 дозволяє розрахувати ймовірність наступних потенційних аварійних подій:

- *посадка на мілину (Groundings)* (враховується середньостатистична осадка суден в регіоні, що аналізується, батиметрія району та коефіцієнти, що враховують людський фактор);
- *зіткнення під час здійснення обгону (Overtaking)* (враховуються розподілення за швидкостями та крива розподілення інтенсивності вздовж відповідного коліна за одним курсом);
- *зіткнення зустрічними курсами (Head on)* (враховуються криві розподілення інтенсивності руху вздовж відповідного коліна за протилежними курсами);

- зіткнення під час перетину курсів суден під кутом близьким  $90^\circ$  (*Crossing*) (враховуються криві розподілення інтенсивності руху вздовж відповідних колін, що перетинаються);
- зіткнення під час перетину курсів суден під кутом меншим ніж  $45^\circ$  (*Merging*) (враховуються криві розподілення інтенсивності руху вздовж відповідних колін, що перетинаються);
- зіткнення під час перетину курсів суден під кутом більшим ніж  $135^\circ$  (*Bend*) (враховуються криві розподілення інтенсивності руху вздовж відповідних колін, що перетинаються);

Враховуючи відносну віддаленість районів від берегової лінії та відсутність підводних перешкод на маршрутах руху ВТЗ – ймовірність *посадки на мілину* (*Groundings*) в цих регіонах не розраховувались.

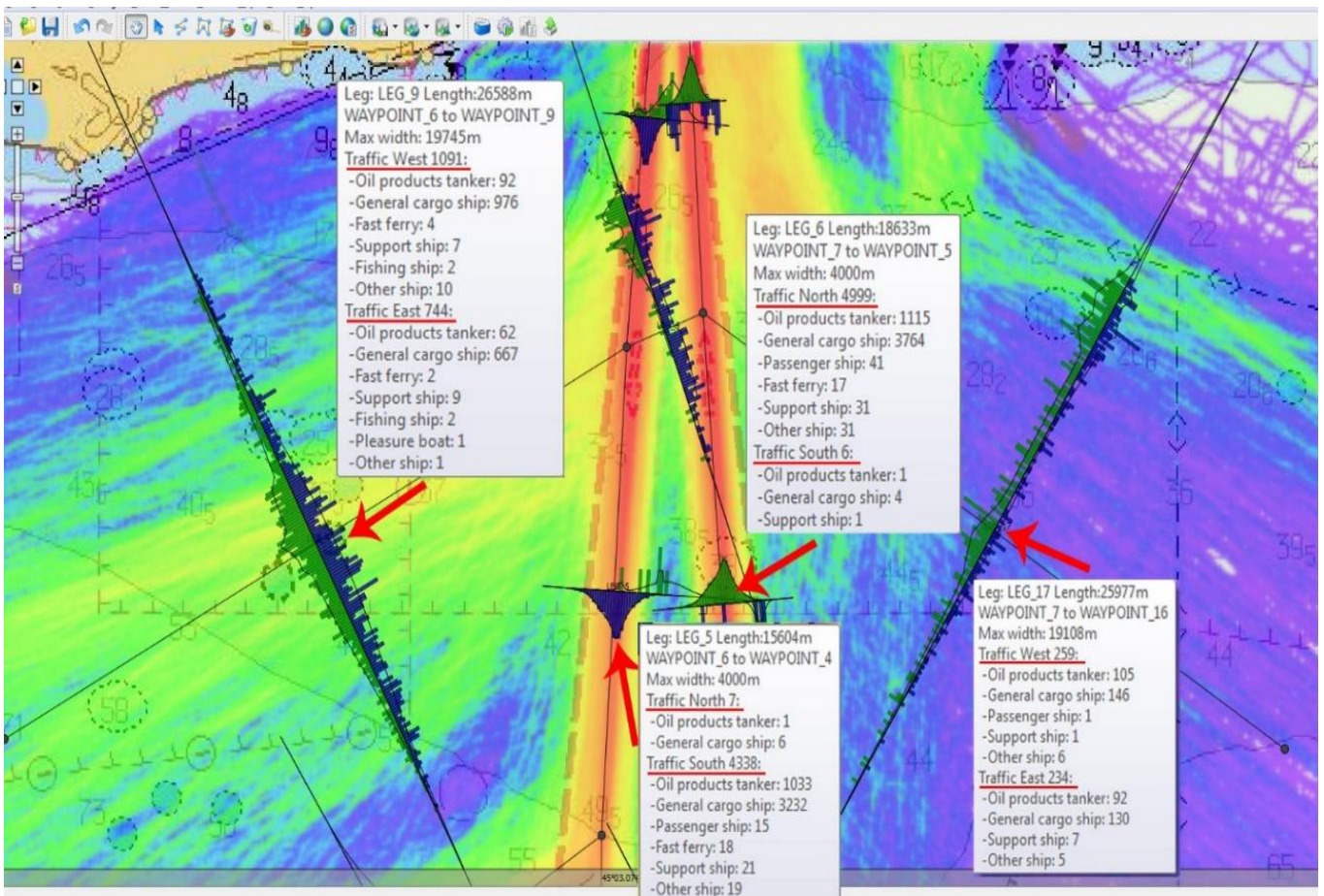


Рисунок 6.11 (а) – Інтенсивність руху ВТЗ на підходах до Керченської протоки з Чорного моря

Схеми фактичної інтенсивності руху показав кількість проходів ВТЗ в різних напрямках по різних колінах за різними типами ВТЗ в окремих районах за результатами спостережень за 2013 рік наведена на рис. 6.11 та 6.12: на підходах до Керченської протоки з Чорного моря в Азовському морі (рис. 6.11 (а - г), та також на підходах до порту Южний (рис. 6.12 (а), (б)).

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

Як приклад наводиться прогнозована ймовірність 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 збільшені інтенсивності руху у 2, 5 та 10 разів (табл. 6.4).

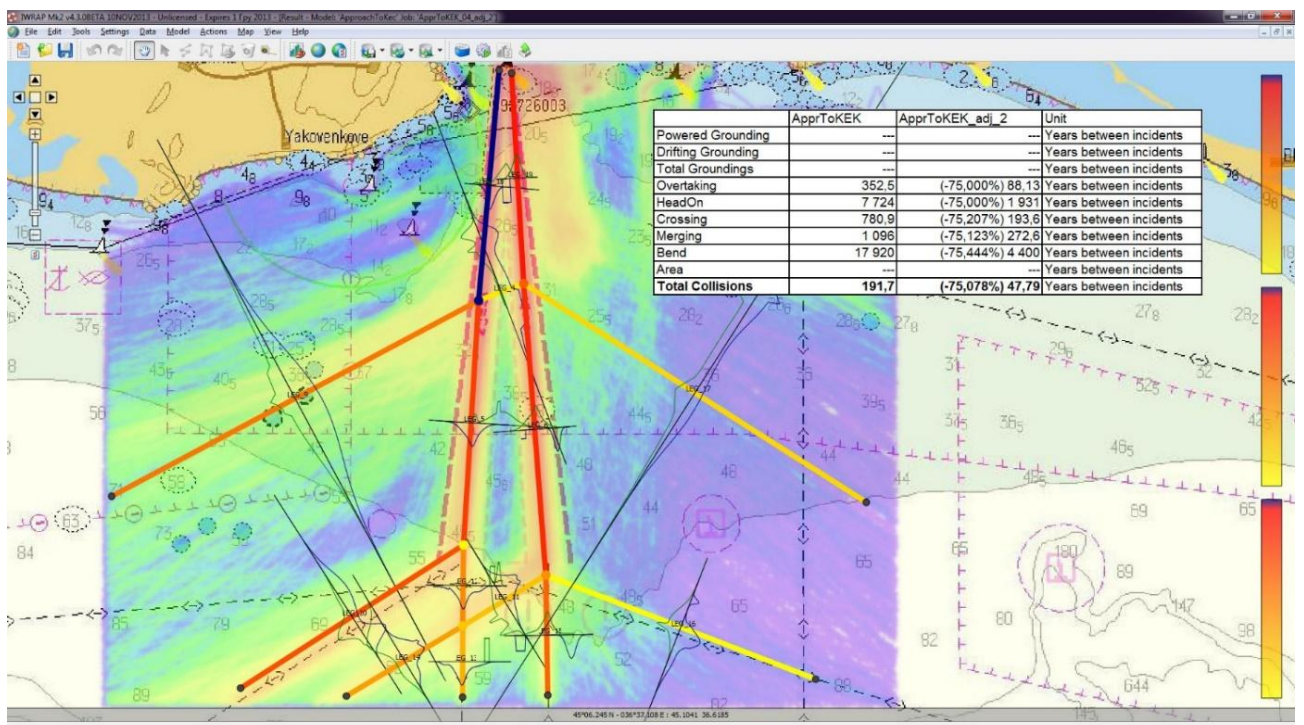


Рисунок 6.11 (б) – Загальна ймовірність аварійних подій на підходах до Керченської протоки з Чорного моря для побудованих ділянок шляху.

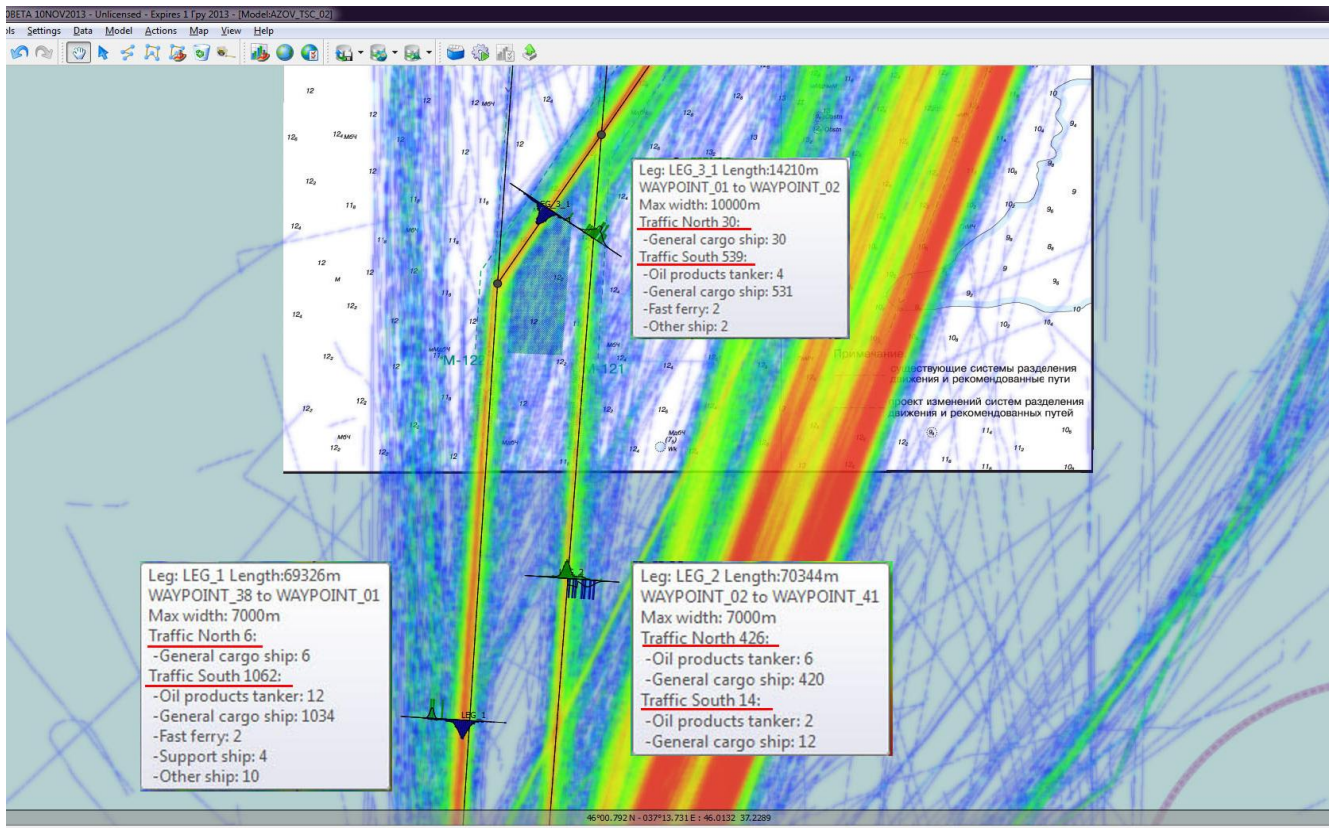


Рисунок 6.11 (в) – Інтенсивність руху суден в Азовському морі із зазначенням даних щодо суднопотоків

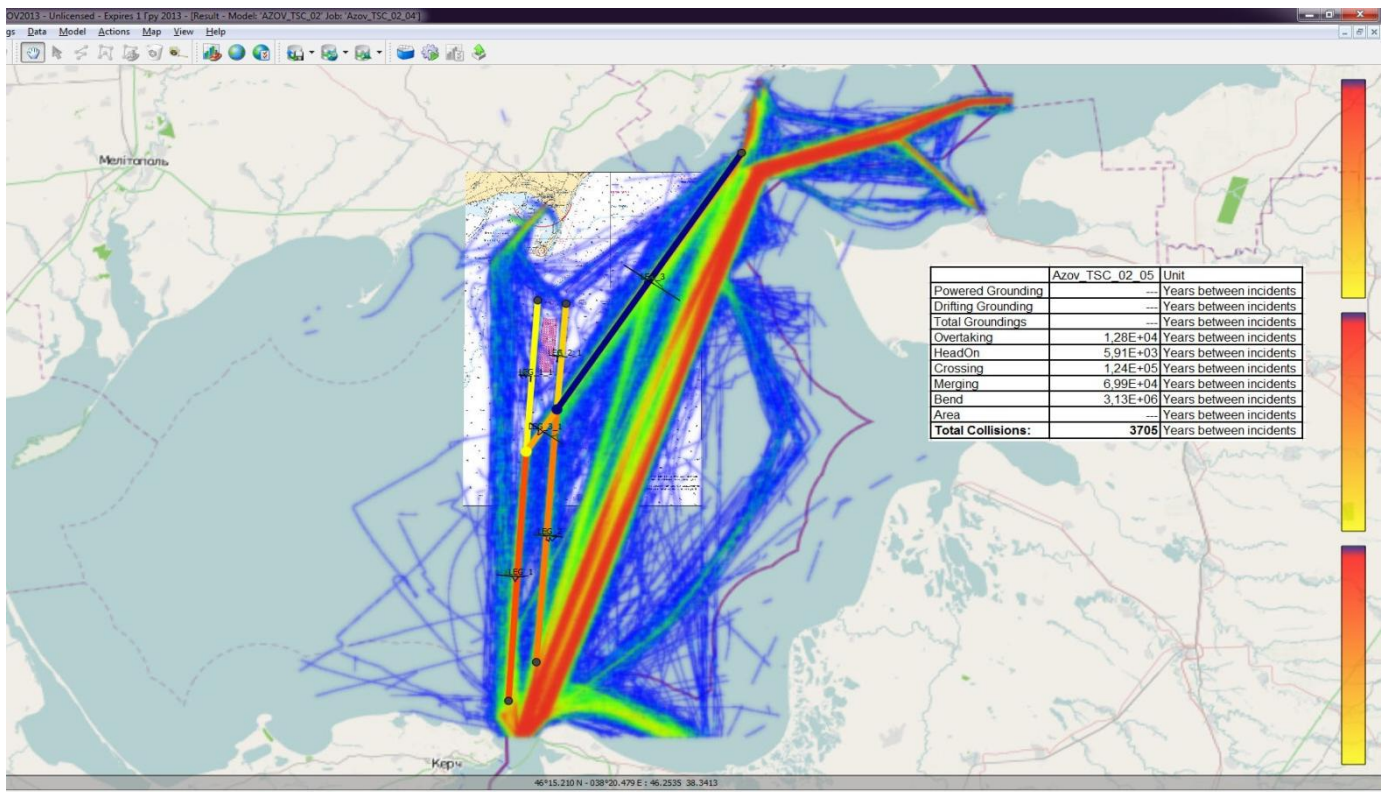


Рисунок 6.11 (г) – Загальна ймовірність аварійних подій у Азовському морі для побудованих ділянок шляху

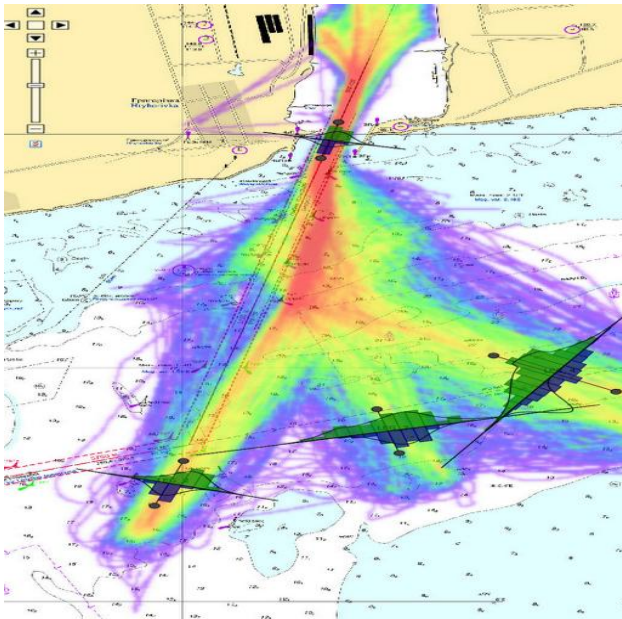


Рисунок 6.12 (а) – Розподіл інтенсивність руху ВТЗ по колінам та ймовірність аварійних подій на підході до входу в порт Южний

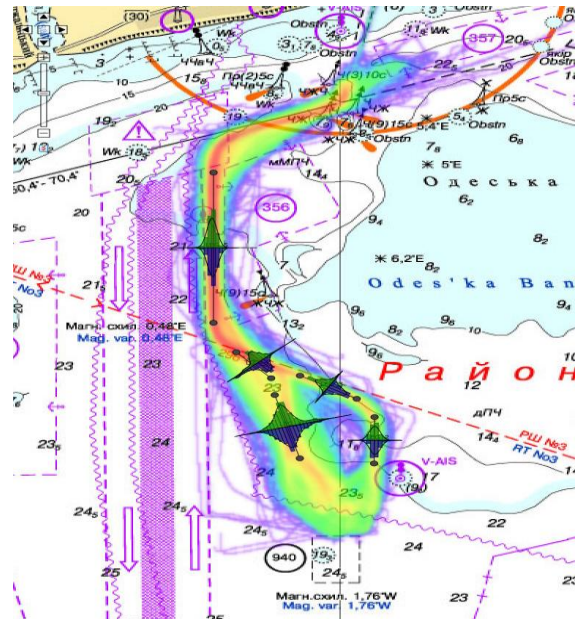


Рисунок 6.12 (б) – Розподіл інтенсивність руху ВТЗ по колінам та ймовірність аварійних подій на підході до порту Южний з системи розподілу руху суден в районі Одеси

Таблиця 6.4 – Упереджені прогнозні розрахунки ймовірності аварійних подій в центральній частині Азовського моря на коліні Керч-Єнікальський канал – п. Маріуполь при фактичному суднопотоку та при збільшені інтенсивності руху у 2, 5 та 10 разів

Можливі варіанти зіткнень	При фактичній кількості ВТЗ	Кількість ВТЗ x 2	Кількість ВТЗ x 5	Кількість ВТЗ x 10
Зіткнення під час здійснення обгону	1 : 12 830	1 : 3 209	1 : 513	1 : 128
Зіткнення під час перетину курсів під кутом, близьким 90°	1 : 123 600	1 : 30 000	1 : 4 743	1 : 1 177
Зіткнення під час руху зустрічними курсами	1 : 5 908	1 : 1 477	1 : 236	1 : 59
Зіткнення під час перетину курсів під кутом, меншим 45°	1 : 69 870	1 : 17 300	1 : 2 751	1 : 685
Зіткнення під час перетині курсів під кутом, більшим 135°	1 : 313 000	78 500	1 : 10 390	1 : 2 597
Кількість зіткнень за усіх можливих ситуацій	1 : 3 705	1 : 925	1 : 148	1 : 37

Результати моніторингу дозволили візуально оцінити та проаналізувати фактичні маршрути ВТЗ в територіальних водах України, розподіл інтенсивності та щільності руху ВТЗ, ділянки концентрації інтенсивності руху ВТЗ, на яких необхідно запровадити додаткові заходи державного та міжнародного значення для забезпечення безаварійного плавання на них, а також провести упереджені прогнозні розрахунки ймовірності виникнення аварійних подій в потоках руху з урахуванням щільності і напрямів руху та параметрів розходження ВТЗ.

Результати моніторингу показали також невідповідність фактичного руху потоків ВТЗ встановленим шляхам, зокрема в Азовському морі. За результатами аналізу фактичних потоків ВТЗ Міністерство інфраструктури України направило до ІМО пропозиції. Відповідно до процедур ІМО зазначені питання повинні бути узгоджені усіма заінтересованими сторонами, в даному випадку - Російською Федерацією. На цей час ІМО розглядає зазначене питання та очікує позицію цієї заінтересованої сторони.

### **Висновки по шостому розділу**

1. Розроблено структурно-функціональну модель ієрархічної взаємодії підсистем технологічної діагностики та контролю стану засобів реалізації маневрених антикризових дій.

2. Рекомендовано методику цілісності функціональної захищеності полієргатичних систем навігації та управління рухом ВТЗ на кожному етапі її реорганізації.

3. Розроблено технологію підвищення рівня інтелектуалізації на базі принципів універсального семантичного кодування лінгвістичних повідомлень для суден-газовозів.

4. Визначено умови упереджених прогнозних розрахунків із застосуванням АІС при проведенні моніторингу руху ВТЗ в територіальних водах України вздовж узбережжя Чорного та Азовського морів.

Матеріали розділу 6 висвітлені у працях автора [260, 261, 262, 266, 267, 270, 271, 275, 276, 280, 281, 283, 295, 299] та у Додатку Ж.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті дисертаційних досліджень розв'язано важливу науково-технічну прикладну проблему розроблення методологічних основ полієргатичного 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 полієргатичних 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 ЗПРП, 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

річковій 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 прогностичні 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 ЗПРП 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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. A Mathematical Representation of Reality. (Encyclopedia Britannica).
2. A.917 (22). Guidelines for the Onboard Operational Use of Shipborne Automatic Identification System (Resolution A.917 (22) adopted on 29.11.2001).
3. Ackalic, T., Maslaric, M. (2012). Navigation conditions and the risk management in inland waterway transport on the middle Danube. *Transport Problems*, 7 (4), p. 13-24.
4. Aisjah A. S. (2010). An Analysis Nomoto Gain and Norbin Parameter on Ship Turning Maneuver // A. S. Aisjah; *JTS*, 2010. – Issue 21 (2). doi: 10.12962/j20882033.v21i2.31.
5. Allianz Global Corporate & Specialty «Safety and Shipping Review 2015» Available at: <https://www.cesam.org/documents/Shipping-Review-2015.pdf> .
6. Anderson T. Statistical analysis of temporal rows // [Electronic resource]. Free access: <https://www.amazon.com/Statistical-Analysis-Time-Theodore-Anderson/dp/0471047457>).
7. Anderson T. W. (1994) *Statistical Analysis of Time Series*. New York, Wiley-Interscience Publ., 704 p.
8. Arab-Ogly E.A., Bestuzhev-Lada I.V., Gavrilov N.F. (1982). *Rabochaya kniga po prognozirovaniyu* [Working book on prognostication]. Moscow, “Mysl” Publ., 430 p.
9. Aydogdu, E. Yalcin, C., Yurtorren, S. (2014). A Discussion on e-Navigation and Implementation in Turkey. *TransNav. International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 8(1), 81- 87.
10. Baranov G.L. (2011). Fundamental properties and relations in modern navigation systems and air traffic control communications / G.L. Baranov, A.M. Nosovskiy, V.I. Tarasyuk // *Control systems, navigation and communication*. - K.: TSNDINU. , 2011. - Issue 1 (17) - p.2-9.
11. Baranov G.L. (1986). *Strukturnyy content of dynamic modeling systems* / G.L. Baranov, A.V. Makarov – Kiev: Naukova. opinion. 1986. - 272p.

12. Barlow R.E. (1998). Engineering reliability / Richard. E. Barlow – ASA – SIAM, Philadelphia, USA, 1998. – 196 p.
13. Borovikov V. (2003) Iskusstvo analiza dannykh na kompyuteri: dlya professionalov [Art of analysis of data on a computer: for professionals]. Saint-Petersburg, “Statistica” Publ. – 688 p.
14. Bremer R. H. and others. (2007). Unmanned surface and underwater vehicles / R. H. Bremer, P. L. H. Cleophas, H. J. Fitski, D. Keus // TNO report. – Netherlands, 2007. – 126 p.
15. Brcic, D., Serdjo, Kos., Zułkin, S. (2015). Navigation with ECDIS: Choosing the Proper Secondary Positioning Source. *TransNav. International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 9 (3). – P. 317-326.
16. Buckleya, J., Hayashi, Y. (2014). Fuzzy neural networks: a survey. *Fuzzy sets and systems*. – Vol. 66, Issue 1. – P. 1-13.
17. Candido J. J. (2011). Modelling, control and Pontryagin Maximum Principle for a two-body wave energy device / J. J. Candido, P. S. Justino // *Renewable Energy*, 2011. – Vol. 36, Issue 5. – P. 1545–1557. doi:10.1016/j.renene.2010.11.013.
18. Carriage Requirements for Shipborne Navigational Systems and Equipment. International Maritime Organization Resolution MSC.282 (86) adopted on 5 June 2009. “Amendments to the SOLAS Convention – Chapter “Safety of Navigation” Regulation 19”; International Maritime Organization. – London: IMO, 2009. – 7 p. [Electronic resource]. Free access:.
19. Casualty Statistic. Global Integrated Shipping Information of International Maritime Organization. [Electronic resource]. Mode of access: <https://gisis.imo.org/Public/MCI/Default.aspx> .
20. Kitty M.A. (1993). Nature of human operator mistakes in Example transport management tools. / M.A. Kitty, A.M. Emelyanov // Moscow: Transport. – 252 p.
21. Chen S.M. (1990). Knowledge representation using fuzzy Petri nets / S.M. Chen, J.S. Ke, J.F. Chang // *IEEE Trans. on Knowledge Data Engineering*. – 1990, № 2. – P. 311-319.

22. Chomsky N. (1981). Lectures on Government and Binding / N. Chomsky // Dordrecht, 1981.
23. Chu Z. (2016). Observer-based adaptive neural network control for a class of remotely operated vehicles / Z. Chu, D. Zhu, G. E. Jan // Ocean Engineering. – 127 p. – P. 82–89. doi: 10.1016/j.oceaneng.2016.09.038.
24. Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972 (COLREG). Consolidated edition 2003; International Maritime Organization – London: IMO, 2004. – 45 p. – ISBN-13: 92-801-4167-8.
25. Costa Concordia owner faces \$2 billion in costs. Disaster at Sea. – July 9th, 2014. [Electronic resource]. Free access: <http://disasteratsea.com/index.php/costa-concordia-owner-faces-2-billion-in-costs/> .
26. D. Patraiko (2017). Cyber Awareness / Seaways – The International Journal of the Nautical Institute. – March 2017. – P.28.
27. Danik O.V. (2017) Sposib kontrolyu rivnya nadiynosti sudnovykh kompleksiv pri nestabil'nykh umovakh sposterejennya [A method for controlling the level of reliability marine complex in unstable conditions of observations]. Kiev, “Naukovy zapysky UNDIZ”, Issue No. 1 (45) . – P. 104-108.
28. Doronin, V. (2017). Application of evaluation criteria of functional sustainability instrumental method of navigation on Ukraine’s Inland waterways. The XIII International Scientific Conference. Zheleznii Port, Ukraine. – P. 178-181.
29. Doronin, V. (2018). Application of the system analysis of implementation of the instrumental method of navigation on Inland waterways of Ukrain. Radio Electronics, Computer Science, Control, 2(3), Kharkiv, p. 47-62.
30. Ebada, A. (2007). Intelligent techniques-based approach for ship maneuvering simulations and analysis (Artificial Neural Networks Application). Doktor-Ing. genehmigte Dissertation. Institute of Ship Technology and Transport Systems. Germany. – P. 156-172.
31. Encyclopedia of Mathematics, Hazewinkel M. (ed.). Kluwer Academic Publ., 1998. Online edition: <http://eom.springer.de/default.htm>.

32. Encyclopedia of Physical Science and technology. Vol. 4 (3-rd ed.), Academic Press, New York, 2001. pp155-170 / <http://pespmc1.vub.ac.be/Papers/cybernetics-epst.pdf>.

33. Fossen T. I. (2011). Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control / T. I. Fossen. – John Wiley & Sons, Ltd: 2011. – 582 p. doi: 10.1002/9781119994138 .

34. Gaskarov D.V., Golinkevich T.A., Mozgalevskiy A.V. (1974) Prognozirovaniye tekhnicheskogo sostoyaniya i nadyozhnosti radioelektronnoy apparatury [Prognostication of the technical state and reliability of radio electronic equipment]. Moscow, Sovetskoye Radio Publ., 224 p.

35. General provisions on ships' routing. International Maritime Organization Resolution A.572(14) adopted on 20<sup>th</sup> November 1985. – Netherlands Human Environment and Transport Inspectorate - Ministry of Infrastructure and the Environment. [Electronic resource]. Free access: [https://puc.overheid.nl/nsi/doc/PUC\\_1369\\_14/5/](https://puc.overheid.nl/nsi/doc/PUC_1369_14/5/) .

36. Global Integrated Shipping Information System (GISIS) portal on the official site of site of the International Maritime Organization. Casualties Statistic Available at: <https://gisis.imo.org/Public/MCI/Default.aspx>.

37. Greg Welch, Gary Bishop. (2004). An Introduction to the Kalman Filter. TR 95-041, Department of Computer Science, University of North Carolina at Chapel Hill. 05.04.2004.

38. Guidelines for Voyage Planning. International Maritime Organization Resolution A.893(21) adopted on 25 November 1999. – London: IMO, 1999. – 5 p. [Electronic resource]. Free access:.

39. Hopcroft J.E. (2001). Introduction to automata theory, languages and computation, second edition /J.E. Hopcroft, R. Motwani, J.D. Velman. - NY: Addison-Wesley, 2001. – 498 p.

40. Hopple, G. (2008). The state of the decision support systems [Text]. Printed in USA. – P. 246-259.

41. <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/175-2002%DO%BF/page> .

42. <http://www.donetskstat.gov.ua/statinform/transport5.php>.
43. <http://www.ukrstat.gov.ua>;
44. <http://docs.imo.org/Category.aspx?cid=3>
45. <http://dsbt.gov.ua/storinka/avariyi-ta-incydeny-na-morskomu-ta-richkovomu-transporti-za-2016-rik>
46. <http://dsbt.gov.ua/storinka/avariyi-ta-incydeny-na-morskomu-ta-richkovomu-transporti-za-2017-rik>
47. <http://en.wikipedia.org>. Wikipedia, the Free Encyclopedia,
48. <http://habrahabr.ru/post/140274/>.
49. [http://ieeexplore.ieee.org/xlp/freeabs\\_all.jsp?urnumber=603663](http://ieeexplore.ieee.org/xlp/freeabs_all.jsp?urnumber=603663) [Electronic resource] WangS. Study on pre-control of non-power vessels based on risk assessment/systems. Man, Cybernetics (SMC), 2011 IEEE International Conference, China, 9-12 Oct.2011, pp.184-188.
50. <http://itcs.org.ua/> .
51. [http://stud.com.ua/34768/finansi/upravlinnya\\_rizikami](http://stud.com.ua/34768/finansi/upravlinnya_rizikami) .
52. <http://verification.itcs.org.ua/sidebar/Templates/Account?returnUrl=~2Fsidebar~2FTemplates~2FChangeUserInfo> .
53. [http://www.e-nav.no/?page=73&parent\\_text=84](http://www.e-nav.no/?page=73&parent_text=84) .
54. [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-\(MSC\)/Documents/MSC.282\(86\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-(MSC)/Documents/MSC.282(86).pdf) .
55. <http://www.internavigation.ru/news.phtml?n=103>.
56. <http://www.itsnorge.no/maritim/IMOE-Navigationstrategy.html> .
57. [http://www.ppa.gc.ca/text/publications/IMO%20Resolution%20A.893\(21\)%20-%20Guidelines%20for%20Voyage%20Planning.pdf](http://www.ppa.gc.ca/text/publications/IMO%20Resolution%20A.893(21)%20-%20Guidelines%20for%20Voyage%20Planning.pdf) .
58. <https://mtu.gov.ua/news/23747.html> .
59. <https://www.cesam.org/documents/Shipping-Review-2015.pdf> .
60. Huligen F., Soslyn C. (2001). Cybernetics and Second-Order Cybernetics // in : R.A.Meyers (ed), Encyclopedia of Physical Science and technology . Vol. 4 (3-rd ed.), Academic Press, New York, 2001. – P.155-170 / <http://pespmc1.vub.ac.be/Papers/cybernetics-EPST.pdf>.



61. IMO “Interim Guidelines on Maritime Cyber Risk Management” issued on 01.06.2016. Available at:

[http://www.imo.org/en/OurWork/Security/Guide\\_to\\_Maritime\\_Security/Documents/MSC.1-CIRC.1526%20\(E\).pdf](http://www.imo.org/en/OurWork/Security/Guide_to_Maritime_Security/Documents/MSC.1-CIRC.1526%20(E).pdf) .

62. IMO Assembly Resolution A.892(21) adopted on 25 November 1999 “Unlawful practices associated with certificates of competency and endorsements” (Незаконна практика, пов’язана з професійними стандартними дипломами та підтвердженнями).

63. IMO Guidelines on Maritime Cyber Risk Management.MSC-FAL.1/Circ.3. issued on 05.07.2017. Available at: [http://www.imo.org/en/OurWork/Security/Guide\\_to\\_Maritime\\_Security/Documents/MSC-FAL.1-Circ.3%20-%20Guidelines%20On%20Maritime%20Cyber%20Risk%20Management%20%28Secretariat%29.pdf](http://www.imo.org/en/OurWork/Security/Guide_to_Maritime_Security/Documents/MSC-FAL.1-Circ.3%20-%20Guidelines%20On%20Maritime%20Cyber%20Risk%20Management%20%28Secretariat%29.pdf).

64. IMO MSC.78/Circ.1163 (12 to 21 May 2004) “Parties to the International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW), 1978, as amended, confirmed by the Maritime Safety Committee to have communicated information which demonstrates that full and complete effect is given to the relevant provisions of the Convention” (Перелік сторін Конвенції ПДНВ, підтверджений Комітетом з безпеки на морі, які надали підтверджений звіт, що демонструє повне виконання положень Конвенції).

65. IMO Resolution A. 817(19) adopted on 23/11/1995. Performance Standards for Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS). – p. 15.

66. IMO, SN/Circ. 213. – Guidance on Chart Datum and Accuracy of Positions on Charts. – 31 May, 2000.

67. International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974 (text modified by the protocol of 1998 relating thereto, including amendments). Consolidated edition 2009. – London: International Maritime Organization, 2009. – 418 p. – ISBN-978-92-801-1505-5.

68. International Convention of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978, including 2010 Manila amendments. – London. International Maritime Organization. – 2011. 356 p.

69. ISO/IEC 14977:1996(E), Extended BNF [электроний ресурс] URL:<http://www.cl.cam.ac.uk/~mgk25/iso-14977.pdf> (дата звернення 14.03.2011).

70. ISO/IEC 27001:2013 Standard on Information Technology – Security Techniques – Information security management systems – Requirements. Published jointly by the International Organization for Standardization (ISO) and the International Electrotechnical Commission (IEC) on 01.10.2013. Available at: [https://en.wikipedia.org/wiki/ISO/IEC\\_27001](https://en.wikipedia.org/wiki/ISO/IEC_27001).

71. Ivanovich V.V., Il'in O. Yu., Kucheruk S.M. (2013) Prognozuvannya bezvidmovnosti obladnannya zasobiv vodnogo transportu metodamy statystychnogo analyzu chasovykh ryadiv [Prognostication of faultlessness of equipment of facilities of water transport objects by the methods of statistical analysis of time series]. Kiev, KSAWT, “Vodnyy Transport”, Issue No. 2. – P. 218-223.

72. J. Clark. (2017). Cyber risk and seaworthiness / Seaways – The International Journal of the Nautical Institute. – September 2017. – P.15-16.

73. J. Edwards. (2016). Cyber crime – a hidden problem? / Seaways – The International Journal of the Nautical Institute. – October 2016. – P.15-16.

74. John Eric Hagen. (2012). Why e-Navigation. – Seaways. The International Journal of the Nautical Institute. – March 2012. – P. 14-16.

75. Jon Holvik, Kongsberg Simrad Inc. (Houston). Basics of Dynamic Positioning. DYNAMIC POSITIONING CONFERENCE, October 13-14, 1998.

76. Kazimierski, W., Grzegorz Z. (2017). Implementation of Voyage Assistant Module in Mobile Navigation System for Inland Waters. TransNav. International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 11(4). – P. 683-689.

77. Kohda T. (1997). Statistics of chaotic sequences / T. Kohda, A. Tsuneda // IEEE Trans. On Information Theory – 1997. – 43(1). – P. 104-112.

78. Koshevyy, V., Shyshkin, O. (2015). ECDIS Modernization for Enhancing Addressed VHF Communication TransNav. International Journal on Marine Navigation

and Safety of Sea Transportation, 9 (3). – P. 327-331.

79. Lavrinenko V.F., Stadnik A.I., Torokhtey V.P. (2014) Vybory metoda mnogokriterial'noy optimizatsii dlya upravleniya vodnym transportnym sredstvom [Choice of method of multicriterion optimization for a management by a water transport object]. Kiev, KSAWT, "Vodnyy Transport". Issue No. 3 (21). – P. 11-14.

80. Maritime Cyber Risk Management in Safety Management Systems IMO Resolution MSC.428(98), adopted on 16.06.2017. Available at: <http://www.imo.org/en/OurWork/Security/WestAfrica/Documents/Resolution%20MSC.428%2898%29%20-%20Maritime%20Cyber%20Risk%20Management%20in%20Safety%20Management%20Systems.pdf>.

81. Melin, P., Castillo, O., & Ramirez, E. (2007). Analysis and design of intelligent systems using soft computing techniques. Heidelberg: Springer.– P. 844-855.

82. Michael, B. (2013). Integrated Data as backbone of e-Navigation. TransNav. International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 7 (3). – P. 371-374.

83. Miller B.M. (2005). Optimization of Dynamic Control with impulsamy / B.M. Miller, E.Y. Rubynovych, [otv.red. N.A. Kuznetsov], In-t Transmission Problems Inform. (YPPY) In-management problems th t. VA Trapeznikova (IPU). - Moscow: Nauka, 2005. – 429 p.

84. Minsky M. (1962). Size and structure of universal Turing machines using tug systems // Recursive Function Theory, Symposium in Pure Mathematics, AMS – 1962, (5). – P. 229-238.

85. MSC/Circ.918 on 27 May 1999 "Guidance for port state control officers in respect of certificates of competency issued under the provisions of the STCW Convention" (Керівництво посадовим особам, що здійснюють контроль суден державою порту відносно дипломів, виданих відповідно до положень Конвенції ПДНВ).

86. New Ships' Routeing. 2015 edition (adopted on 95<sup>th</sup> session of the IMO Maritime Safety Committee June 2015). – London: IMO, 2015. – 68 p.

87. Ning, W., Dan, W., & Tieshan, L. (2012). Novel Vessel Maneuvering Model via GEBF Based Fuzzy Neural Networks. Proceedings of the 31-st Chinese Control Conference, Hefei, China. – P. 708-726.
88. Official site of the International Maritime Organization. Casualties Statistic Analysis Available at: <http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/ShipsAndShippingFactsAndFigures/Statisticalresources/~/Documents/FSI%2020%20INF-7%20%20Casualty%20statistics%20-20loss%20of%20life%20from%202006%20to%20date.pdf>.
89. Ohsawa T. (2015). Contact geometry of the Pontryagin maximum principle / T. Ohsawa; Automatica. – 2015. – Vol. 55. – P. 1–5. 0.1016/j.automatica.2015.02.015.
90. Olivier Cadet. (2003). Transocean Offshore Deepwater Drilling Inc. (Houston). Introduction to Kalman Filter and its Use in Dynamic Positioning Systems - Dynamic Positioning Conference, September 16-17, 2003.
91. Onori S. (2015). Adaptive Pontryagin's Minimum Principle supervisory controller design for the plug-in hybrid GM Chevrolet Volt / S. Onori, L. Tribioli // Applied Energy, 2015. – Vol. 147. – P. 224–234. doi:10.1016/j.apenergy.2015.01.021.
92. Ovchinnikov P.Ph. (1998). Modeling on the process of a person's adaptation to wards the change on the surroundings / P.Ph. Ovchinnikov, V.A. Golikov // XXI symposium on rheology (collection of abstracts) – Klaipeda: Lithuania. 1998. – 50 p.
93. Ozatay E. (2017). Velocity profile optimization of onroad vehicles: Pontryagin's maximum principle based approach / E. Ozatay, E., U. Ozguner, D. Filev; Control engineering practice. – 2017, Vol. 61, Issue 3. P. 244–254. doi: 10.1016/10.1016/j.conengprac.2016.09.006.
94. R. Johnson. (2015). Cybersecurity and autonomous ships / Seaways – The International Journal of the Nautical Institute. – November 2015. – P.10-12.
95. Raymond, M., Schell, G. (2013). Management Information Systems [Text]. Prentice Hall, Upper Sadle River. New Jersey, p. 56-66.
96. Risk Management – Risk Assessment Techniques. The International Standard IEK. ISO 31010-2009. – SKU: 2830. Publishers: ISO/IEC, 2009. Format: Hardcopy. 176 p.

97. Roberts G. N. (2008). Trends in marine control systems. / G. N. Roberts; Annual Reviews in Control, 2008. – Issue 32(2). – P. 263–269. doi: 10.1016/j.arcontrol.2008.08.002 .
98. Rusu R. (2011). 3D is here: Point Cloud Library (PCL) / R. B. Rusu, S. Cousins // IEEE International Conference on Robotics and Automation. 2011. – P. 17-24. doi: 10.1109/icra.2011.5980567.
99. Saerens B. (2013). Calculation of the minimum fuel driving control based on Pontryagin's maximum principle / B. Saerens, E. Van den Bilk // Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2013. – Vol. 24, Issue 3. – P. 89–97. doi: 10.1016/j.trd.2013.05.004.
100. Safety and Shipping Review 2015. Allianz Global Corporate & Specialty. [Electronic resource]. Free access: <https://www.cesam.org/documents/Shipping-Review-2015.pdf>].
101. Shatyhyn L.G. (1991). Strukturnyye Matrytsy and its Application for Exploration Systems / L. Shatyhyn - 2nd ed.– Moscow: Mashynostreenye, 1991.–256 p.
102. Scherer R. (2012). Relational Modular Fuzzy Systems. Studies in Fuzziness and Soft Computing / R. Scherer; Springer Berlin Heidelberg. – Berlin, 2012. – P. 39–50. doi: 10.1007/978-3-642-30604-4-4 .
103. Seaways – The monthly international journal of the Nautical Institute – 2010-2018.
104. Seaways. The International Journal of the Nautical Institute. – March 2012. – P. 12-13.
105. Shumway R. H., Stoffer D. S. (2010) Time Series Analysis and its Applications. With R Examples. Third edition. NY, Springer New York Dordrecht Heidelberg London Publ. – 576 p. ISBN 978-1-4419-7864-6. DOI 10.1007/978-1-4419-7865-3.
106. Smith A. M. (2004). RCM: gateway to world class maintenance / Anthony M. Smith., Glenn R. Hincheliffe // Elsevier Inc., Burlington, USA, 2004. – 340 p.
107. SOLAS Convention amendments 2008 and 2009. – London. International Maritime Organization. – 2010. – 78 p.

108. StatSoft, Inc. (1999). Электронный учебник по статистике. Москва, StatSoft. WEB: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm>.
109. Stern, F. and others. (2013). Computational ship hydrodynamics: nowadays and way forward / F. Stern, J. Yang, Z. Wang, H. Sadat-Hosseini, M. Mousaviraad, S. Bhushan, T. Xing; International Shipbuilding Progress, 2013, 60 (1-4). – P. 3–105. doi: 10.3233/ISP-130090
110. The Guidelines on Cyber Security On Board Ships, produced and supported by BIMCO, CLIA, ICS, Intercargo, Intertanko, OCIMF and IUMI in February 2016. Version 2.0. Available at: <http://www.ics-shipping.org/docs/default-source/resources/safety-security-and-operations/guidelines-on-cyber-security-onboard-ships.pdf?sfvrsn=16>.
111. 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
112. Tim Wescott. PID Without a PhD. – <http://roboforum.ru>.
113. Tykhonov I.V. (2018). 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. doi. 10.15587/1729-4061.2018.123948.
114. Tykhonov I.V. (2018). Method of the statistical diagnostic of reliability of ships' equipment / I.V.Tykhonov // Proceeding of the National Aviation University. – Kyiv: NAU. – 2018. No. 1 – P. 13-23.
115. Tykhonov I.V. (2018). The application of intellectual processing of data flows in river navigation conditions / M. Alieinikov, V. Doronin, V. Panin, I. Tykhonov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Issue 3/5 (93). – P. 36-45. doi. 10.15587/1729-4061.2018.123948.
116. Tyurin Yu.P., Makarov A.A. (2003) Analiz dannykh na kompyutere [Analysis of data on a computer]. Moscow, "Infra-M" Publ. – 544 p.
117. United States National Institute of Standards and Technology's Framework for Improving Critical Infrastructure Security (the NIST Framework). National Institute of

Standards and Technology. 10.01.2017. Available at:  
<https://www.nist.gov/cyberframework> .

118. Valcic, M., Antonic, R., & Tomas, V. (2011). Based Model for Ship Speed Prediction. *Brodo Gradnja*, 62 (4). – P. 373-382.

119. Volhyn L.N. (1986). *Dyskret Optimal Dynamic Management Systems* / Ed. P.D. Krut'ko / L.N. Volhyn. – Moscow: Nauka., 1986. – 240 p.

120. Watson, H., Bulding, J. (2010). *Executive Information Systems and other Decision Support Applications* [Text]. New York: John Wiley & Sons Inc. P. 290-301.

121. Weintrit, A. (2010). *Telematic Approach to e-Navigation Architecture*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1- 10.

122. [www.scilab.org](http://www.scilab.org)

123. Yang M.-S. (2002). Fuzzy least-squares linear regression analysis for fuzzy input-output data / M.-S. Yang, T.-S. Lin // *Fuzzy Sets and Systems*. – 2002. – Vol.126, Issue 3: p. 389–399. doi: 10.1016/S0165-0114(01)00066-5.

124. Zadeh L. A. (1965). Fuzzy sets / L. A. Zadeh; *Information and Control*. – 1965. Issue 8 (3), p. 338–353.

125. Zadeh L.A. (1983). A computational approach to fuzzy quantifiers in natural languages / L.A. Zadeh // *Computer and Mathematics*. – 1983, 9. – P. 149-184.

126. Zulkin, S., Brcic, D., Valcic, S. (2017). ECDIS Possibilities for BWE Adoption TransNav. *International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 11(3). – P. 477-482.

127. Абрамова Л.С. Постановка задачі адаптивного управління дорожнього руху / Л.С. Абрамова, Л.С. Чернобаев // *Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту*, 2009. № 1. – С. 7-12.

128. Аверкин А.Н. Толковый словарь по искусственному интеллекту / А.Н. Аверкин, М.Г. Гаазе-Рапопорт, Д.А. Поспелов // [электронный ресурс]. URL:[http:// www.raai.org/library/tolk/avioc.html](http://www.raai.org/library/tolk/avioc.html).

129. Алексишин В.Г. Обеспечение навигационной безопасности плавания / В.Г. Алексишин, Л.А. Козырь, С.В. Симоненко // учебное пособие. – Одесса: Феникс; М.: ТрансЛит, 2009. – 518 с.

130. Автоматизовано контроль за рухом суден. [електрон. ресурс] UBR за інформацією прес-служби Міністерства інфраструктури України <https://ubr.ua/market/transport/avtomatizovano-kontrol-za-ruhom-morskih-suden-149639>.

131. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. / В.Ф. Бабков // Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1993. – 271 с.

132. Барабаш О. В. Функціональна стійкість – властивість складних технічних систем. Збірник наукових праць НАОУ № 40, 2012. – С. 225-229.

133. Баранов А.П. Моделирование судового электрооборудования и средств автоматизации / А.П. Баранов, М.М. Раимов // СПб.: Элмор, 1997. – 232 с.

134. Баранов Г.Л. Алгебраїзація маршрутів руху транспортних засобів / Г.Л. Баранов, В.В. Доронін, В.Р. Косенко, О.М. Прохоренко // Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті. – К.:НТУ, 2014. Вип. 1. – С. 60-70.

135. Баранов Г.Л. Інтеграція інформаційних технологій на транспорті. Навчальний посібник / Г.Л. Баранов, С.А. Банішевський, В.Л. Міронова, Д.В. Пасечник. – К.: НТУ, 2009. – 197 с.

136. Баранов Г.Л. Інформаційно-аналітичне забезпечення інтелектуальних систем (інтеграція інформаційних технологій на транспорті): монографія / Г.Л. Баранов, С.А. Банішевський, В.Л. Міронова, Д.В. Пасечник. – К.: НТУ, 2009. – 197 с.

137. Баранов Г.Л. Оптимізація траєкторного управління та безпеки руху об'єктів наземних транспортних засобів на базі структурного аналізу складних динамічних систем / Г.Л. Баранов, В.Л. Міронова, О.М. Прохоренко // Наук. журнал Управління проектами, системний аналізі логістика, № 12. – Київ, НТУ, 2013. – С.7-16.

138. Баранов Г.Л. Особливості траєкторного управління рухом високошвидкісними транспортними засобами в зонах підвищеного ризику небезпечних подій / Г.Л. Баранов, Г.Г. Соболевський, О.М. Прохоренко // Вісник національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2013, вип. 28. – С.36-43.



139. Баранов Г.Л. Способность контроля функциональной устойчивости сложных динамических систем / Г.Л. Баранов, В.Р. Косенко // Проблемы транспорта: ЗНП. Вып.8. – К.: НТУ, 2011 – С.115-118.
140. Баранов Г.Л. Структурное моделирование сложных динамических систем / Г.Л. Баранов, А.В. Макаров. – К.: Наук. думка, 1986. – 272 с.
141. Баранов Г.Л. Телекоммуникационные технологии на транспорте / Г.Л. Баранов, П.Р. Левковець. – К.: НТУ, 2007. – 448 с.
142. Бартини ди Р.О. Соотношения между физическими величинами / В сб.: Проблемы теории гравитации и элементарных частиц. – М.: Атомиздат, 1966. – С. 249-266.
143. Бартини ди Р.О., Кузнецов П.Г. Множественность геометрий и множественность физик / В сб.: Моделирование динамических систем. – Брянск, 1974. – С. 18-29.
144. Берка К. Измерения. Понятия, теории, проблемы / К. Берка. Пер. с чеш. – М.: Прогресс, 1987. – 320 с.
145. Берталанфи Л. Фон. Общая теория систем: критический обзор: монографія. – Изд. «Прогресс», 2012. – С. 82.
146. Бесекерский В. А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. 4-е изд. – С.Пб.: Изд-во «Профессия», 2003. – 751 с.
147. Бир Ст. Кибернетика и управление производством / Ст. Бир. – М.: Наука, 1965. – 356 с.
148. Бойко П.А. Проблеми ефективної та безпечної експлуатації танкерів-газовозів при будівництві СПГ-Терміналу в Україні / П.А. Бойко // Водний транспорт. Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту ім. гетьмана Петра Конашевичва-Сагайдачного. – К.: КДАВТ, 2012. – № 2(14) –С. 22-28.
149. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов. М.: Наука, 1981. – 721 с.
150. Бурдун Г.Д. , Марков Б.Н. Основы метрологии. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 286 с.

151. Вагущенко Л. Л. Судовые навигационно-информационные системы. Одесса, ЛАТСТАР, 2004. – 302 с.
152. Вагущенко Л.Л. Современные информационные технологии в судовождении / Вагущенко Л.Л./ Одесса: ОНМА. 2013. – 135 с.
153. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах: учебное пособие для электроэнергет. спец. вузов. – 4-е изд., перераб и доп / В.А. Веников. – М.: Высш. шк., 1985. – 536 с.
154. Воронін А.Н. Векторна оптимізація динамічних систем / А.М. Воронін, Ю.К. Зіатдінов, О.І. Козлов, В.С. Чабанюк, за ред. А.М. Вороніна. – К.: Техніка. 1999. – 284 с.
155. Воронін А.Н. Многокритеріальний синтез динамічних систем. – Київ: Наукова думка, 1992. – 160 с.
156. Гаврилов Е.В. Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху / Гаврилов Е.В., Дмитриченко М.Ф., Доля В.К. та інші // за ред. М.Ф. Дмитриченка. – К.: Знання України, 2007. – 452 с.
157. Гагарский Д.А. Электронные картографические системы в современном судовождении: Учеб.-метод.пособие – Изд. 2-е. доп. – СПб.: Изд-во ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2007. – 124 с.
158. Галак І.І. Системні аспекти забезпечення безпеки перевезень вантажів та пасажирів / І.І. Галак // Вісник НТУ. 42. – К.: НТУ, 2006. Вип.13. – С. 145-150.
159. Гарев А.Є. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения./ А.Є. Гарев, Е.М. Олещенко. – М.: Академія 2006. – 256 с.
160. Гладков В.М. Контроль качества подготовки персонала ОРПР и РТЗ в НЦС / В.М. Гладков, В.С. Демьянчук, В.О. Клименко, О.Л. Петрашевский // Проблемы транспорта: ЗНП. Вып.8. – К.: НТУ. 2011. – С. 256-265.
161. Глушков В.М. Самоорганизующиеся системы и абстрактная теория автоматов / В.М. Глушков // Журнал выч. матем. и матем. физики, т.2, № 3, 1962.
162. Гофман-Велленгоф Б. Навігація. Основні визначення місцеположення та скеровування / Б. Гофман-Велленгоф, К. Легат, М. Візер; пер. с англ. за ред. Я.С. Яцківа. – Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2006. – 443 с.

163. Грановский В.А., Сирая Т.Н. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
164. Де́за Е.И. Энциклопедический словарь / Елена Де́за, Мишель Мари Де́за; [пер. с англ. В.И. Сычева] // Моск. гос. пед. ун-т; Нормальная высшая школа, Париж. – М.: Наука, 2008. – 444 с.
165. Дібрівний М.В. Створення семантичного інформаційного середовища на засіданні універсального семантичного інформаційні технології в освіті, науці і техніці (ІТОНТ – 2004) – Т.2. – Черкаси: Вид-во УНУ, 2004. – С.15-18.
166. Дли М. И. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. Физматлит. Москва, 2013. – С. 225.
167. Дмитриев А.К. Основы теории построения и контроля сложных систем / А.К. Дмитриев, П.А. Малинцев. – Л.: Энергоатом издат. Ленинг.отд., 1998. – 192с.
168. Дмитриченко М.Ф. Транспортні технології в системах логістики / М.Ф. Дмитриченко, П.Р. Левковець, А.М. Ткаченко, О.С. Ігнатенко та ін. // Підручник. – К.: Інформавтодор, 2007. – 676 с.
169. Долуханов М.П. Распространение радиоволн / А.М. Долуханов // Москва:Связь, 1972. – 336 с.
170. Доровских А.В. Сети связи с подвижными объектами / А.В. Доровских, А.А. Сикарев // Киев.: Техника, 1989. – 158 с
171. Доронин В.В. Радионавигационные приборы и системы / Учебное пособие. – К: КГАВТ, 2006. – 472 с.
172. Доронін В. В. Системна технологія розв'язку оперативних задач навігації для синтезу законів експлуатації водного транспорту. – Системи обробки інформації, № 10 (135), 2015. – С. 186-191.
173. ДСТУ 2935-94 Безпека дорожнього руху. Терміни та визначення. ДСТУ 218-03449 261-099-2002 Порядок проведення лінійного аналізу аварійності та оцінки умов безпеки руху на автомобільних дорогах.
174. ДСТУ 3396.0-96 «Захист інформації. Технічний захист інформації. Основні положення».

175. ДСТУ ISO 9001: Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2008, IDT). – Київ: Держспоживстандарт України, 2009. – 18 с.
176. Ефремов Л.В. Теория и практика исследования крутильных колебаний силовых установок с применением компьютерных технологий / Л.В. Ефремов. – СПб: Наука, 2007. – 276 с.
177. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и её применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир. 1976. – 167 с.
178. Зайцев Д.А. Ингибиторная сеть Петри, исполняющая произвольную заданную машину Тьюринга / Д.А. Зайцев // Системні дослідження та інформаційні технології, 2012, № 2. – С. 26.
179. Закон України «Про захист інформації в автоматизованих системах».
180. Звонников В.И. Современные средства оценивания результатов обучения: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / В.И. Звонников, М.Б. Чельшкова. – М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 224 с.
181. Згуровский М.З. Системный анализ, проблемы, методология, приложение / М.З. Згуровский, Н.Д.Панкратова // К.:Наукова думка, 2005. – 743 с.
182. Земельман М.А. Метрологические основы технических измерений. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 228 с.
183. Иваненко В.И. Проблема неопределенности в задачах принятия решений / В.И. Иваненко, В.А. Лабковский // К.: Наукова думка. 1990. – 136 с.
184. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы / Д.П. Ким. – М.: Физматлит, 2004. – 464 с.
185. Кини Р.Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Р.Л. Кини, Х. Райфа // М.: Радио и связь, 1981. – 559 с.
186. Конкс Г.А. Мировое судовое дизелестроение. Концепции конструирования, анализ международного опыта / Г.А. Конкс, В.А. Лашко. – М.: Машиностроение, 2005. – 512 с.
187. Корн Г. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) / Г. Корн, Т. Корн. Пер с англ. – М.: НАУКА, ГРФМЛ, 1974. – 831 с.

188. Костылев И.И. Морская транспортировка сжиженного газа / И.И. Костылев, М.М. Овсянников // ГМА им. Макарова, 2009. – 304 с.
189. Костюченков Н. В. Эксплуатационные свойства мобильных агрегатов / Н. В. Костюченков, А. М. Плаксина. – Астана: КАТУ им. С. Сейфуллина, 2010. – 204 с.
190. Котик М.А. Природа ошибок человека-оператора на примерах управления транспортными средствами / М.А. Котик, А.М. Емельянов. – М.: Транспорт, 1993. – 252 с.
191. Кравчук В.І., Баранов Г.Л., Баранов В.Л. Вибір параметрів сільгоспмашин з застосуванням дискретних моделей їх роботи // Сільгоспмашини. Зб. наук. статей ЛДТУ. Вип. 8. – Луцьк, 2001. – С. 153-160.
192. Кузнецов В.А., Ялунина Г.В. Метрология (теоретические, прикладные и законодательные основы): Учеб. пособие. – М: ИПК Изд. стандартов, 1998. – 336 с.
193. Кукуш В.Д. Определение погрешностей результатов и средств измерений. – Харьков: ХПИ, 1979. – 116 с.
194. Кукуш В.Д. Электрорадиоизмерения. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 367 с.
195. Кунцевич В.М. Управление в условиях неопределенности: гарантированные результаты в задачах управления и идентификации / В. М. Кунцевич. – К.: Наукова думка, 2006. – 264 с.
196. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений: учебник / О.И. Ларичев // М.: Логос, 2000. – 296 с.
197. Лейбниц Г.В. Основы исчисления рассуждений / Г.В. Лейбниц // Сочинения: в 4-х т. – М.: 1984. т.3.
198. Ловейкин В.С. Оптимизация режима движения манипуляционных систем-роботов по комплексному критерию // Вестник машиностроения. – 1988, № 2. – 246 с.
199. Льюис Р.Д. Игры и решения / Р.Д. Льюис, Х. Райфа . М.: ГИЛ, 1961. – 642 с.

200. Мальцев А.С. Способ оценки опасности столкновения в системах управления движением судов / А.С. Мальцев, А.П. Бень, Нгун Тхань Шон // Судовождение. – Одесса: «Издат Информ», ОНМА, 2009. Вып.16. – С. 97-107.

201. Марков А.А. Теория алгоритмов / А.А. Марков // Труды Матем. инст. АН СССР им. В.А.Стеклова. АН СССР. Вип 113. – М.: Наука, 1970. – С. 39-72.

202. Мартынов В.В. Китайская семантика в системе исчисления примитивов / В.В. Мартынов // Пути Поднебесной. Сб. науч. тр. – Минск, 2006. – Вып.1. – С. 131-151.

203. Мартынов В.В. Основы семантического кодирования. Опыт представления и преобразования знаний / В.В. Мартынов // – Минск ЕГУ. 2001. – 140 с.

204. Марченко Б.Г. Сучасна концепція побудови теорії вимірювань / Б.Г. Марченко, Л.М. Щербак // Доповіді Національної академії наук України – К.:1999, № 10. – С. 85-88.

205. Машков О.А. Метод забезпечення функціональної стійкості інформаційно-керуючого комплексу з використанням інформаційної надмірності / О.А. Машков, О.А. Кононов, В.П. Юньов // Зб. наук. праць. – К.: КІВПС, № 7. – С. 73-85.

206. Машков О.А. Методы построения функционально устойчивых сложных динамических систем // Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій: ISDMCI 2007. – Євпаторія, 2007. – С. 184-186.

207. Машков О.А. Направления развития теории функционально-устойчивых сложных систем управления / О.А. Машков, Л.М. Усаченко // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: Матеріали міжнародної наукової конференції ISDMCI 2009. – Херсон: ХНТУ, 2009, том 1. – С. 79-86.

208. Машков О.А. Новые подходы к построению функционально устойчивых сложных динамических систем / О.А. Машков, Л.М. Усаченко // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НУ, 2008. – Вип. 4 (8). – С. 68-72.

209. Машков О.А. Проблемы обеспечения функциональной устойчивости бортового информационно-управляющих комплексов авиационно-космической

системы / О.А. Машков, О.А. Кононов // Збірник наук. праць КІВПС вип. 10. – К.: КІВПС. – 1999. – С. 60-66.

210. Машков О.А. Синтез структуры автоматизованої системи по критерію максимуму функціональної стійкості / О.А. Машков, О.В. Барабаш. // Аерокосмічні системи моніторингу та керування. – К.: НАУ, 2003, т.2. – С. 193-196.

211. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года. – СПб: ЗАО ЦНИИМФ, 2010. – 928 с.

212. Международная конвенция по предупреждению столкновения судов в море 1972 года (МППСС-72). – СПб: ЗАО ЦНИИМФ, 2004. – 118 с.

213. Международный стандарт ИЕК / ISO 31010-2009 - Risk Management - Risk Assessment Techniques (IDT).

214. Мельниченко О.И. Безопасность движения автомобильного транспорта / О.И. Мельниченко, П.Р. Левковец и др. // Справочник. – К. «Основа», 2002. – 360 с.

215. Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин / Н.П.Артемов, А.Т. Лебедев и др.; под. ред. М.А. Подригало. – Х. : Изд-во «Міськдрук», 2012. – 220 с.

216. Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру [Електронний ресурс] Режим доступу :URL :<http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/175-2002%DO%BF/>.

217. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5 томах.; 2-е изд., перераб. и доп. Т4. Теория оптимизации систем автоматического управления / под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М.: МГУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 744 с.

218. Мидзумото М. Нечеткое рассуждение с нечетким условным высказыванием вида «если...то...иначе» / М. Мидзумото // Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения. / Под ред. Р.Р. Ягера. – М.: Радио и связь, 1986. – С. 143-153.

219. Микони С.В. Многокритериальный выбор на конечном множестве альтернатив / С.В. Микони. СПб.: Лань, 2009. – 272 с.

220. Миусов М.В. Проблемы обеспечения безопасности судоходства Черного и Азовского морей / М.В. Миусов, В.Г. Торский // Современные проблемы повышения безопасности судоходства: материалы научно-методической конференции. – Одесса: «ИздатИнформ», ОНМА, 2009. – С. 76-80.

221. Міронова В.Л. Адаптивна інтелектуалізації інформаційно-аналітичної технології з безпеки руху високошвидкісних транспортних засобів / В.Л. Міронова // Проблеми транспорту: Збірник наукових праць: Вип. 8. – К.: НТУ, 2011. – С. 187-193.

222. Міронова В.Л. Засоби адаптивної інтелектуалізації технології підвищення безпеки руху високошвидкісних транспортних засобів / В.Л. Міронова // Системи обробки інформації. Науковий журнал. Вип. 4(94). – Х.: Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, 2011. – С. 46-51.

223. Мушник Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушник, П. Мюллер. – М.: Мир, 1990. – 208 с.

224. Мясников Ю.Н. Надежность и техническая диагностика судовых энергомеханических систем / Ю.Н. Мясников // СПб: Издательство Федерального государственного унитарного предприятия “Центральный научно-исследовательский институт имени академика А.Н.Крылова”, 2008. – 183 с.

225. Надійність техніки. Експериментальне оцінювання та контроль надійності. Основні положення: ДСТУ 2864 : 94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 30 с.

226. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги: ДСТУ 2862:94. – К.: Держстандарт України, 1994. – 38 с.

227. Надійність техніки. Терміни та визначення: ДСТУ 2860 : 94. – К.: Держстандарт України, 1995. – 79 с.

228. Назин А.В. Адаптивный выбор вариантов: Рекуррентные алгоритмы / А.В. Назин, А.С. Позняк // - М.: Наука, 1986. – 288 с.



229. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні /[http://ww.mns.gov.ua/content/annual\\_report\\_2013/html](http://ww.mns.gov.ua/content/annual_report_2013/html) [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/175-2002%D0%BF/page>. (Заголовок з екрану).

230. Національний стандарт України «Методи загального оцінювання ризику» ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013.

231. Національний стандарт України ДСТУ ISO Guide 73:2013 (ISO Guide 73:2009, IDT) «Керування ризиками. Словник термінів», затверджений наказом Міністерства економічного розвитку України від 29 листопада 2013 № 1423.

232. Небылов А.В. Гарантирование точности управления / А.В. Небылов. – М.: Наука. Физматлит, 1998. – 304 с.

233. Никколо Макиавелли. Государь. Рассуждение о первой декаде Тита Ливия. О военном искусстве / предисл. коммент. Е.И. Темнова: Николо Макиавелли // М.: Мысль, 1997. – 639 с.

234. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 248 с.

235. Обідін Д.М. Забезпечення функціональної стійкості складних технічних систем / Д.М. Обідін, О.В. Барабаш, Б.В. Дурняк, О.А. Машков // Моделювання та інформаційні технології: зб. наук. праць. – К.: Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2012. – вип. 64. – С. 36-41.

236. Орнатский П.П. Теоретические основы информационно-измерительной техники. – Киев.: Вища школа, 1983. – 455 с.

237. Павлов В.В. Начала теории эргатических систем / В.В. Павлов. – К.: Наукова думка, 1975. – 240 с.

238. Петрашевский О.Л. Методология концептуально-логического и проектного моделирования целей системы управления безопасностью дорожного движения / О.Л. Петрашевский, А.М.Редзюк, О.В. Алексеенко // Проблемы транспорта: Збірник наукових праць: вип. 6. – К.: НТУ, 2009. – 236 с. – С. 76-89.

239. Петрашевский О.Л. Нечеткие теоретико-множественные модели процесса обеспечения безопасности движения автомобильного транспорта /

О.Л. Петрашевский, И.П. Гамеляк, О.В. Алексеенко // Проблемы транспорта: ЗНП. Вып. 8-К.: НТУ, 2011. – С. 30-41.

240. Петрашевский О.Л. Проблемы формирования терминологии системы управления обеспечением безопасности судоходства / О.Л. Петрашевский, В.Г.Работнев / Проблемы транспорта: Збірник наукових праць: випуск 3. – Київ: НТУ, 2006. – 200 с. – С. 137-140.

241. Петров Б.Н. Системы автоматического управления объектами с переменными параметрами. Инженерные методы анализа и синтеза / Б.Н. Петров, Н.И. Соколов, А.В. Липатов и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 345 с.

242. Питулько В.М. Научное обеспечение управлением риска аварий и катастроф / В.М. Питулько // Инженерная екологія, 1996, № 3. – С.36-44.

243. Погребнюк И.М. Создание индивидуальных сценариев обучения студентов на основе карт пробелов знаний и кривых забывания / И.М. Погребнюк // Проблемы транспорта: ЗНП. Вып. 9. – К.: НТУ, 2012. – С. 266-272.

244. Постанова Кабінету Міністрів України від 15 лютого 2002 р. № 175 «Про затвердження методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру» [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/175-2002%DO%BF/page>. (Заголовок з екрану).

245. Постон Тим. Теория катастроф и ее приложения / Тим Постон, Иэн Стюарт. Перевод с англ. А.В. Чернавского. – М.: Мир, 1980. – 607 с.

246. Пржибыл П. Телематика на транспорте. Перевод с чешского. Под общей редакцией проф.В.В. Сильянова / П.Пржибыл, М.Свитек // М.:МАДИ (ГТУ), 2003. – 540 с.

247. Пухов Г.Е. Дифференциальные преобразования функций и уравнений – К.: Наукова думка, 1980. – 419 с.

248. Резолюція ІМО А.893(21) від 25.11.1999 «Керівництво по плануванню рейсу». [П.2.1].

249. Рекомендации по использованию Inland AIS. Дунайская комиссия. – Будапешт, 2011. – 21 с.

250. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем / И.А. Рябинин. – СПб. Политехника. 2000. – 210 с.
251. Соссюр Ф. де. Курс общей лингвистики / Ф. де Соссюр // Екатеринбург, 1999.
252. Справочник по теории автоматического управления / под редакцией А.А. Красовского – М.: Наука, ГРФМЛ, 1981. – 712 с.
253. Справочник по теоретическим основам радиоэлектроники. Под ред. проф. А.А. Куликовского. Том. 1, Москва: Энергия, 1977. – 227 с
254. Стадник А.И. Выбор метода многокритериальной оптимизации для управления водным транспортным средством / В.Ф. Лавриненко, А.И. Стадник, В.П. Тарохтей // Водный транспорт, 2014. – Вип.3 (21). – С.11–14.
255. Субботин С. Интеллектуальные информационные технологии проектирования автоматизированных систем диагностирования и распознавания образов. / С. Субботин и др. // Харьков, 2012. – 318 с .
256. Техническая документація серії судов, оснащених системами ДП: “Bourbon Liberty 200” Series и “Bourbon Liberty 300” Series.
257. Технічне завдання на створення Автоматизованої системи реєстрації та перевірки документів України. – 2015 р.
258. Технічне завдання на створення Річкової інформаційної служби У-1420:11. – 2011 р.
259. Технічне завдання на створення системи спостереження за рухом суден в межах Чорного та Азовського морів – 2010 р.
260. 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 // М: Научно-технический журнал по проблемам навигации Научно-технического центра «Интернавигация» Межгосударственного совета «Радионавигация» –2010, Вип.2. – С. 25-29.
261. 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.

262. Тихонов И.В. Системы динамического позиционирования судов как эргатический инструмент повышения безопасности мореплавания / Д.Н. Гудков, И.В. Тихонов, // Системы обробки інформації: збірник наукових праць. – Х.: Харківський університет Повітряних сил імені Івана Кожедуба, 2013. – Вип 8 (115). – С. 32-36.

263. 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 ХІХ Міжнародної конференції з автоматичного управління 26-28 вересня 2012 року. – К:НУХТ. – 2012. – С. 309-310.

264. Тихонов І.В. / Основи теорії похибок вимірювань. 1-е вид. / І.В. Тихонов, В.С. Давидов, С.М. Кучерук, В.І. Богом'я // Методичний посібник Київської державної академії водного транспорту. –Київ, 2013. – 66 с.

265. 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, 2015. – Вип 1 (46). – 168 с. – С.112-116

266. 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 Одеської національної морської академії. – Одесса: ОНМА, 2012. – Вып. 18. – С. 3–12.

267. Тихонов І.В. Алгебраизации предикативных понятий для моделирования динамики движения объектов водного транспорта / Г. Л. Баранов, И. В. Тихонов, А. Н. Прохоренко // Научные записки Украинского научно-исследовательского института связи. – 2015, № 6 (40) – С.78-88.

268. 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.

269. Тихонов І.В. Аналіз термінальних умов руху високошвидкісних транспортних суден / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, С.А. Банішевський // Системи управління навігації та зв'язку. – К: ЦНДІНіУ, 2008. – Вип. 4. – С. 8-11.

270. Тихонов І.В. Аналітичний зв'язок навігаційних параметрів стану і сигналів адаптивного управління на програмних траєкторіях руху високошвидкісних транспортних засобів / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, С.А. Банішевський // Системи управління навігації та зв'язку. – К: ЦНДІНіУ, 2008. – Вип. 3 (7). – С. 19-23.

271. Тихонов І.В. Аналітичні співвідношення між навігаційними параметрами термінальних умов руху високошвидкісних транспортних засобів / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, С.А. Банішевський // Системи управління навігації та зв'язку – К. ЦНДІ НУ, 2008. – Вип. 5. – С. 8-11.

272. 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.

273. 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 // Системи управління, навігації та зв'язку, наук.-період. видання. – К.: ЦНДІНУ, 2012. – вип. 3 (23). – С. 2-6.

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

275. Тихонов І.В. Ефективність інтелектуалізації інтегрованих систем навігації і управління рухомими транспортними засобами / Г.Л. Баранов,

І.В. Тихонов // Наукове періодичне видання Центрального науково-дослідного інституту навігації і управління. – К.: ЦНДІНіУ, 2010. – Вип. 1. – С.13-20.

276. Тихонов І.В. Інтелектуалізація полієргатичних 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» Щоквартальній науковий журнал Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба Міністерства оборони України. – Харків: ХУПС, 2013. – Вип. 2(34). – С. 59-63.

277. 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 і системи на транспорті. – К.: НТУ, 2014. – Вип.1. – С. 158-165.

278. 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. – К.: НТУ, 2015. – Вип. 3. – С. 85–95.

279. 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. – Полтава: ПНТУ; Білгород: НДУ «БілДУ»; Харків: ДП «ХНДІ ТМ»; Київ: НТУ; Кіровоград: КЛА НАУ, 2013. – С. 76-77.

280. Тихонов І.В. Концепція побудови функціонального стійкого навігаційного обслуговування об'єктів водного транспорту в зонах підвищеного ризику плавання / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов // Системи управління навігації та зв'язку, науково-періодичне видання. – К.: ЦНДІНУ, 2009. Вип. 2(10). – С. 17-21.

281. Тихонов І.В. Методика підвищення ефективності навігаційного обслуговування безпеки судноплавства в умовах підвищеного ризику плавання на

внутрішніх водних шляхах – дис. на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук – Київ, 2010. – 218 с.

282. Тихонов І.В. Навігаційне забезпечення управління рухом суден (навчальний посібник) / В.І. Богом'я, В.С. Давидов, В.В. Доронін, Д.П. Пашков, І.В. Тихонов. – Вид.1-е. – К.: ДВВП «Компас», 2012 – 336 с.

283. 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. – ISSN 2073-7394.

284. Тихонов І.В. Оцінювання функціональної стійкості навігаційного обслуговування рухомих об'єктів в районах плавання з обмеженими габаритами / І.В. Тихонов // «Розвиток наукових досліджень 2009» Матеріали п'ятої міжнародної науково-практичної конференції. – м. Полтава, 23-25 листопада 2009 р.: – Полтава: вид-во «ІнтерГрафіка». –2009. – Т.8. – С. 82-85.

285. Тихонов І.В. 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 / Тихонов Ілля Валентинович, Баранов Георгій Леонідович, Доронін Володимир Васильович, Носовський Андрій Миколайович (м. Київ). – № u 2018 00506; заявл. 18.01.2018.; опубл. 26.03.2018 Бюл. № 6.

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

287. Тихонов І.В. Полієргатичне 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.

288. 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). – С. 112–116. ISSN 2073-7378.

289. Тихонов І.В. Принципи гарантування рівнів безпеки руху водних транспортних засобів в сучасних умовах / Г.Л. Баранов, Г.Г. Соболевський, І.В. Тихонов // Водний транспорт. Збірник наук. праць Київської державної академії водного транспорту імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного. – К.: КДАВТ, 2013. – № 1 (16). – С. 7-13

290. 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). – 100 с.

291. 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.

292. 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. Соболевський, 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). – С. 189-193.

293. 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). – С. 41-50.

294. Тихонов І.В. Структурний аналіз складних динамічних систем траєкторного руху об'єктів водного транспорту / Г.Л. Баранов, І.В. Тихонов, Г.Г. Соболевський // «Водний транспорт». Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту. – К : КДАВТ, 2014. – Вип. 1 (19). – С. 71–79. – ISSN 2226-8553.

295. Тихонов І.В. Структурное моделирование и символьное изменения для управления движением транспортных средств: монография / Г.Г. Баранов, А.Н. Носовський, В.В. Панин, І.В. Тихонов, С.М. Васько // МОН України. – К.: ГП «Інформ.-аналит. агентство», 2014. – 310 с.

296. Тихонов І.В. Судовождение без столкновений и катастроф при эксплуатации на акваториях с рисками / І.В. Тихонов // Видання Азербайджанської державної морської академії. – Баку : Азербайджанская ГМА, 2016. – Вип. № 2. – С. 61–68. – ISSN 2220-1025.

297. 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. Соболевський // «Проблеми транспорту». Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2013. – Вип. 4 (37). – С. 82-86.

298. 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. Соболевський // «Водний транспорт». Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту. – К: КДАВТ, 2013. – Вип. 2(17). – С. 229-237.

299. Тихонов І.В. Функціональна стійкість навігаційного обслуговування безпеки судноплавства на внутрішніх водних шляхах / Г.Л. Баранов, А.М. Носовський. І.В. Тихонов // Монографія. – К.: КДАВТ, 2012 – 149 с.

300. Ткаченко О.М. Суднові системи автоматичного управління і регулювання / О.М. Ткаченко. – Л.: Суднобудування, 1984. – 288 с.
301. Тютюник В.В. Основні принципи інтегральної системи безпеки при надзвичайних ситуаціях / В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил. – Х.: ХУПС ім. І.Кожедуба, 2008. – Вип. 3(18). – С. 179-180.
302. Україна в цифрах 2011. Статистичний збірник / Державний комітет статистики України / О.Е. Остапчук. – К.: Держаналітінформ, 2012. – 251 с.
303. Фильчаков П.Ф. Численные и графические методы прикладной математики: Справочник. – Киев.: Наук. Думка, 1970. – 800 с.
304. Фреге Г. Логика и логическая семантика / Г. Фреге // Сборник трудов – М.: 2000.
305. Хайкин С. Нейронные сети / Хайкин Саймон, пер. с англ. // Полный курс, 2-е изд. – Москва, Санкт-Петербург, Киев, 2006. – 1102 с.
306. Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам / Г. Хакен, пер. с англ. // – М.: КомКнига, 2005. – 248 с.
307. Хакен Г. Синергетика. / Г.Хакен. – М.: Мир, 1980. – 414 с.
308. Хакен Г.К. Информация и самоорганизация / Г.К. Хакен. – М.: Мир, 2011. – С. 46-48.
309. Халмош П. Теория меры / П. Халмош. Пер с англ. – М., 1953. – 289 с.
310. Харченко В.П. Прийняття рішень в соціотехнічних системах: монографія / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В.Сікірда. – К.: НАУ, 2016. – 308 с. ISBN 978-966-932-010-0.
311. Цетлин М.Л. Некоторые задачи о поведении конечных автоматов / М.Л. Цетлин // ДАН СССР, т. 139, № 4, 1961.
312. Чаки Ф. Современная теория управления, нелинейные оптимальные и адаптивные системы / Ф. Чаки – М.: Мир, 1975. – 424 с.
313. Черногор Л.Ф. Физика и экология катастроф / Л.Ф.Черногор // Х.:ХНУ, 2012. – 556 с.

314. Чипашвили Ш.Ш. Некоторые вопросы создания единого кода семантики информации (проект «Интерсемантика») / Ш.Ш. Чипашвили // Искусственный интеллект – 2000, № 3 – С.578-583.

315. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. – М.: Изд. стандартов, 1991. – 492 с.

316. Шурыгин В.А. Основы конструктивного математического анализа / В.А. Шурыгин – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 328 с.

317. Энциклопедия безопасности авиации / Н.С. Кулик, В.П. Харченко, М.Г. Луцкий и др.; под. ред. засл. деятеля наук техники, лауреата Гос. премии Украины Н.С. Кулика. – К.: Техника, 2008. – 1000 с.

318. Эшби У.Р. Введение в кибернетику / У.Р.Эшби – М.: Изд-во иностр. лит., 1959. – 432 с.

319. Яхьяева Г. Э. Нечеткие множества и нейронные сети. – Москва: Интуит, 2012. – С. 316.

## ДОДАТОК А

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА  
ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ МАТЕРІАЛІВ ДИСЕРТАЦІЇ:**Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:**

1.[2] Тихонов И.В. Применение методики проведения диагностики и контроля индивидуального состояния судоводителя для гарантирования безопасности судовождения / И.В. Тихонов // Видання Азербайджанської державної морської академії – Баку: Азербайджанская ГМА, 2015. – Вип. № 1. – С. 124-130.

2.[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.

3.[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.

4.[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). DOI: 10.15587/1729–4061.2018.123948. – P. 40-49.

5.[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). DOI: 10.15587/1729–4061.2018.131599. – P. 6-18.

6.[8] Тихонов И.В. Оцінювання ефективності етапів операційного плану під час руху суден в районах з обмеженими габаритами / И.В. Тихонов // Наукове періодичне видання Центрального науково-дослідного інституту навігації і управління. – К: ЦНДНіУ. – 2011. – Вип. 3(19). – С. 19-21.

7.[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.

8. [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.

9.[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.

10.[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.

11.[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.

12.[15] Тихонов І.В. Принципи гарантування рівнів безпеки руху ВТЗ в сучасних умовах / Г.Л. Баранов, Г.Г. Соболевський, І.В. Тихонов // «Водний транспорт». Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту. – К: КДАВТ, 2013. – Вип. 1(16). – 214 с. – С. 7-13.

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. Соболевський //

«Водний транспорт». Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту. – К: КДАВТ, 2013. – Вип. 2(17). – 252 с. – С. 229-237.

14. [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.

15. [18] Тихонов І.В. Раціональний 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. Соколевський, 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.

16. [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. Соколевський // «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

17. [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. Соколевський // «Водний транспорт». Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту. – К: КДАВТ, 2014. – Вип. 1(19). – 244 с. – С. 71-79.

18. [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.

19. [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.

20. [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.

21. [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.

22. [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.

23. [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.

24. [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.

25.[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.

26.[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.

**Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

27.[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 НТЦ «Интернавигация» Межгосударственного совета «Радионавигация» – Москва. – 2010. – Вып.2. – С. 25-29.

28.[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). – 208 с. – С.15-17.

29.[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 / Тихонов Ілля Валентинович, Баранов Георгій Леонідович, Доронін Володимир Васильович, Носовський Андрій Миколайович (м. Київ). – № u 2018 00506; заявл. 18.01.2018.; опубл. 26.03.2018 Бюл. № 6.

**Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:**

30.[7] 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.



31. [11] 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.

32. [20] Тихонов И.В. Системы динамического позиционирования судов как эргатический инструмент повышения безопасности мореплавания / Д.Н. Гудков, И.В. Тихонов // Системы обробки інформації: збірник наукових праць. – Х.: Харківський університет Повітряних сил імені Івана Кожедуба, 2013. – Вип 8 (115). – 324 с. – С.32-36.

33. [22] Структурне моделювання та символні 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.

#### **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. – 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, м. Дніпропетровськ. – 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 – 88с. – 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 // X 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 Венсент-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. Особливості перспективної системи технічного діагностування судового обладнання / В.І. Богом'я, Д.М. Гудков, І.В. Тихонов // Наукова-практична

конференція «Стандартизація, сертифікація, метрологія та менеджмент»: тези доповідей, 25 вересня 2015 року. – 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 27-29 березня 2017 р. – К: КДАВТ– 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 XXII науково-методичній конференції Державного університету інфраструктури та технологій 26-29 березня 2018 р. (Част. 2) – Київ: ДУІТ. – 2018. – С. 10-13.

Примітка: У квадратних дужках зазначено нумерація публікацій автора за авторефератом.

## ДОДАТОК Б

### Акти впровадження

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.о. ректора

Державного університету  
інфраструктури та технологій



Панін В.В.

2018 р.

#### Акт впровадження

результатів наукових досліджень дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеню доктора технічних наук Тихонова Іллі Валентиновича «Методологічні основи поліергатичного забезпечення навігації та управління рухом водних транспортних засобів» у навчальний та науковий процеси Державного університету інфраструктури та технологій

Комісія у складі:

- голова комісії - Маранов О.В., зав. кафедри технічних засобів та процесів управління в судноводінні, кандидат технічних наук, доцент;
- та члени комісії - Давидов В.С., професор кафедри судноводіння та управління судном, кандидат технічних наук, доцент;
- Пустовий М.К., старший викладач кафедри технічних засобів та процесів управління в судноводінні, доктор технічних наук, професор

склала цей акт в тому, що дисертаційна робота Тихонова Іллі Валентиновича «Методологічні основи поліергатичного забезпечення навігації та управління рухом водних транспортних засобів» на здобуття наукового ступеню доктора технічних наук визнана актуальною.

Результати дисертаційної роботи, викладені у наукових статтях Тихонова І.В., увійшли до:

1) навчального посібнику «Навігаційне забезпечення управління рухом суден» з грифом МОН України (Богомья В.І., Давидов В.С., Доронін В.В., Тихонов І.В. // Навч. посібник для вищих морських навчальних закладів. – Вид. 1-е. – К.: ДВВП «Компас», 2012 – 336 с.);

2) монографії «Структурне моделювання та символні перетворення для управління рухом транспортних засобів» (Баранов Г.Л., Носовський А.М., Панін В.В., Тихонов І.В. Васько С.М.; М-во освіти і науки України. – К: ДП «Інформ.-аналіт.агенство», 2014 – 310 с.);

3) Методичного посібнику Київської державної академії водного транспорту «Основи теорії похибок вимірювань» з дисципліни «Сучасні методи експериментальних досліджень та обробки даних в навігації та управлінні судном» (Тихонов І.В., Давидов В.С., Кучерук С.М., Богомья В.І. // 1-е вид. Методичний посібник, Київ, – 66 с.).

Результати дисертаційної роботи впроваджені в навчальний та науковий процес факультету «Судноводіння» Київського інституту водного транспорту ім. гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного Державного університету інфраструктури та технологій при викладанні дисциплін «Забезпечення навігаційної безпеки судноплавства та захист навколишнього середовища» (загальна кількість годин – 150), «Сучасні автоматизовані системи і інформаційні технології в судноводінні та управлінні судном» (загальна кількість годин – 180) для спеціалістів і магістрів, які навчаються на факультеті «Судноводіння» за спеціальністю 271 «Річковий та морський транспорт» зі спеціалізацією «Навігація та управління судном». Це дозволило систематизувати підготовку студентів з використання новітніх технічних засобів та систем, що встановлюються на сучасні морські судна. Крім того, результати наукової діяльності, викладені у статтях Тихонова І.В., використовуються студентами під час підготовки магістерських робіт.

У тренажерну підготовку студентів судноводійської спеціальності на засобах електронних картографічно-інформаційних систем (ЕКНІС) запроваджені рекомендації, надані здобувачем, зокрема: проведення діагностики індивідуального стану судноводіїв для безпечного судноводіння в умовах надзвичайних ситуацій; виведення на дисплей ЕКНІС інформації від усіх навігаційних датчиків, в тому числі сигналів від АІС, що надає судноводію можливість максимально швидко та повною мірою оцінювати обстановку навколо судна.

Практичне запровадження результатів наукових досліджень автора у навчальний та науковий процеси підтвердили ефективність його розробок.

Акт впровадження розглянутий та схвалений на засіданні кафедри технічних засобів та процесів управління в судноводінні Київського інституту водного транспорту ім. гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного від 22 травня 2018 року.

Голова комісії



Маранов О.В.

Члени комісії:



Давидов В.С.



Пустовий М.К.



РІЧКОВА ІНФОРМАЦІЙНА СЛУЖБА  
ФІЛІЯ «ДЕЛЬТА-ЛОЦМАН»  
ДП «АДМІНІСТРАЦІЯ МОРСЬКИХ ПОРТІВ УКРАЇНИ»

Митна площа, 1, м. Одеса, 65026

+38 (048) 729 39 77  
+38 067 518 81 01

operator\_ris@delta.uspa.gov.ua

https://ukrris.com.ua

29.12.2016 р. № 29-02.02/09-105

на № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_.20\_\_р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Начальник Річкової інформаційної служби  
філії «Дельта-лоцман» ДП «Адміністрація  
морських портів України»  
Міністерства інфраструктури України



Ляшенко О.С.

2016 р.

Акт впровадження

результатів дисертаційної роботи Тихонова Іллі Валентиновича «Методологічні основи полієргатичного забезпечення навігації та управління рухом водних транспортних засобів» на здобуття наукового ступеню доктора технічних наук

Комісією у складі:

- голова комісії – Шамарін Віктор Олександрович, провідний інженер;  
члени комісії – Сурмач Андрій В'ячеславович, інженер програміст;  
– Хачірова Наталія Геннадіївна, оператор з обробки інформації та програмного забезпечення,

засвідчує, що під час підготовки та практичного запровадження системи РІС на внутрішніх водних шляхах України були використані такі результати наукових розробок Тихонова Іллі Валентиновича, які проводились в межах дисертаційної роботи за темою «Методологічні основи полієргатичного забезпечення навігації та управління рухом водних транспортних засобів» на здобуття наукового ступеню доктора технічних наук:

1. Рациональний розподіл функцій в ергатичних системах навігації та управління рухом суден на внутрішніх водних шляхах України.
2. Рекомендації щодо комплексного запровадження системи електронної навігації "e-Navigation".
3. Визначення нехтовної малості складових похибки вимірювань навігаційних параметрів.

4. Комплексна інтеграція інформаційних процесів інтелектуальних транспортних систем для якісного гарантування безпечного руху в зонах підвищеного ризику плавання.

З метою практичного запровадження системи РІС на р. Дніпро за безпосередньої участі Тихонова І.В. були підготовлені та видані такі нормативно-правові акти: наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 15.10.2010 № 753 «Про заходи щодо впровадження річкової інформаційної служби на внутрішніх водних шляхах України»; наказ Міністерства інфраструктури України від 05.02.2011 № 7 «Про комплекс заходів щодо створення річкової інформаційної служби на внутрішніх водних шляхах України»; наказ Міністерства інфраструктури України від 27.03.2013 № 191 «Про затвердження Переліку даних про судно, що надаються у тому числі за допомогою технічних суднових засобів».

Ефективність дисертаційних досліджень автора підтверджено під час практичної експлуатації системи РІС на р. Дніпро.

Голова комісії

Шамарін В.О.

члени комісії

Сурмач А.В.

Хачірова Н.Г.





МІНІСТЕРСТВО ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ  
**ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «ДЕРЖГІДРОГРАФІЯ»**

пр-т Гагаріна, 23, м. Київ, 02094, тел.: (044) 296-60-40  
 тел./факс: (044) 292-12-17, E-mail: office@hydro.gov.ua; Код ЄДРПОУ 21720000

З. А. 2017 № 1/5/114

на № \_\_\_\_\_

Акт впровадження  
 результатів дисертаційної роботи Тихонова Іллі Валентиновича  
 «Методологічні основи поліергатичного забезпечення навігації та управління  
 рухом водних транспортних засобів» на здобуття наукового ступеню  
 доктора технічних наук

Наступим підтверджуємо, що в ДУ «Держгідрографії» ознайомлені та прийняти до уваги результати дисертаційної роботи Тихонова Іллі Валентиновича за темою «Методологічні основи поліергатичного забезпечення навігації та управління рухом водних транспортних засобів» на здобуття наукового ступеню доктора технічних наук, та інформуємо:

1. На суднах ДУ «Держгідрографія» встановлена та використовується апаратура ЕКНІС. Перед початком використання цієї апаратури судноводії проходять спеціальну підготовку.

2. Навігаційне обладнання суден та берегових служб моніторингу за надводною обстановкою ДУ «Держгідрографія» комплексно використовується в межах системи електронної навігації «e-navigation» із застосуванням апаратури АІС.

3. На суднах установи під час проведення регламентних робіт запроваджується метод автоматичного регулювання для коригування обкатки суднових двигунів.

4. Діагностика і контроль індивідуального стану судноводіїв на суднах установи проводиться з урахуванням відповідної методики.

5. Під час проведення гідрографічних робіт на суднах підприємства для утримання з підвищеною точністю на ділянках водних шляхах використовуються методи зменшення або знищення систематичних похибок суднового обладнання за результатами вимірювань, з урахуванням критеріїв визначення мінімальних складових похибки вимірювань навігаційних параметрів, якими можна нехтувати без впливу на точність визначення місця судна.

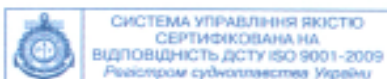
Розробки автора дисертаційної роботи використовуються на практиці.

Начальник Державної  
 установи «Держгідрографія»  
 Міністерства інфраструктури України



*(Signature)*

Симоненко С.В





**МІНІСТЕРСТВО ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ**  
**ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО ВОДНИХ ШЛЯХІВ**  
**«УКРВОДШЛЯХ»**

04070, м.Київ-70, вул. Петра Сагайдачного,12; адреса для листування: 04071, м.Київ-71, вул. Електриків, 14  
 Код ЄДРПОУ 03150102, р/р №26008016990301 у філії «Центральне РУ» АТ «Банк «Фінанси та кредит» м. Києва, МФО 300937  
 тел./факс: (044) 425-45-13; e-mail: office@ukrvodshliah.org.ua

Від 11 грудня 2017 р. № *19-09/60*

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.о. начальника Державного підприємства  
 водних шляхів «Укрводшлях»  
 Міністерства інфраструктури України



\_\_\_\_\_ Михайлов-Горячев С.Л.

«*11*» *грудня* 2017 р.

Акт впровадження

результатів докторської дисертаційної роботи Тихонова Іллі Валентиновича  
 «Методологічні основи полієргатичного забезпечення навігації та управління  
 рухом водних транспортних засобів»

Комісія у складі: голови комісії заступника начальника ДП «Укрводшлях», кандидата технічних наук Дороніна В.В.; та членів комісії: начальника служби безпеки судноплавства підприємства Литвинова Є.І., інженера I категорії річкової лоцманської служби Нікітіної О.В. засвідчує, що дисертаційна робота Тихонова Іллі Валентиновича «Методологічні основи полієргатичного забезпечення навігації та управління рухом водних транспортних засобів» на здобуття наукового ступеню доктора технічних наук вважається актуальною.

Результати дисертаційної роботи, наведені у наукових статтях, впроваджуються у виробничий процес ДП «Укрводшлях», а саме:

- 1) запроваджено нові підходи до підготовки судноводіїв на апаратурі ЕКНІС;
- 2) запроваджується підхід комплексної системи електронної навігації «e-navigation» на суднах ДП «Укрводшлях»;
- 3) вивчається питання щодо встановлення на суднах підприємства для утримання з підвищеною точністю на ділянках внутрішніх водних шляхах України систем динамічного позиціонування.

4) використовується схема стабілізації управління рухом судна в неоднорідному середовищі під час впливу на судна хвилювання;

5) під час призначення судноводіїв на судна підприємства, а також перед початком навігації застосовується методика проведення діагностики та контролю індивідуального стану судноводіїв.

Ефективність розробок автора підтверджується на практиці.

Голова комісії

- заступник начальника, к. т. н.



Доронін В. В.


члени комісії

- начальник служби безпеки судноплавства



Литвинов Є. І.

- інженер I категорії річкової лоцманської служби



Нікітіна О. В.

**КИЇВСЬКИЙ ЦЕНТР ПІДГОТОВКИ,  
ПЕРЕПІДГОТОВКИ І ПІДВИЩЕННЯ  
КВАЛІФІКАЦІЇ ФАХІВЦІВ  
ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ**  
вул. Оленівська, 25, м. Київ, 04080, Україна  
тел./факс: (+380 44) 379-13-11  
E-mail: kcmt@iptelecom.net.ua



**KYIV MARITIME  
TRAINING CENTRE**

25, Olenivska St., Kyiv, Ukraine, 04080  
tel/fax: (+380 44) 379-13-11  
E-mail: kcmt@iptelecom.net.ua

Вих. № 91/1-Кц

“ 20 “ липня 2017 р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор Київського центру підготовки,  
перепідготовки і підвищення кваліфікації  
фахівців водного транспорту



Ю.В. Омелян

2017 р.

#### Акт впровадження

результатів докторської дисертаційної роботи Тихонова Іллі Валентиновича  
«Методологічні основи поліергатичного забезпечення навігації та управління  
рухом водних транспортних засобів»

Комісія у складі: голови комісії кандидата технічних наук Воробєя В.І., та членів комісії: Стецького В.О та Вереса Я.Й. розглянула дисертаційну роботу Тихонова Іллі Валентиновича «Методологічні основи поліергатичного забезпечення навігації та управління рухом водних транспортних засобів» на здобуття наукового ступеню доктора технічних наук, та вважає її актуальною.

Результати дисертаційної роботи, наведені у наукових статтях автора, запроваджені в виробничий процес Київського тренажерного центру підготовки, перепідготовки та підтвердження кваліфікації спеціалістів водного транспорту, зокрема:

1. Метод раціонального розподілу функцій в ергатичній навігаційній системі під час моделювання плавання суден в зонах підвищеного ризику судноплавства, а також моделювання динаміки руху судна в умовах нестационарного середовища пройшли апробацію на тренажері TRANSAS TGS 400, на якому планово здійснюється тренажерна підготовка судноводіїв за напрямками «Управління складом навігаційної вахти на містку» (Bridge Resource Management) та «Підготовка капітанів і старших помічників капітана великих суден і суден з незвичайними маневреними характеристиками» (Training for Masters and Chief Mates of Large Ships and Ships with Unusual Maneuvring Characteristics) відповідно до

вимог Правил I/12, II/1, II/2 та VIII/2 Міжнародної конвенції про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року, з поправками, та розділів А-I/12, А-II/1, А-II/2, А-VIII/2, В-I/12, В-VIII/2 Міжнародного кодексу з підготовки і дипломування моряків і несення вахти.

2. У підготовку судноводіїв на засобах електронних картографічних навігаційно-інформаційних систем (ЕКНІС) запроваджені рекомендації, надані здобувачем, зокрема щодо: використання ЕКНІС як частини комплексної системи електронної навігації “e-navigation”; виведення на дисплеї ЕКНІС інформації від усіх навігаційних датчиків для забезпечення безпеки судноводіння шляхом максимально оперативної оцінки навколишньої обстановки; запровадження загальної підготовки з використання ЕКНІС таким чином, щоб судноводій зміг до початку першої ходової вахти максимально швидко освоїти специфіку бортового обладнання на будь-якому судні незалежно від виробника апаратури.

3. Алгоритм автоматичного регулювання для коригування режиму обкатки суднового двигуна, а також спосіб контролю за надійністю суднової енергетичної установки з урахуванням впливу інтенсивної експлуатації пройшли апробацію на тренажері з управління складом машинного відділення ERS-4000, на якому планово здійснюється тренажерна підготовка суднових механіків за напрямками «Управління складом вахти машинного відділення» (Engine-Room Resource Management) відповідно до вимог Правила I/12 Міжнародної конвенції про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року, з поправками, розділів А-III/1, А-III/2, частин 3, 4, 4-2 розділу А-VIII/2, пункту 73 розділу В-I/12, частини 4-2 розділу В-VIII/2 Міжнародного кодексу з підготовки і дипломування моряків та несення вахти.

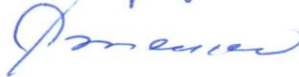
Проведена апробація розробок автора підтвердили практичну цінність результатів наукової роботи Тихонова І.В. та запропонована для подальшого використання.

Голова комісії



Воробей В.І.

члени комісії



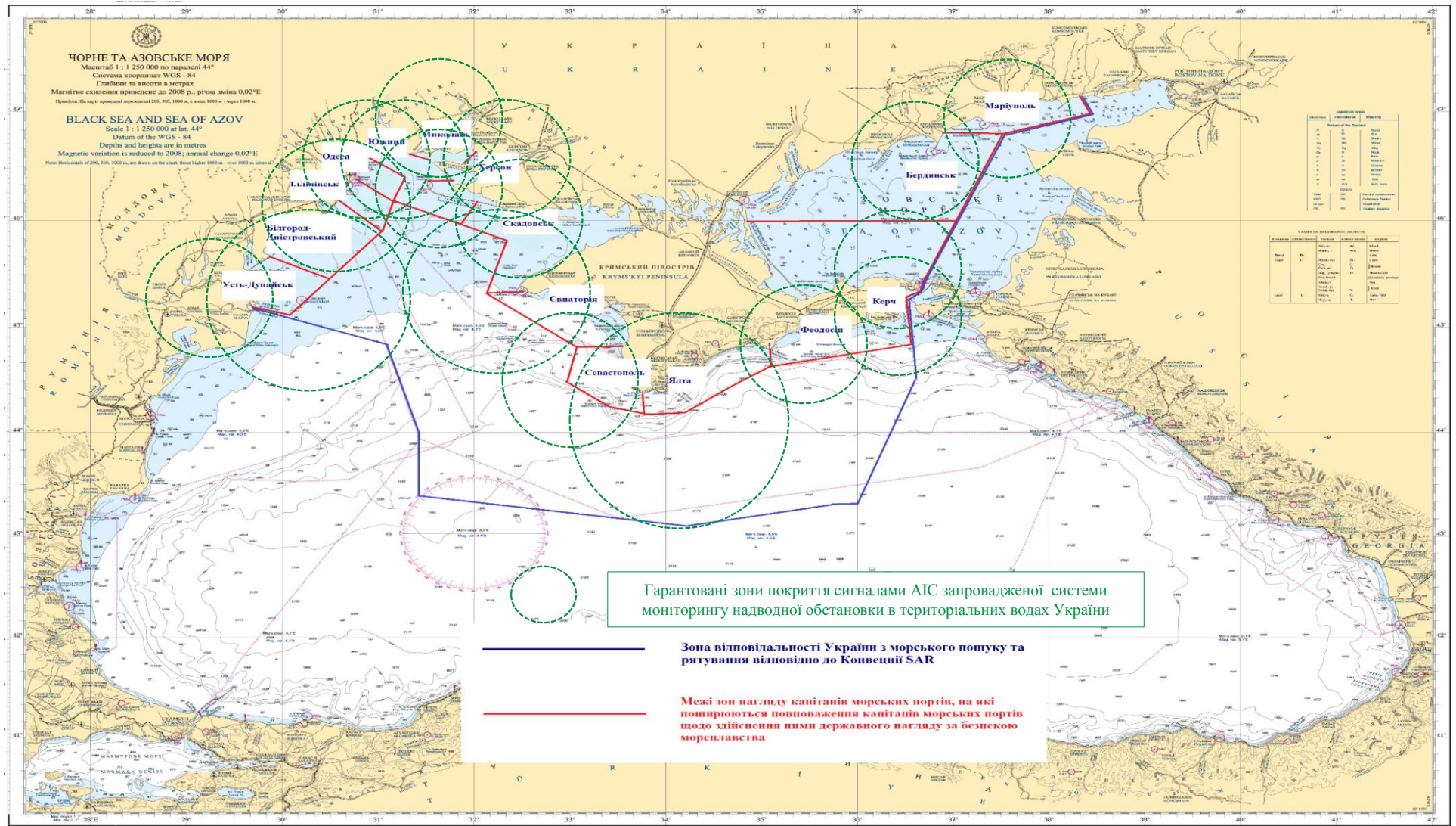
Стецький В.О.



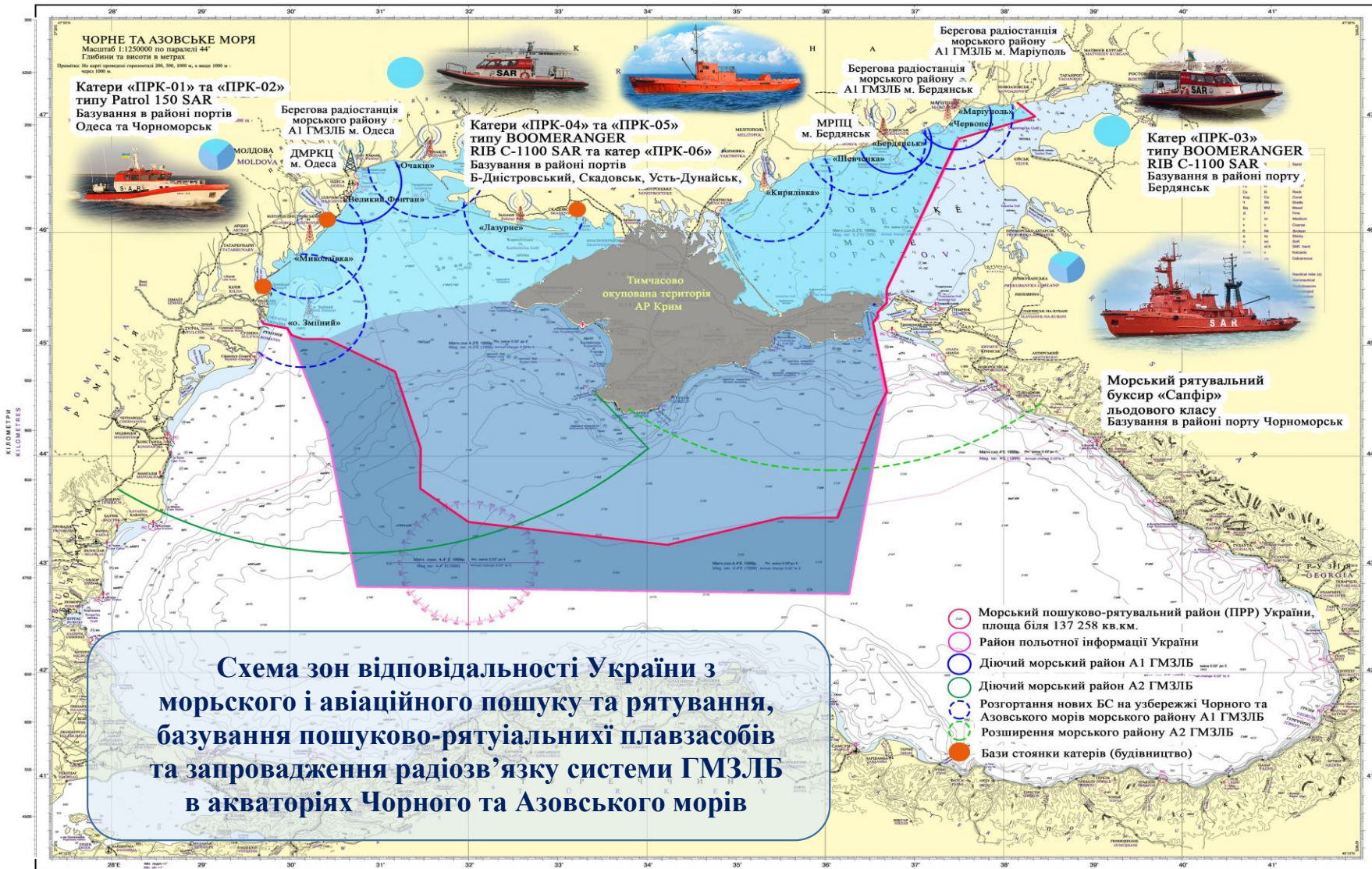
Верес Я.Й.



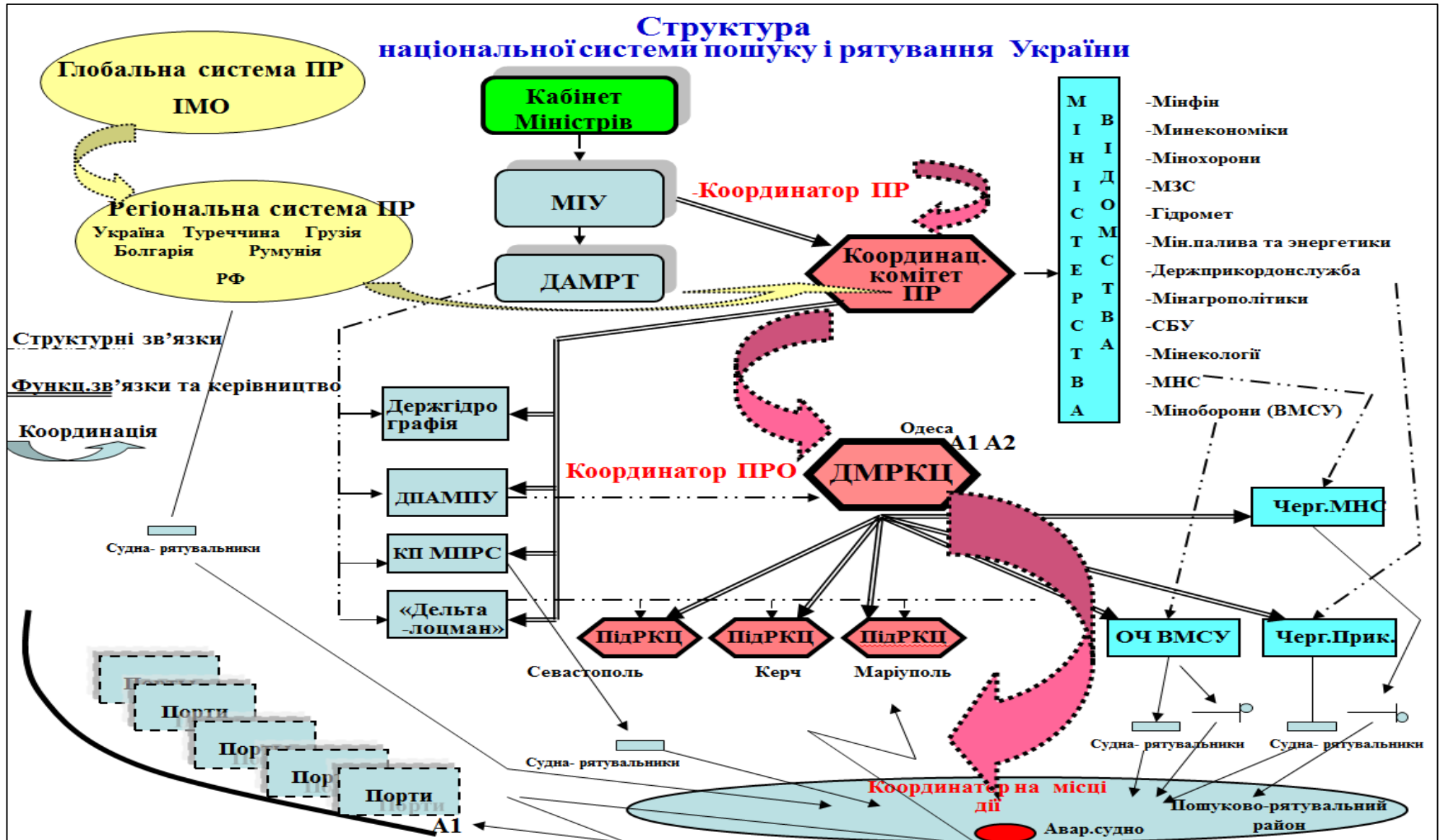
## ДОДАТОК В. Зона відповідальності України, в якій здійснюється моніторинг надводної обстановки в акваторіях Чорного та Азовського морів, зони відповідальності капітанів морських портів, зони покриття АІС



## ДОДАТОК Д. Схема зон відповідальності України з пошуку та рятування в Чорному та Азовському морях



ДОДАТОК Е. Структура національної системи пошуку та рятування України





## ДОДАТОК Ж

### Перелік нормативно-правових актів в сфері безпеки судноплавства, що стосуються матеріалів дисертаційної роботи

#### Закони України:

1. Кодекс торговельного мореплавства України;
2. Закон України «Про морські порти України»;
3. Закон України «Про транспорт»;
4. Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів»;
5. Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності»;
6. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність»;
7. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»;
8. Закон України «Про державний кордон України»;
9. Закон України «Про міжнародні договори»;
10. Закони України «Про освіту» та «Про вищу освіту».

#### Акти Кабінету Міністрів України (КМУ):

11. розпорядження КМУ від 06.03.1996 № 172-р «Про технічний нагляд за суднами, які мають право плавання під прапором України»;
12. постанова КМУ від 12.06.1996 № 640 «Про затвердження переліку внутрішніх водних шляхів, що належать до категорії судноплавних»;
13. постанова КМУ України від 31.01.2001 № 83 «Про вдосконалення державного нагляду за станом підготовки та дипломування моряків»;
14. постанова КМУ від 05.03.2007 № 1103 «Про затвердження Технічного регламенту морського обладнання»;
15. постанова КМУ від 07.10.2009 № 1137 «Про затвердження Положення про Державну систему управління безпекою судноплавства»;
16. Транспортна стратегія України на період до 2020 року, затверджена розпорядженням КМУ від 20.10.2010 № 2174-р;

17. постанова КМУ від 09.11.2011 № 1147 «Про затвердження Технічного регламенту прогулянкових суден»;

18. постанова КМУ від 14.11.2012 № 1037 «Про заходи щодо вдосконалення організації та проведення авіаційних робіт з пошуку і рятування»;

19. постанова КМУ від 24.07.2013 № 670 «Про затвердження Порядку надання центральними та місцевими органами виконавчої влади допомоги адміністрації морських портів України, власникам морських терміналів, портовим операторам у ліквідації наслідків стихійного лиха, аварій і катастроф, а також у запобіганні можливим протизаконним і несанкціонованим втручанням у портову діяльність»;

20. постанова КМУ від 26.11.2014 № 668 «Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступень ризику від провадження господарської діяльності у сфері безпеки на морському та річковому транспорті і визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду(контролю) Державною інспекцією з безпеки на морському та річковому транспорті»;

21. Плани імплементації деяких актів законодавства ЄС у сфері безпеки на морському та річковому транспорті, затвержені розпорядженням КМУ від 31.03.2015 № 297;

22. Плани імплементації деяких актів законодавства ЄС у сфері організації перевезень на внутрішніх водних шляхах, затвержені розпорядженням КМУ від 31.03.2015 № 298;

23. Стратегія імплементації положень директив та регламентів Європейського Союзу у сфері міжнародного морського та внутрішнього водного транспорту (“дорожня карта”), затверджена розпорядженням КМУ від 11.10.2017 № 747-р.

**Акти Міністерства інфраструктури (Міністерства транспорту та зв'язку, Міністерства транспорту) України:**

24. наказ Міністерства транспорту України від 14.12.1998 № 497 «Про затвердження Положення про порядок підготовки та подання інформації про вантаж для його безпечного морського перевезення», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 30.12.1998 № 848/3288;

25. наказ Міністерства транспорту України від 14.06.2000 № 316 «Про затвердження Порядку присвоєння ідентифікаційного номера Міжнародної морської організації суднам, які мають право плавання під Державним прапором України», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 04.07.2000 № 388/4609;

26. наказ Міністерства транспорту України від 19.04.2001 № 225 «Про затвердження Інструкції про огляд суден, які здійснюють плавання (експлуатуються) на внутрішніх водних шляхах України», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 07.05.2001 № 400/5591;

27. наказ Міністерства транспорту України від 28.05.2001 № 340 «Про затвердження Типового положення про службу регулювання руху суден», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 25.06.2001 № 545/5736;

28. наказ Міністерства транспорту України від 28.05.2001 № 341 «Про затвердження Положення про лоцмана-оператора служби регулювання суден», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 25.06.2001 № 544/5735;

29. наказ Міністерства транспорту України від 09.07.2001 № 420 «Про визначення національного координатора навігаційних попереджень та затвердження Положення про нього», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 09.10.2001 № 870/6061;

30. наказ Міністерства транспорту України від 17.10.2001 № 693 «Про затвердження Положення про Інспекцію з питань підготовки та дипломування моряків», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 02.11.2001 за № 928/6119;

31. наказ Міністерства транспорту України від 30.08.2002 № 605 «Про затвердження Переліку обов'язкового радіообладнання торговельних суден, які не здійснюють міжнародні рейси та не підпадають під вимоги Міжнародної конвенції СОЛАС-74/78», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 19.09.2002 № 770/7058;

32. наказ Міністерства транспорту України від 15.02.2002 № 99 «Про організацію видачі документів, що засвідчують звання і кваліфікацію моряків»;

33. наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 30.10.2002 № 766 «Про затвердження Порядку заповнення і видачі Підтверджень, що засвідчують

визнання дипломів», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 19.11.2002 за № 906/7194;

34. наказ Міністерства транспорту України від 24.12.2002 № 913 «Про затвердження програмного забезпечення по заповненню, другу та зберіганню в базі даних інформації про документи моряків, що засвідчують їх кваліфікацію»;

35. наказ Міністерства транспорту України від 08.01.2003 № 3 «Про затвердження Положення про ведення єдиного Державного реєстру документів моряків», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 04.02.2003 № 86/7407;

36. наказ Міністерства транспорту України від 14.07.2003 № 531 «Про затвердження Інструкції про схвалення типів суднового радіо і навігаційного обладнання», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 29.07.2003 № 653/7974;

37. наказ Міністерства транспорту України від 17.07.2003 № 545 «Про затвердження Правил контролю суден з метою забезпечення безпеки мореплавства» зареєстрований в Міністерстві юстиції України 23.03.2004 № 353/8952;

38. наказ Міністерства транспорту України від 28.08.2003 № 672 «Про затвердження Порядку припинення дії підтверджень дипломів та позачергової перевірки компетентності осіб командного складу морських суден», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 12.09.2003 № 798/8119;

39. наказ Міністерства транспорту України від 20.10.2003 № 809 «Про затвердження Правил пропуску суден через судноплавні шлюзи України», зареєстровано в Міністерстві юстиції України 04.11.2003 №1010/8331;

40. наказ Міністерства транспорту України від 05.11.2003 № 857 «Про затвердження Положення про порядок розслідування і обліку транспортних подій на внутрішніх водних шляхах України», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 20 січня 2004 № 84/8683;

41. наказ Міністерства транспорту України від 20.11.2003 № 904 «Про затвердження Положення про систему управління безпекою судноплавства на морському і річковому транспорті», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 19.12.2003 № 1193/8514;

42. наказ Міністерства транспорту України від 16.02.2004 № 91 «Про затвердження Правил судноплавства на внутрішніх водних шляхах України», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 12.07.2004 № 872/9471;

43. наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 04.11.2004 № 963 «Про затвердження Інструкції з боротьби за живучість суден внутрішнього плавання», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 24.11.2004 № 1483/10082;

44. наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 25.11.2004 № 1042 «Про затвердження Положення про огляд підприємств, організацій та установ, що проводять підготовку моряків», зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 13.12.2004 № 1577/10176;

45. наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 26.11.2004 № 1046 «Про затвердження Технічного опису бланків документів моряків», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 24.12. 2004 № 1641/10240;

46. наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 03.12.2004 № 1062 Про затвердження Положення про навчання та перевірку знань посадових осіб, які здійснюють державний нагляд за забезпеченням безпеки судноплавства на морському і річковому транспорті», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 20.12.2004 № 1608/10207;

47. наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 27.05.2005 № 257 «Про затвердження Правил технічної експлуатації портових гідротехнічних споруд», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 13.10.2005 № 1191/11471;

48. наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 12.05.2006 № 463 «Про затвердження Положення про організацію та порядок здійснення технічного нагляду за промірними роботами на акваторіях, підхідних каналах та судноплавних шляхах воднотранспортного комплексу України», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 29.05.2006 № 619/12493;

49. наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 29.05.2006 № 514 «Про затвердження Положення про навігаційно-гідрографічне забезпечення мореплавства у внутрішніх морських водах, територіальному морі та виключній

(морській) економічній зоні України», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 14.06.2006 № 708/12582;

50. наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 29.05.2006 № 516 «Про затвердження Положення про класифікацію, порядок розслідування та обліку аварійних морських подій із суднами», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 09.08.2006 № 959/12833;

51. наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 24.02.2007 № 159 «Про затвердження Правил пожежної безпеки на морських судах України», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 12.07.2007 №806/14073;

52. наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 07.05.2007 № 377 «Про затвердження Порядку роботи Державних кваліфікаційних комісій», зареєстрований в Міністерстві юстиції 23.05.2007 за № 529/13796;

53. наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 13.06.2007 № 492 «Про затвердження Правил технічної експлуатації судноплавних гідротехнічних споруд», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 09.07.2007 № 780/14047»;

54. наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 14.06.2007 № 498 «Про затвердження Положення про навігаційне забезпечення судноплавства на внутрішніх водних шляхах України», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 07.08.2007 № 905/14172;

55. наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 03.12.2007 № 1095 «Про затвердження Положення про схвалення оцінок і планів охорони портових засобів та видачу Актів про відповідність портових засобів», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 19.12.2007 №1380/14647;

56. наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 22.07.2008 № 912 «Про затвердження Переліку обов'язкового суднового навігаційного обладнання та систем для торговельних суден (за винятком риболовних суден) валовою місткістю менше 150 одиниць, які здійснюють будь-які рейси, та інших суден, що не здійснюють міжнародні рейси», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 01.08.2008 № 706/15397;

57. наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 13.10.2008 № 1245 «Про покладання обов'язків з підтвердження кваліфікації осіб, відповідальних за охорону суден, та видачу їм свідоцтв «Офіцер з охорони судна»», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 31.10.2008 за № 1064/15755;

58. наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 18.08.2010 № 601 «Про заходи щодо забезпечення безпеки судноплавства»;

59. наказ Міністерства інфраструктури України від 05.02.2011 № 7 «Про комплекс заходів щодо створення річкової інформаційної служби на внутрішніх водних шляхах України», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 19 травня 2011 року за № 606/19344;

60. наказ Міністерства інфраструктури України від 12.03.2011 № 14 «Правила льодового проведення суден», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 04 квітня 2011 року за № 447/19185;

61. наказ Міністерства інфраструктури України від 25.08.2011 № 339 «Про затвердження Типового положення про службу морської безпеки», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 26.10.2011 за № 1233/19971;

62. наказ Міністерства інфраструктури України від 29.02.2012 № 135 «Про затвердження Положення про робочий час та час відпочинку та плаваючого складу морського і річкового транспорту України», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 23.03.2012 № 445/20758;

63. наказ Міністерства інфраструктури України від 26.03.2012 № 186 «Про затвердження Інструкції про порядок надання інформації в Міністерстві інфраструктури при виникненні надзвичайних ситуацій у сфері транспорту, дорожнього господарства, туризму та інфраструктури», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 01 квітня 2012 року за № 541/20854;

64. наказ Міністерства інфраструктури України від 27.03.2013 № 190 «Про затвердження Положення про капітана морського порту та службу капітана морського порту», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 18.04.2013 № 632/23164;

65. наказ Міністерства інфраструктури України від 27.03.2013 № 191 «Про затвердження Переліку даних про судно, що надаються у тому числі за допомогою технічних судових засобів», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 15 квітня 2013 року за № 614/23146;

66. наказ Міністерства інфраструктури України від 27.03.2013 № 198 «Про затвердження Порядку організації охорони морських та річкових портів», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 22.04.2013 № 654/23186;

67. наказ Міністерства інфраструктури України від 07.05.2013 № 283 «Про затвердження Положення про порядок видачі посвідчення судноводія малого/маломірного судна», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 29 травня 2013 року за № 831/23363;

68. наказ Міністерства інфраструктури України від 08.05.2013 № 291 «Про затвердження Порядку надання послуг з регулювання руху суден», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 24.05.2013 № 807/23339;

69. наказ Міністерства інфраструктури України від 08.05.2013 № 292 «Про затвердження Положення про морських лоцманів», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 10.06.2013 за № 920/23452;

70. наказ Міністерства інфраструктури України від 26.06.2013 № 426 «Про затвердження Галузевої програми забезпечення безпеки судноплавства на 2014-2018 роки;

71. наказ Міністерства інфраструктури України від 27.06.2013 № 430 «Про затвердження Порядку оформлення приходу суден у морський порт, надання дозволу на вихід суден у море та оформлення виходу суден із морського порт», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 23 липня 2013 року за № 1230/23762;

72. наказ Міністерства інфраструктури України від 07.08.2013 № 567 «Про затвердження Положення про порядок присвоєння звань особам командного складу морських суден», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 23 серпня 2013 року за № 1466/23998;

73. наказ Міністерства інфраструктури України від 04.09.2013 № 662 «Про затвердження Переліку районів обов'язкового лоцманського проведення та



категорій суден, що звільняються від обов'язкового лоцманського проведення», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 12 вересня 2013 року за № 1575/24107;

74. наказ Міністерства інфраструктури України від 18.10.2013 № 812 «Про затвердження Порядку видачі кваліфікаційних документів особам командного складу суден та суднової команди морських суден», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 14 листопада 2013 року за № 1950/24482;

75. наказ Міністерства інфраструктури України від 18.10.2013 № 813 «Про затвердження Порядку підтвердження кваліфікації та дипломування осіб командного складу суден та суднової команди морських суден», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 7 листопада 2013 року за № 1901/24433;

76. наказ Міністерства інфраструктури України від 16.01.2014 № 21 «Про затвердження Положення про організацію та порядок здійснення технічного нагляду за гідротехнічними спорудами водотранспортного комплексу», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 10.02.2014 № 269/25046;

77. наказ Міністерства інфраструктури України від 07.10.2014 № 490 «Про затвердження Положення про порядок видачі посвідчення судноводія торговельного судна, яке допущено до плавання судноплавними річковими внутрішніми водними шляхами», зареєстрований в Міністерстві юстиції 24 жовтня 2014 року за № 1324/26101;

78. наказ Міністерства інфраструктури України від 07.10.2014 № 491 «Про затвердження Вимог до тренажерного та іншого обладнання, призначеного для підготовки та перевірки знань осіб командного складу та суднової команди», затверджений зареєстрованим в Міністерстві юстиції України 24.10.2014 за № 1325/26102;

79. наказ Міністерства інфраструктури України від 10.11.2014 № 575 «Про затвердження Порядку визначення мінімального складу екіпажу судна», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 26.11.2014 № 1507/26284;

80. наказ Міністерства інфраструктури України від 22.09.2015 № 379 «Про затвердження Положення про Національний центр дальньої ідентифікації та

контролю місцезнаходження суден», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 07.10.2015 № 1214/27659;

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

82. наказ Мінінфраструктури від 25.04.2012 № 221 «Про затвердження Положення про функціонування єдиної системи моніторингу надводної обстановки з використанням автоматизованої системи контролю за рухом суден».

**Нормативно-правові акти, у підготовки яких або їх нової редакції приймав безпосередню участь автор роботи:**

1) постанова КМУ від 26.11.2014 № 668 «Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступень ризику від провадження господарської діяльності у сфері безпеки на морському та річковому транспорті і визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду(контролю) Державною інспекцією з безпеки на морському та річковому транспорті»;

2) наказ Міністерства транспорту України від 19.04.2001 № 225 «Про затвердження Інструкції про огляд суден, які здійснюють плавання (експлуатуються) на внутрішніх водних шляхах України», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 07.05.2001 № 400/5591;

3) наказ Міністерства транспорту України від 15.02.2002 № 99 «Про організацію видачі документів, що засвідчують звання і кваліфікацію моряків»;

4) наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 30.10.2002 № 766 «Про затвердження Порядку заповнення і видачі Підтверджень, що засвідчують визнання дипломів», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 19.11.2002 за № 906/7194;

5) наказ Міністерства транспорту України від 24.12.2002 № 913 «Про затвердження програмного забезпечення по заповненню, другу та зберіганню в базі даних інформації про документи моряків, що засвідчують їх кваліфікацію»;

6) наказ Міністерства транспорту України від 08.01.2003 № 3 «Про затвердження Положення про ведення єдиного Державного реєстру документів моряків», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 04.02.2003 № 86/7407;

7) наказ Міністерства транспорту України від 17.07.2003 № 545 «Про затвердження Правил контролю суден з метою забезпечення безпеки мореплавства» зареєстрований в Міністерстві юстиції України 23.03.2004 № 353/8952;

8) наказ Міністерства транспорту України від 28.08.2003 № 672 «Про затвердження Порядку припинення дії підтверджень дипломів та позачергової перевірки компетентності осіб командного складу морських суден», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 12.09.2003 № 798/8119;

9) наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 25.11.2004 № 1042 «Про затвердження Положення про огляд підприємств, організацій та установ, що проводять підготовку моряків», зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 13.12.2004 № 1577/10176;

10) наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 26.11.2004 № 1046 «Про затвердження Технічного опису бланків документів моряків», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 24.12. 2004 № 1641/10240;

11) наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 07.05.2007 № 377 «Про затвердження Порядку роботи Державних кваліфікаційних комісій», зареєстрований в Міністерстві юстиції 23.05.2007 за № 529/13796;

12) наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 22.07.2008 № 912 «Про затвердження Переліку обов'язкового суднового навігаційного обладнання та систем для торговельних суден (за винятком риболовних суден) валовою місткістю менше 150 одиниць, які здійснюють будь-які рейси, та інших суден, що не здійснюють міжнародні рейси», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 01.08.2008 № 706/15397;

13) наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 13.10.2008 № 1245 «Про покладання обов'язків з підтвердження кваліфікації осіб, відповідальних за охорону суден, та видачу їм свідоцтв «Офіцер з охорони судна»», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 31.10.2008 за № 1064/15755;

14) наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 18.08.2010 № 601 «Про заходи щодо забезпечення безпеки судноплавства»;

15) наказ Міністерства інфраструктури України від 05.02.2011 № 7 «Про комплекс заходів щодо створення річкової інформаційної служби на внутрішніх водних шляхах України», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 19 травня 2011 року за № 606/19344;

16) наказ Міністерства інфраструктури України від 12.03.2011 № 14 «Правила льодового проведення суден», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 04 квітня 2011 року за № 447/19185;

17) наказ Міністерства інфраструктури України від 27.03.2013 № 190 «Про затвердження Положення про капітана морського порту та службу капітана морського порту», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 18.04.2013 № 632/23164;

18) наказ Міністерства інфраструктури України від 27.03.2013 № 191 «Про затвердження Переліку даних про судно, що надаються у тому числі за допомогою технічних судових засобів», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 15 квітня 2013 року за № 614/23146;

19) наказ Міністерства інфраструктури України від 07.05.2013 № 283 «Про затвердження Положення про порядок видачі посвідчення судноводія малого/маломірного судна», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 29 травня 2013 року за № 831/23363;

20) наказ Міністерства інфраструктури України від 27.06.2013 № 430 «Про затвердження Порядку оформлення приходу суден у морський порт, надання дозволу на вихід суден у море та оформлення виходу суден із морського порт», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 23 липня 2013 року за № 1230/23762;

21) наказ Міністерства інфраструктури України від 07.08.2013 № 567 «Про затвердження Положення про порядок присвоєння звань особам командного складу морських суден», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 23 серпня 2013 року за № 1466/23998;

22) наказ Міністерства інфраструктури України від 18.10.2013 № 812 «Про затвердження Порядку видачі кваліфікаційних документів особам командного складу суден та суднової команди морських суден», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 14 листопада 2013 року за № 1950/24482;

23) наказ Міністерства інфраструктури України від 18.10.2013 № 813 «Про затвердження Порядку підтвердження кваліфікації та дипломування осіб командного складу суден та суднової команди морських суден», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 7 листопада 2013 року за № 1901/24433;

24) наказ Міністерства інфраструктури України від 07.10.2014 № 490 «Про затвердження Положення про порядок видачі посвідчення судноводія торговельного судна, яке допущено до плавання судноплавними річковими внутрішніми водними шляхами», зареєстрований в Міністерстві юстиції 24 жовтня 2014 року за № 1324/26101;

25) наказ Міністерства інфраструктури України від 07.10.2014 № 491 «Про затвердження Вимог до тренажерного та іншого обладнання, призначеного для підготовки та перевірки знань осіб командного складу та суднової команди», затверджений зареєстрованим в Міністерстві юстиції України 24.10.2014 за № 1325/26102;

26) наказ Міністерства інфраструктури України від 10.11.2014 № 575 «Про затвердження Порядку визначення мінімального складу екіпажу судна», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 26.11.2014 № 1507/26284.

### ДОДАТОК 3

#### **Глосарій термінів, що використовуються в дисертаційній роботі:**

**Безпека** – мета функціонування системи в просторі та часі, під час її використання за призначенням, яке характеризує ступень ризику для життя і здоров'я людини, збереження матеріальних цінностей, техногенне-екологічний стан навколишнього середовища [238, 240].

**Безпека судноплавства** – стан максимальної захищеності людського життя та здоров'я, майна та навколишнього середовища в процесі експлуатації суден морського та річкового транспорту або у зв'язку з нею, а також недопустимості ризику, який може привести до загибелі або травмуванню людей, матеріальним збиткам або к негативному впливу на навколишнє середовище [240].

**Ергатична система** – складна цілеспрямована система керування, до складу якої входить людина-оператор (чи група операторів), технічний пристрій (засоби діяльності людини-оператора), об'єкт діяльності та середовище, в якому перебуває людина [310].

**Забезпечення безпеки** – процес досягнення безпеки системи шляхом розробки і реалізації комплексу організаційно-технічних заходів [238, 240].

**Забезпечення безпеки судноплавства** – дії суб'єктів морської та річкової транспортної організаційно-технічної системи під час експлуатації водних транспортних засобів за призначенням, які складаються з недопущення аварійних подій за певний проміжок часу або максимальному захисту людей від загибелі, припинення їм серйозних тілесних ушкоджень, і мінімізації матеріально-технічних збитків під час аварій та інцидентів, а також усунення підвищення ризику виникнення аварій при вже маючих місце інцидентах [240].

**Людино-машинна система** – система, в якій людина-оператор або група операторів взаємодіє з технічними пристроями в процесі виробництва матеріальних цінностей, керування, оброблення інформації тощо. [310].

**Показник безпеки на транспорті** – кількісний результат оцінювання, зафіксований в конкретний період часу та характеризуючий реальний стан відповідного якісного критерію безпеки руху за означений проміжок часу [240].

**Причина аварії** – множина сукупностей процесів СДС на різних рівнях ієрархії у взаємодіючих внутрішніх та зовнішніх факторів, які в результаті взаємозалежних зв'язків між ними сформували результуючий вплив, завдяки якого має місце аварія [240].

**Система управління забезпеченням безпеки** – організаційно та технічно реалізована сукупність матеріальних, інтелектуальних та інформаційних категорій системи, яка має в процесі досягнення безпеки, усі необхідні признаки системності [238, 240].

**Система управління забезпеченням безпеки судноплавства** – системно реалізована взаємодія законодавчого, нормативно-правового, контрольно-наглядового, програмного та експлуатаційного контурів управління безпекою судноплавства та використання берегових об'єктів забезпечення судноплавства за призначенням, на основі науково-методологічного, навчально-методологічного, навчально-кваліфікаційного та інформаційного забезпечення, які дозволяють стало досягнути безпеки судноплавства, як цілі під час збереження власної цілісності в умовах впливу зовнішніх факторів в ситуаціях з невизначеностями [240].

**Складна динамічна система** – великомасштабна, високотехнологічна система, яка характеризується складними взаємодіями між людськими та технологічними компонентам, функціонування якої пов'язано з діяльністю людини-оператора в умовах високого рівня ризику, небезпечний результат діяльності якої може бути катастрофічними щодо втрати життя та майна [310].

З урахуванням вищенаведеної термінології та відповідно цілям дисертаційної роботи автором запропоновано використання нижчезазначених термінів у такому значенні.

**Гарантоване адаптивне управління (ГАУ)** – особлива специфічна форма досягнення цілей життєдіяльних показників стану функціонування об'єкту управління із застосуванням заздалегідь обґрунтованої багатоканальної та багатокритеріальної структури організації реагування на фактичні результати вимірювань поточних значень режиму роботи головних підсистем даного об'єкта,

яка завдяки активного адекватного та цілеспрямованого синтезу оперативних законів управління реалізує впливи на усі силові органи, що забезпечують життєдіяльність об'єкту у раціональній зоні Парето.

**Гарантування** – неперервний процес системного паралельного та одночасного функціонування єдиної системи, в якій дії усіх учасників, компонентів, елементів, а також з'єднань між ними апробовані, ресурснозабезпечені та скоординовані для досягнення єдиної мети – виключення випадків аварійних подій.

Гарантування в СНУР ВТЗ – це головна функція цільового рівня (мета) безпеки життя, екології та економіки під час реалізації судноводіння в умовах ситуативної варіації різноманітних факторів впливу ЗНОС, що можуть випадково примушувати на адекватні адаптивні зміни параметру ВТЗ відносно заданого програмного маршруту.




**Поліергатичне забезпечення навігації та управління рухом ВТЗ** – технологія неперервного забезпечення в умовах прояву факторів впливу нестационарності зовнішнього середовища, в якому перебуває людина й техніка, безпеки руху окремого ВТЗ або транспортних потоків на водних акваторіях в межах складної динамічної системи із застосуванням ієрархії цілеспрямованих ергатичних систем навігації та управління рухом і засобів керування, що скоординовано направлені на досягнення кінцевої мети – гарантованого безпечного початку й завершення планового рейсу ВТЗ, до складу яких входять групи операторів, технічних пристроїв, об'єкти діяльності, фактор впливу.

**Цільова технологія безпеки** – науковий опис послідовної у часі та розподіленої у просторі сукупності дій спрямованих на цільовий результат адаптивного управління, який забезпечують правила або набір операцій, виконання яких призводить до очікуваних заздалегідь означених результатів, з обов'язковим виключенням аварійних подій протягом реального рейсу конкретного ВТЗ.









## ДОДАТОК К

**Математичні моделі суден, внесені в програмне забезпечення навігаційного повномасштабного тренажеру з візуалізацією Navi-Trainer NTPro-4000, на яких здійснюється тренажерна підготовка судноводіїв рівня експлуатації та управління**

Тип судна	Тоннаж (рег. тон)	Довжина (м)	Ширина (м)	Макс. осадка (м)	Макс. швидкість (вузл.)	Зображення
Багатоцільове судно (Dry cargo ship)	22.641	166	23	8,1	17,4	
Балкер (Bulk carrier)	23.565	183	23	7,6	15,0	
Балкер (Bulk carrier)	33.089	183	23	10,7	14,0	
Балкер (Bulk carrier)	155.000	289	45	14,8	14,6	
Балкер (Bulk carrier)	274.000	320	46	18,9	14,6	
Контейнеровоз (Container ship)	29.702	222	30	9,7	22,8	
Контейнеровоз (Container ship)	171.371	364	46	16,0	24,2	
Контейнеровоз (Container ship)	241.379	396	54	16,0	24,4	
Газовоз (LPG tanker)	33.089	183	23	10,7	14,0	
Газовоз (LNG tanker)	81.549	298	46	9,3	21,2	
Газовоз (LNG tanker)	124.706	300	52	11,5	19,5	

Газовоз (LNG tanker)	171.300	360	55	12	19,5	
Пасажирський паром (Passenger car ferry)	11.046	145	25	5,3	20,9	
Пасажирський лайнер (Passenger cruise ship)	24.841	230	29	8,0	24,0	
Нафтовий танкер (Coastal tanker)	13.745	144	22	6,2	15,4	
Нафтовий танкер (VLCC)	63.430	261	48	9,0	16,3	
Нафтовий танкер Shuttle tanker	118.133	277	46	12,4	17,9	
Нафтовий танкер (VLCC)	159.584	261	48	16,9	15,0	
Нафтовий танкер (VLCC)	321.260	332	58	20,8	15,7	
Нафтовий танкер (VLCC)	364.073	333	60	22,5	14,5	
Автомобілевоз (Car carrier)	19.587	199	32	6,9	20,3	
Автомобілевоз (Car carrier)	39.282	199	32	11	19,6	
Автомобілевоз (Car carrier)	68.229	240	36	10,9	19,2	
Судно река-море (River-sea ship)	4.514	114	13	3,6	10,1	
Судно река-море (River-sea ship)	6.716	140	16	3,7	9,8	
Портовий буксир (Harbour tug)	450	26	9	4,3	12,7	

Буксир (Tug-boat)	1.194	35	13	5,8	14,3	
Судно-постачальник (Fast supply ship)	812	53	10	2,9	23,0	
Судно берегової охорони (Coast-guard boat)	99	33	7	2,1	33,7	
Рятувальне судно Offshore rescue vessel	31	19	6	1,0	35,6	
Моторна яхта Motor yacht	15	12	4	0,8	38,0	
Моторна яхта Motor yacht	35	19	5	1,2	34,0	
Інші ВТЗ						

## ДОДАТОК Л

### Зразок листа опитування членів екіпажів суден та працівників судноплавних компаній щодо рівня обізнаності про кібер-загрози

#### Лист опитування членів екіпажів суден та працівників судноплавних компаній щодо сучасного рівня обізнаності про загрози, пов'язані з кібер-злочинністю в сфері морського та річкового транспорту

1. Ім'я та прізвище \_\_\_\_\_
2. Вік \_\_\_\_\_ (20-30 років) \_\_\_\_\_ (30-40 років) \_\_\_\_\_ (40-50 років) \_\_\_\_\_ (50-60 років)
3. Освіта \_\_\_\_\_ (вища) \_\_\_\_\_ (середня спеціальна) \_\_\_\_\_ (середня) \_\_\_\_\_ (студент)
4. Місце роботи \_\_\_\_\_
5. Посада \_\_\_\_\_
6. Стаж роботи в галузі \_\_\_\_\_
7. Чи проходили Ви будь-яку підготовку чи інструктаж з питань кібер-безпеки \_\_\_\_\_ (так) \_\_ (ні)
8. Чи є в Вашій компанії політика політика інформаційної безпеки \_\_\_\_\_ (так) \_\_ (ні)
9. Чи встановлений на кожному комп'ютері антивірусне програмне забезпечення \_\_\_\_\_ (так) \_\_ (ні)
10. Чи були випадки зараження вірусами Вашого комп'ютера \_\_\_\_\_ (так) \_\_ (ні)
11. Чи були випадки спроб злому поштових скриньок Вашої чи працівників компанії \_ (так) \_\_ (ні)
12. Чи відомо Вам про фінансові збитки, які понесла Ваша компанія в наслідок інформаційних атак \_\_\_\_\_ (так) \_\_ (ні)
13. Чи вважаєте Ви, що кібер-загрози можуть бути небезпечними для судноплавства \_\_ (так) \_\_ (ні)
14. Чи відомі Вам методи, які використовуються під час кібер-атак \_\_\_\_\_ (так) \_\_ (ні)
15. Чи відомі Вам методи боротьби з кібер-атаками \_\_\_\_\_ (так) \_\_ (ні)

*Прохання підкреслити правильну на Ваш погляд відповідь.*

Дата заповнення листа опитування \_\_\_\_\_

## ДОДАТОК М

## Приклад щомісячного звіту про роботу РІС

(Приклад звіту про використання Web-сайта <http://ukrris.com.ua>

за серпень 2016 р.)

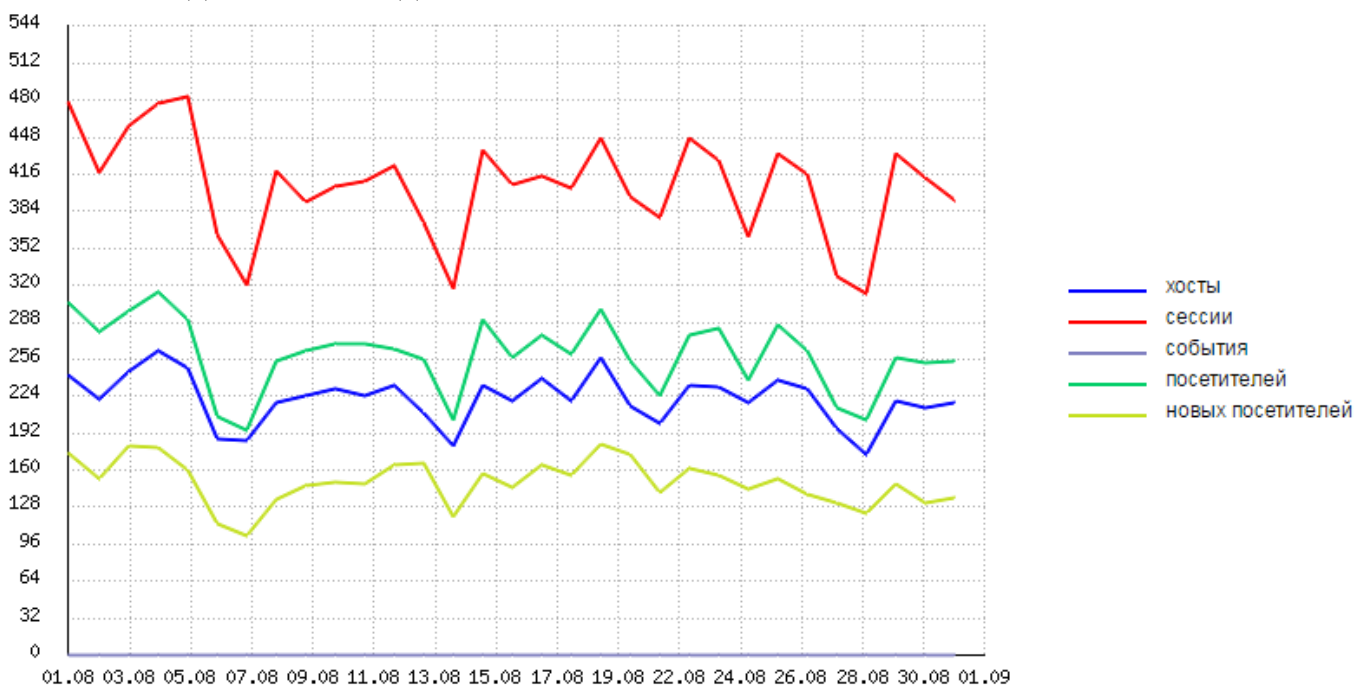
Ежемесячный отчет о работе  
Август 2016

1. Всего пользователей (на конец месяца) – 542
2. Зарегистрировано пользователей за месяц – 27
3. Сводная статистика:

	Период 01.08.2016 - 31.08.2016	Всего
Хитов	847563	22161835
Хостов		224139
Сессий	12594	451979
Посетителей		
Всего		184537
Новых	4635	

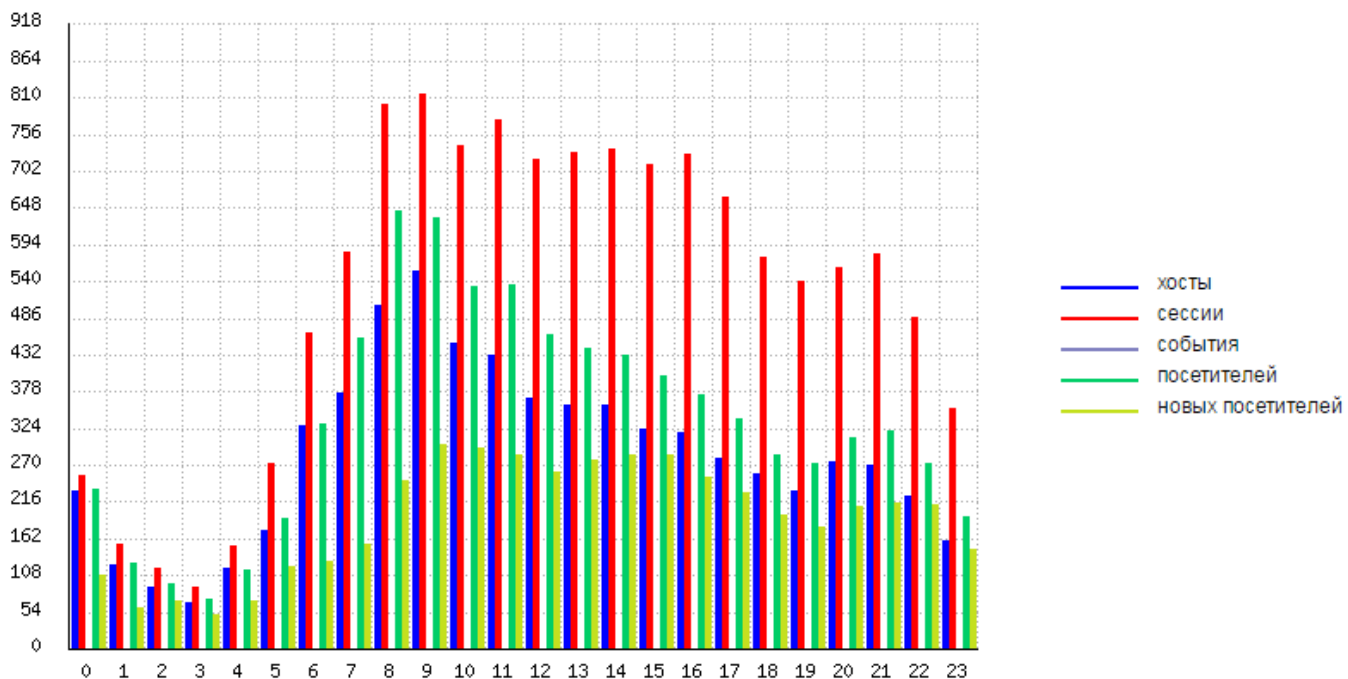
## 4. Посещаемость:

- динамика по датам:



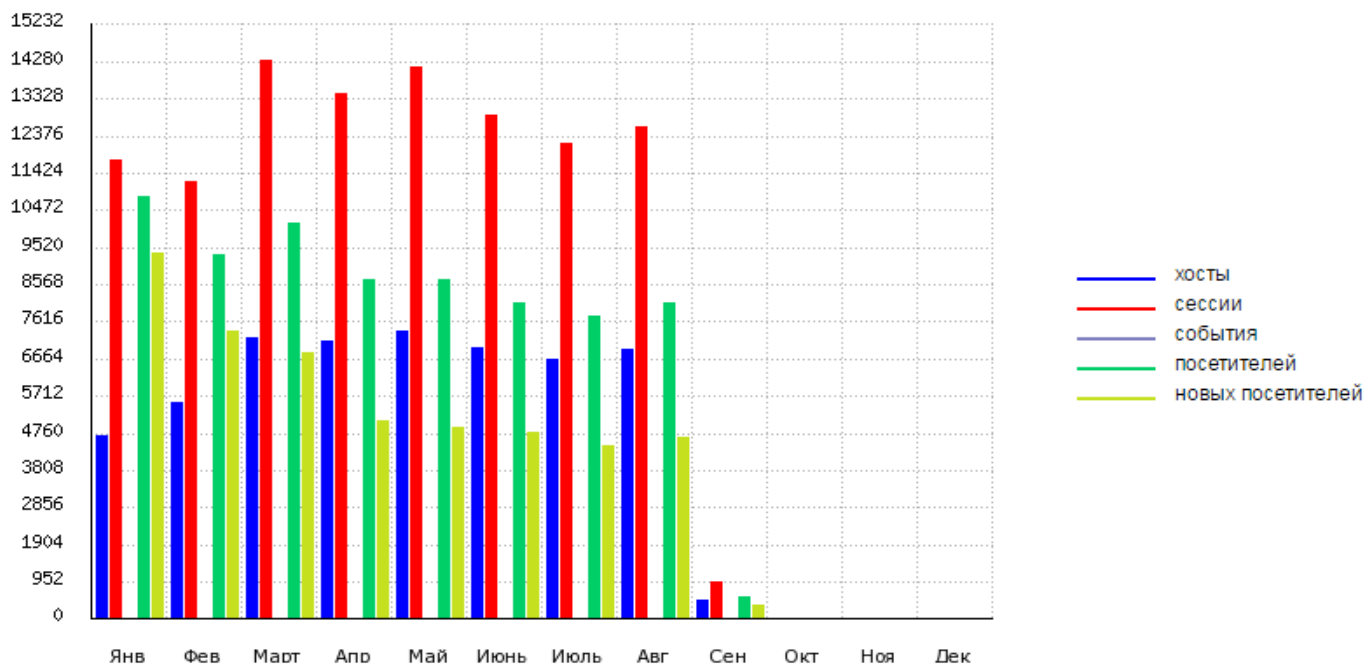
ID	Дата	Сессий	Посетителей	Новых
1818	31.08.2016	394	254	136
1817	30.08.2016	413	253	131
1816	29.08.2016	434	258	148
1815	28.08.2016	313	204	122
1814	27.08.2016	328	214	131
1813	26.08.2016	416	263	139
1812	25.08.2016	434	286	152
1811	24.08.2016	362	238	144
1810	23.08.2016	428	283	156
1809	22.08.2016	448	277	161
1808	21.08.2016	378	225	141
1807	20.08.2016	396	255	173
1806	19.08.2016	447	299	183
1805	18.08.2016	404	261	156
1804	17.08.2016	415	277	165
1803	16.08.2016	407	258	145
1802	15.08.2016	437	290	157
1801	14.08.2016	318	204	120
1800	13.08.2016	374	256	166
1799	12.08.2016	424	265	164
1798	11.08.2016	410	269	148
1797	10.08.2016	405	270	150
1796	09.08.2016	392	263	146
1795	08.08.2016	419	254	135
1794	07.08.2016	320	194	104
1793	06.08.2016	363	207	114
1792	05.08.2016	484	290	160
1791	04.08.2016	477	314	179
1790	03.08.2016	458	298	181
1789	02.08.2016	417	280	153
1788	01.08.2016	479	305	175

- динамика по часам:



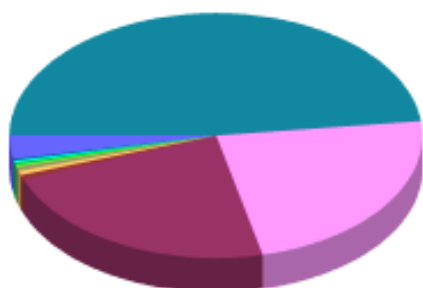
Час	Сессий	Посетителей	Новых
0	255	235	108
1	154	125	60
2	119	95	71
3	91	72	50
4	152	116	70
5	273	192	122
6	463	330	128
7	583	456	155
8	800	642	246
9	815	634	300
10	738	533	295
11	777	535	286
12	719	461	261
13	729	441	277
14	735	430	284
15	711	400	285
16	726	373	251
17	663	338	230
18	574	286	196
19	539	273	178
20	559	309	210
21	579	321	215
22	488	272	211
23	352	195	146

- динамика по месяцам в 2016:



Месяц	Сессий	Посетителей	Новых
1	11744	10816	9345
2	11184	9320	7357
3	14280	10111	6821
4	13444	8685	838
5	14131	8690	4872
6	12898	8078	4755
7	12181	7759	4439
8	12594	8064	4635

- разделы и страницы



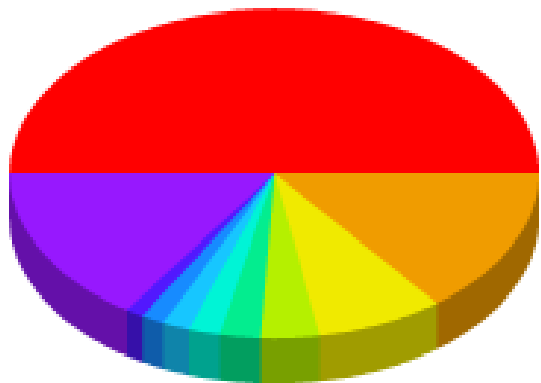
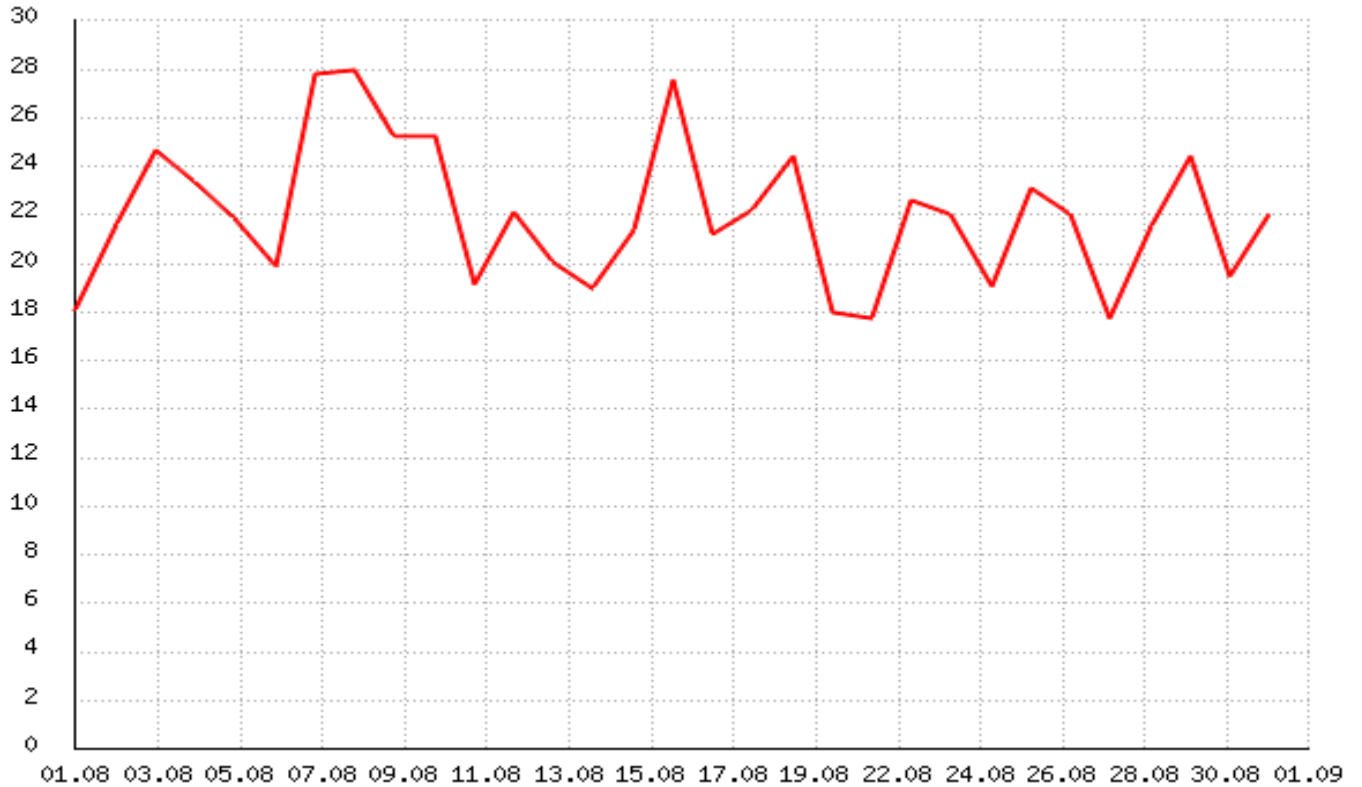
48.23%	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/">https://ukrris.com.ua:443/ris/</a>	817508
23.24%	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/ajax_load_compo...">https://ukrris.com.ua:443/ris/ajax_load_compo...</a>	393973
22.86%	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/weather_get.php">https://ukrris.com.ua:443/ris/weather_get.php</a>	387468
0.63%	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/trip_update.php">https://ukrris.com.ua:443/ris/trip_update.php</a>	10653
0.49%	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/movement/curren...">https://ukrris.com.ua:443/ris/movement/curren...</a>	8238
0.38%	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/movement/curren...">https://ukrris.com.ua:443/ris/movement/curren...</a>	6523
0.37%	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/">https://ukrris.com.ua:443/</a>	6319
0.33%	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/index.php">https://ukrris.com.ua:443/index.php</a>	5660
0.24%	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/trip_history_tr...">https://ukrris.com.ua:443/ris/trip_history_tr...</a>	4092
0.22%	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/trip_start.php">https://ukrris.com.ua:443/ris/trip_start.php</a>	3672
3.00%	(остальные)	50824



ID	Раздел/страница	Хитов	Процент
1	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/">https://ukrris.com.ua:443/ris/</a>	817508	48.23%
2	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/ajax_load_component.php">https://ukrris.com.ua:443/ris/ajax_load_component.php</a>	393973	23.24%
3	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/weather_get.php">https://ukrris.com.ua:443/ris/weather_get.php</a>	387468	22.86%
4	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/trip_update.php">https://ukrris.com.ua:443/ris/trip_update.php</a>	10653	0.63%
5	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/movement/current/">https://ukrris.com.ua:443/ris/movement/current/</a>	8238	0.49%
6	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/movement/current/">https://ukrris.com.ua:443/ris/movement/current/</a>	6523	0.38%
7	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/">https://ukrris.com.ua:443/</a>	6319	0.37%
8	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/">https://ukrris.com.ua:443/</a>	5660	0.33%
9	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/trip_history_track.php">https://ukrris.com.ua:443/ris/trip_history_track.php</a>	4092	0.24%
10	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/trip_start.php">https://ukrris.com.ua:443/ris/trip_start.php</a>	3672	0.22%
11	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/trip_edit.php">https://ukrris.com.ua:443/ris/trip_edit.php</a>	2493	0.15%
12	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/waybill_edit.php">https://ukrris.com.ua:443/ris/waybill_edit.php</a>	2285	0.13%
13	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/vessel_search.php">https://ukrris.com.ua:443/ris/vessel_search.php</a>	2100	0.12%
14	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/trip_history_edit.php">https://ukrris.com.ua:443/ris/trip_history_edit.php</a>	2034	0.12%
15	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/waybill_list_update.php">https://ukrris.com.ua:443/ris/waybill_list_update.php</a>	1975	0.12%
16	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/bitrix/admin/">https://ukrris.com.ua:443/bitrix/admin/</a>	1846	0.11%
17	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/movement/current/index.php">https://ukrris.com.ua:443/ris/movement/current/index.php</a>	1715	0.10%
18	» <a href="https://ukrris.com.ua:443/ris/movement/trip/">https://ukrris.com.ua:443/ris/movement/trip/</a>	1617	0.10%

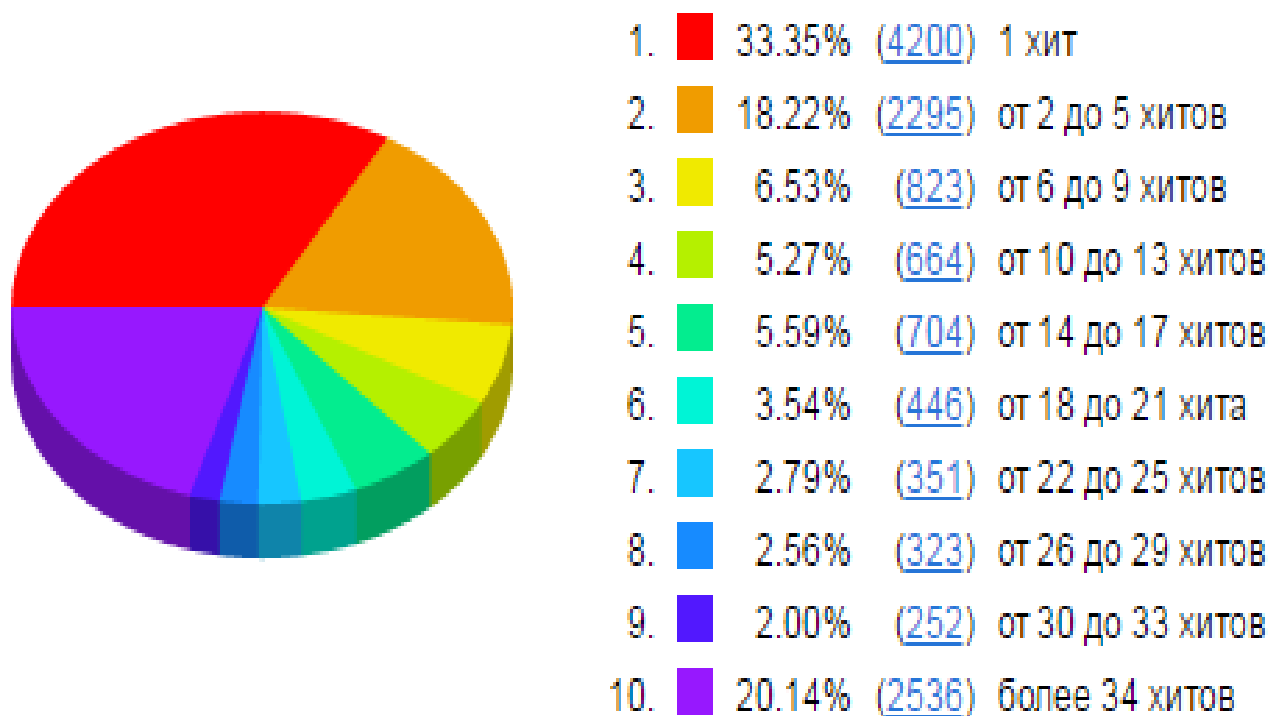
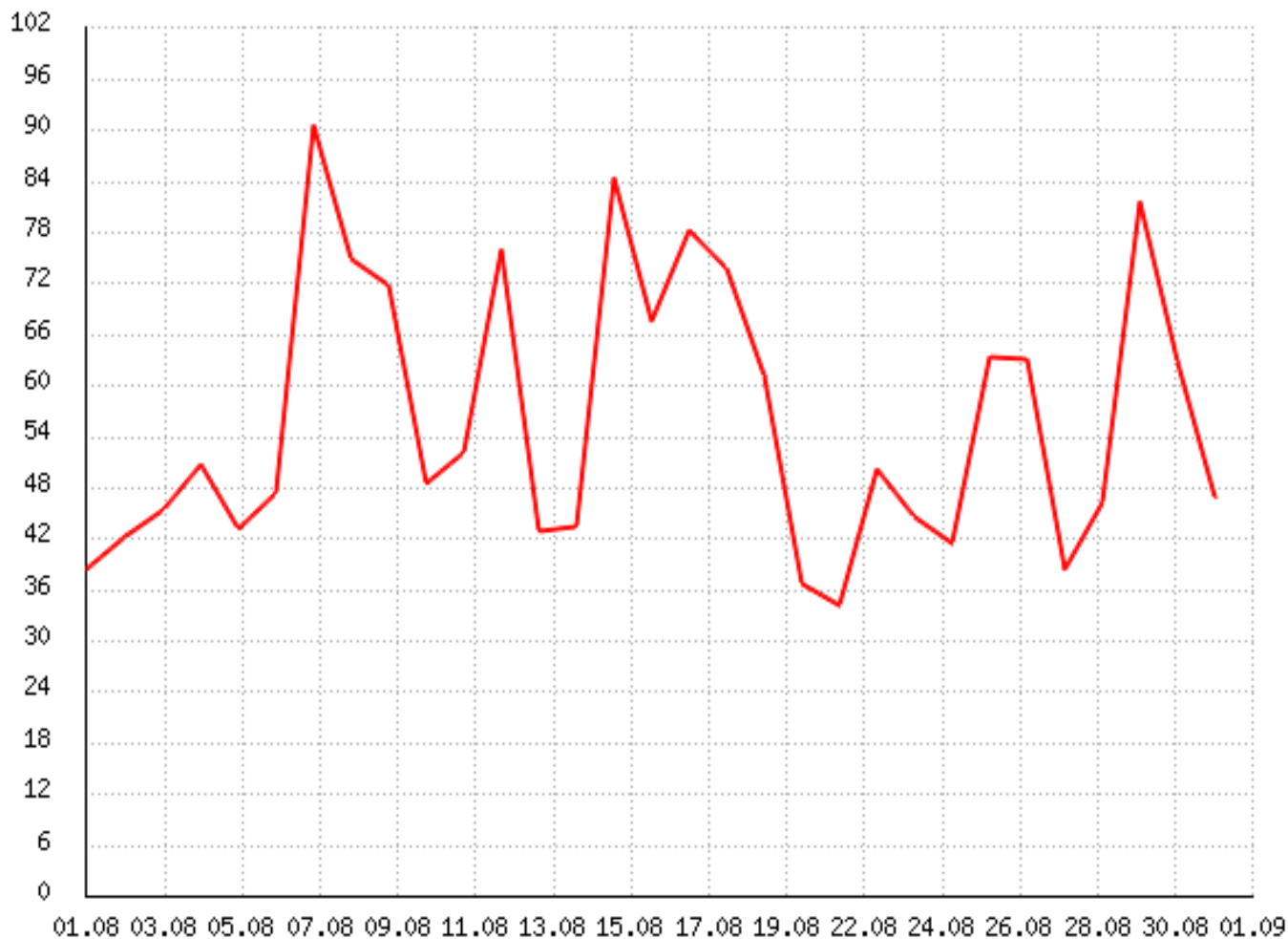
**5. Обращения:**

- длительность сессии

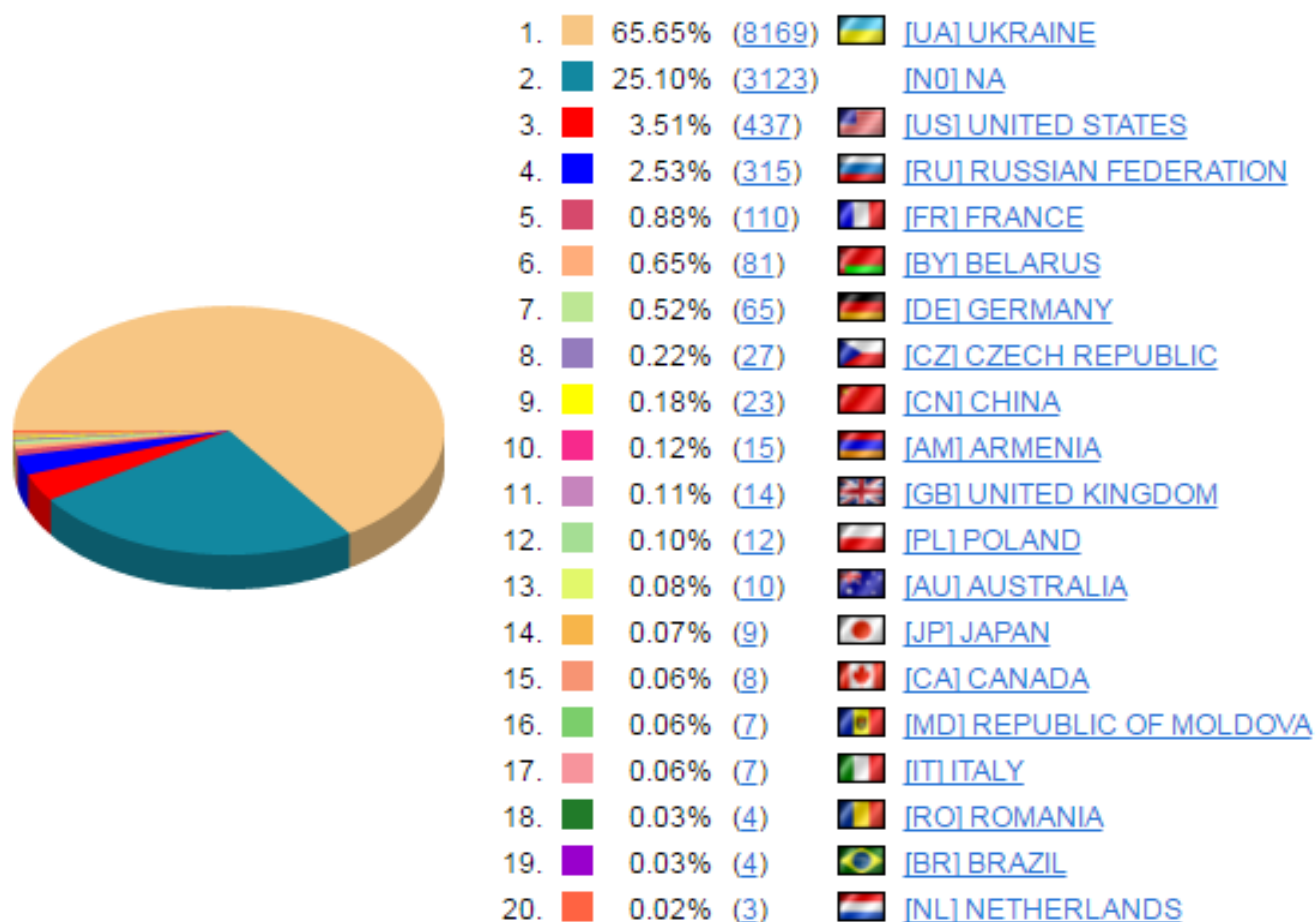
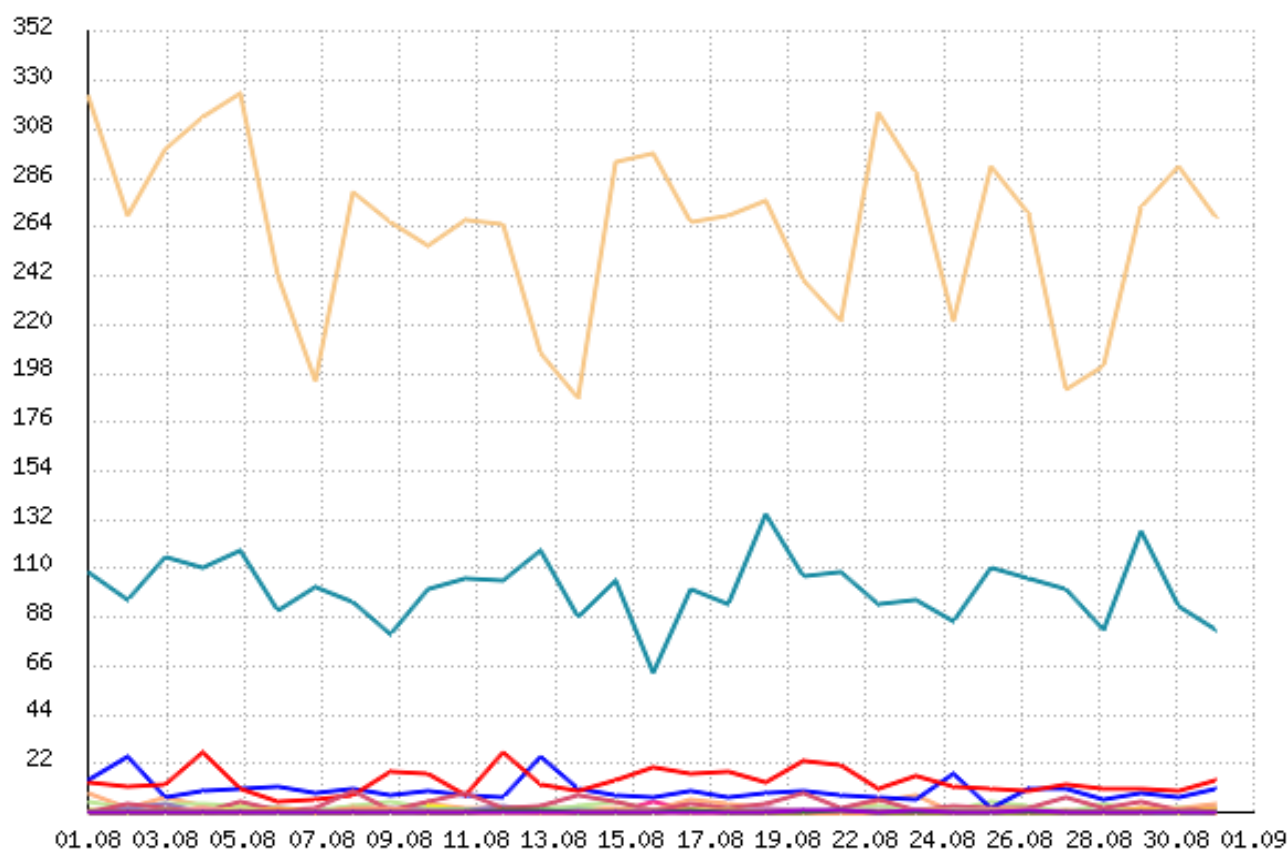


- 1. ■ 50.25% (6329) менее 1 минуты
- 2. ■ 14.35% (1807) от 2 до 3 минут
- 3. ■ 7.88% (993) от 3 до 6 минут
- 4. ■ 3.59% (452) от 6 до 9 минут
- 5. ■ 2.40% (302) от 9 до 12 минут
- 6. ■ 1.99% (250) от 12 до 15 минут
- 7. ■ 1.66% (209) от 15 до 18 минут
- 8. ■ 1.41% (178) от 18 до 21 минуты
- 9. ■ 1.02% (128) от 21 до 24 минут
- 10. ■ 15.45% (1946) более 24 минут

- АКТИВНОСТЬ



- география по странам:



### 6. Сессии посетителей за месяц

(без повторяющихся, без операторов УкрРИС и ОСЦ, без инженера VTMISS):

Пользователь	Сессий	Хитов	Первый заход	IP	Страна
[162] (mon) М.И.	1210	119846	25-сен-35	62.207.54.6	UA
[2922] (igor.b) И.Б.	5	86	31-авг-16	37.244.148.190	UA
[1823] (ship) А.К.	2	51	31-авг-16	31.73.213.251	NO
[376] (oras1) А.Т.	1	56	31-авг-16	25.82.213.109	UA
[133] (st_operator) V.X.	22	302	31-авг-16	34.153.136.130	UA
[175] (dispflot) В.Б.	4	56	31-авг-16	64.52.180.186	UA
[1687] (bn1984) О.Б.	3	416	30-авг-16	17.133.163.190	UA
[2159] (maks39594) М.Е.	1	174	30-авг-16	72.52.195.54	UA
[2163] (Serg93) С.Ш.	11	91	30-авг-16	13.107.108.21	UA
[2680] (shev02) В.Ш.	5	1173	29-авг-16	72.207.59.222	UA
[2905] (boyt) В.Б.	3	475	29-авг-16	74.52.195.54	UA
[189] (voa11) V.K.	10	5033	29-авг-16	71.93.33.183	UA
[2098] (dnep21) А.К.	4	169	29-авг-16	58.247.111.200	NO
[2164] (RECH-19) И.К.	15	207	28-авг-16	46.248.220.113	NO
[2373] (drp) Р.Д.	1	216	28-авг-16	24.238.20.114	UA
[2016] (Sergey90) С.Ш.	14	72	28-авг-16	75.248.61.247	NO
[543] (viktor) В.К.	4	120	28-авг-16	84.93.52.220	UA
[1417] (andre) А.П.	7	72	28-авг-16	92.55.129.157	NO
[2918] (duoonp) V.P.	3	68	27-авг-16	16.163.11.113	UA
[2916] (us9iij) А.Г.	3	113	27-авг-16	92.178.31.231	UA
[705] (zapr_shluz) Запорізький район гідротехнічних споруд	86	3089	27-авг-16	37.153.136.98	UA
[1797] (grig) Г.Ш.	1	96	26-авг-16	20.67.75.114	UA
[534] (temp) О.С.	7	163	25-авг-16	58.219.88.28	UA
[740] (sio497) Н.Н.	3	76	25-авг-16	34.227.76.34	UA
[322] (ruta) СК "ЧЕРВОНА РУТА"	3	71	25-авг-16	28.133.61.199	UA
[1757] (rich_y) Ю.Г.	2	374	25-авг-16	82.93.33.183	UA
[1932] (natal) Н.К.	2	203	25-авг-16	76.52.195.54	UA
[2874] (dnep2016) Д.Д.	1	88	24-авг-16	27.202.237.62	UA
[1704] (pp.st) d.k.	2	64	24-авг-16	63.185.74.191	NO
[1824] (lvzpovs) S.K.	1	131	24-авг-16	81.21.67.171	UA
[538] (aliek) А.С.	21	609	24-авг-16	18.23.24.138	UA

[2900] (Myrom) И.М.	4	1297	23-авг-16	29.180.211.201	NO
[1926] (oleg25) o.g.	2	889	22-авг-16	75.138.90.139	UA
[2368] (siata) В.К.	4	1224	22-авг-16	59.189.11.60	UA
[1906] (polta74) С.Ч.	14	1142	21-авг-16	34.111.185.101	UA
[1423] (VadimD) В.П.	21	144	20-авг-16	45.248.52.161	UA
[2705] (syavas) В.В.	2	62	20-авг-16	25.230.115.36	UA
[1927] (retsam) S.C.	2	60	19-авг-16	38.226.213.12	UA
[1546] (Ukrrich16) Д.К.	3	787	19-авг-16	43.82.213.109	UA
[2893] (timber) Т.К.	2	117	18-авг-16	61.113.209.193	NO
[1905] (serg75) С.Ч.	2	536	18-авг-16	72.170.1.211	RU
[2909] (valer) В.Б.	4	117	18-авг-16	47.110.17.109	UA
[295] (SKL_Kh) А.П.	5	58	17-авг-16	84.79.217.242	UA
[2908] (Alexander) А.Р.	3	90	17-авг-16	25.73.220.171	NO
[463] (vitek) V.S.	2	51	17-авг-16	18.179.255.240	UA
[2838] (Nazar) Е. Д.	8	225	16-авг-16	34.133.111.12	NO
[2876] (Sky) В.С.	4	620	16-авг-16	65.159.243.47	UA
[2145] (svl19) В.С.	1	163	16-авг-16	83.121.84.214	UA
[2868] (kniz) С.К.	1	117	14-авг-16	59.121.174.84	BY
[1429] (Leha) А.В.	21	354	14-авг-16	91.170.143.165	NO
[2178] (Vokus) В.Д.	49	995	14-авг-16	34.133.9.55	NO
[2755] (Casper) В. К.	1	58	13-авг-16	76.190.93.57	NO
[1997] (serg) С.Р.	12	1922	13-авг-16	29.134.208.20	NO
[2904] (Cap) А.С.	6	438	13-авг-16	74.133.220.64	UA
[946] (oc-wave) В.М.	2	788	13-авг-16	92.8.124.32	NO
[1760] (parahod) а.я.	3	95	13-авг-16	65.111.185.210	UA
[2889] (accord) О.Г.	2	57	13-авг-16	59.180.220.250	NO
[2400] (Alex) А.Ч.	71	7873	12-авг-16	27.132.236.210	UA
[2010] (posey) к.с.	20	2510	11-авг-16	53.218.96.25	UA
[2669] (ARPORT) О.С.	1	80	11-авг-16	85.94.6.254	UA
[1991] (Us_k) V.U.	2	718	08-авг-16	76.227.74.35	UA
[2852] (Mypo) И.М.	7	146	08-авг-16	28.180.211.87	NO
[1109] (madidas) Д.К.	2	74	06-авг-16	56.77.212.30	UA
[1117] (zpsimit) В.П.	6	114	06-авг-16	68.33.141.134	NO
[1777] (nibulon) n.n.	58	227	06-авг-16	34.101.15.182	NO
[299] (Gr-57) Г.Ч.	3	95	05-авг-16	90.133.102.102	NO
[865] (dor) В.Д.	8	640	05-авг-16	26.43.119.4	NO
[1440] (nibul) S.N.	15	204	04-авг-16	27.75.40.87	UA
[196] (vl.zar.5) В.З.	26	2571	04-авг-16	96.249.27.171	NO
[1415] (dudk) А.Д.	2	57	03-авг-16	64.134.213.133	UA
[2843] (QWIP) М.Н.	11	1270	01-авг-16	79.110.80.72	UA
[2821] (Chum) Д.Ч.	3	131	01-авг-16	54.124.3.179	BY
[2699] (krp.com.ua) Е.Ш.	4	138	01-авг-16	36.239.255.143	UA

[2883] (bt-4-5) н.к.	4	97	31-июл-16	57.79.130.199	UA
[2053] (andrew) Т.Б.	18	1708	30-июл-16	87.119.76.143	NO
[767] (real) А.Я.	4	767	30-июл-16	96.52.197.50	UA
[1022] (zamv) З.М.	16	4021	29-июл-16	54.52.197.50	UA
[39] (vig) В.В.	5	157	29-июл-16	23.38.17.102	UA
[2641] (sand-2) А.П.	15	101	27-июл-16	45.180.211.60	NO
[2869] (Kn_k) И.И.	3	166	25-июл-16	12.21.48.232	BY
[2323] (richflot) Р.Р.	43	13205	25-июл-16	37.60.183.105	UA
[2815] (dimol) D.O.	6	259	22-июл-16	87.219.88.20	UA
[1153] (chif-1) с.к.	9	216	22-июл-16	92.8.145.29	NO
[2511] (Kiril) К.Ч.	12	299	21-июл-16	12.170.144.35	NO
[2573] (bitor) Г.Т.	2	76	21-июл-16	68.222.144.18	UA
[932] (Gate) И.И.	35	660	19-июл-16	78.206.37.186	UA
[1856] (KREM) А.К.	4	137	16-июл-16	35.133.67.226	NO
[599] (smit) А.С.	27	464	14-июл-16	29.211.66.151	NO
[2848] (Adjigol) А.б	5	1106	14-июл-16	12.180.218.221	NO
[2785] (sisk) с.в.	4	122	11-июл-16	94.145.219.145	NO
[137] (PSC Izm) А.К.	6	486	04-июл-16	31.93.209.152	UA
[730] (shab) В.Ш.	2	317	04-июл-16	28.130.12.47	UA
[127] (VTS_iz) VTS_iz.	14	10620	03-июл-16	91.207.72.62	UA
[1779] (Ro-1986) Р.К.	65	372	02-июл-16	38.133.125.152	NO
[2820] (oum) Ю.О.	20	727	29-июн-16	85.93.33.183	UA
[1327] (vtiv) В.Л.	15	717	28-июн-16	72.214.19.58	UA
[2920] (пов) Ю.П.	7	219	28-июн-16	84.111.185.7	UA
[2056] (dusy) А.З.	8	227	27-июн-16	57.107.110.1	UA
[2911] (AndyT) А.Т.	11	818	27-июн-16	45.26.67.195	UA
[235] (v.tska-10) В.Ц.	120	1337	26-июн-16	39.248.36.107	UA
[1579] (stringer) Д.В.	45	297	22-июн-16	75.72.173.45	UA
[244] (Veb) В.Г.	15	502	19-июн-16	24.95.148.86	UA
[2693] (TOAA) А.Ш.	13	118	17-июн-16	29.229.242.108	NO
[2621] (dtuv-bch) А.Б.	6	179	17-июн-16	17.127.116.244	UA
[2322] (serg5) С.Я.	8	315	17-июн-16	92.124.3.179	BY
[2782] (oleg4) О.В.	9	61	12-июн-16	43.136.128.161	UA
[1555] (igorv) И.Р.	108	853	11-июн-16	45.154.202.140	UA
[2783] (genius) В.К.	15	566	09-июн-16	72.52.238.19	NO
[1923] (mar) V.M.	34	829	09-июн-16	16.163.104.60	UA
[1728] (Credo) Credo	9	560	09-июн-16	72.447.52.237	NO
[183] (leka) Л.Х.	43	831	26-май-16	91.133.132.119	NO
[2752] (кмpp) л.р.	16	343	26-май-16	85.214.135.251	UA
[2747] (maryup) m.v.	45	670	26-май-16	67.180.220.116	NO
[1986] (drind) А.О.	5	405	26-май-16	53.52.84.236	UA
[2677] (VALD) В.Ж.	179	3229	26-май-16	98.73.204.30	NO
[1873] (den) в.о.	218	14311	24-май-16	85.210.194.151	UA

[426] (tar) А.Т.	40	465	24-май-16	45.207.54.6	UA
[565] (Pilot) А.М.	10	392	21-май-16	28.39.76.33	NO
[2701] (krpd) М.Г.	188	15377	20-май-16	75.194.107.253	NO
[276] (andr) А.А.	20	1751	15-май-16	72.33.241.72	NO
[2685] (shev) В.Ш.	85	1255	14-май-16	37.234.1.238	NO
[2019] (Adm) Е.Л.	34	2203	14-май-16	90.129.68.218	NO
[2662] (yuriynet) ю.я.	77	2157	07-май-16	25.239.160.84	NO
[1999] (123) Л.М.	26	2587	06-май-16	63.151.214.98	UA
[2554] (karen) Д.Л.	25	758	06-май-16	28.115.1.237	NO
[1863] (bol) S.B.	75	3151	01-май-16	79.118.211.28	UA
[170] (gar8) в.г.	73	732	30-апр-16	38.180.217.25	NO
[2519] (Bor-07) Е.Б.	42	514	29-апр-16	28.211.156.231	NO
[2802] (Noa) А.Н	55	3152	28-апр-16	57.163.99.142	UA
[2873] (logist) А.И.	33	3995	25-апр-16	97.163.65.156	UA
[1384] (krd9) д.к	24	141	25-апр-16	44.133.157.184	NO
[423] (ig2008) Е.И.	5	173	24-апр-16	87.91.175.196	UA
[1128] (Sask) И.К.	204	1256	23-апр-16	27.249.4.112	NO
[2451] (zrg_sh) А.Ш.	32	1850	13-апр-16	16.25.38.154	UA
[2864] (bung) n.s.	19	423	12-апр-16	87.66.78.1	FR
[345] (germ) Е.Ф.	15	614	04-апр-16	39.98.181.102	UA
[2509] (krenu) Е.Б.	44	1230	26-мар-16	19.133.94.59	NO
[2659] (transak) а.к.	88	5354	21-мар-16	88.239.255.143	UA
[2921] (vlag) В.Г.	3	88	21-мар-16	54.98.253.15	UA
[571] (wise) а.м.	87	2954	05-мар-16	62.134.232.150	UA
[2375] (nik) н.н.	12	405	30-январ-16	30.229.240.115	NO
[776] (samok) В.С.	125	2580	28-январ-16	29.12.67.175	NO
[176] (burk) С.Б.	77	3562	27-январ-16	18.20.190.89	UA
[1775] (secur) С.Л.	97	6498	26-январ-16	88.233.127.4	NO
[1518] (slav) В.Р.	361	66197	15-январ-16	64.113.18.151	UA
[1355] (brap) А.И.	307	6953	15-январ-16	73.119.177.211	UA
[568] (andront) А.Р.	26	291	04-январ-16	24.180.220.19	NO
[904] (vkv) В.Н.	40	4256	04-январ-16	95.36.11.59	NO
[421] (ag) С.А.	62	3439	30-дек-15	13.160.142.202	UA
[198] (sg) С.К.	48	3002	25-дек-15	28.25.51.66	UA
[421] (disp) диспетчер	35	4876	17-дек-15	67.43.119.4	NO
[2151] (endr) А.Н.	96	4067	08-дек-15	35.46.77.62	NO
[204] (agency) А.И.	194	30590	18-ноя-15	74.38.17.102	UA
[2379] (slav) В.Б.	100	6218	14-ноя-15	19.180.208.107	NO
[2023] (glad8) И.Г.	36	30706	12-ноя-15	43.111.205.12	UA
[887] (kaptan) О.К.	22	446	04-ноя-15	29.73.233.139	NO
[2503] (dv7) А.Н.	34	3109	29-окт-15	25.240.120.122	UA
[441] (dowm) с.с.	175	5806	25-окт-15	92.180.219.220	NO
[780] (Amig) И.М.	81	11834	22-окт-15	16.229.3.71	NO



[630] (Nek) Н.Т.	358	7606	19-окт-15	27.209.249.76	UA
[806] (port-1) М.К.	241	3964	19-окт-15	45.127.108.81	UA
[275] (Sah) А.Г.	332	669	06-окт-14	63.25.195.201	UA
[262] (prds) VTS	290	21681	20-январ-14	29.207.57.38	UA
[874] (kozn) n.k.	664	15639	22-сен-13	71.52.254.159	NO
[869] (SERX) С.Ф.	385	2719	18-сен-13	53.179.66.238	RU
[1114] (kap) С.С.	583	113243	22-май-13	17.207.54.6	UA

Примітка автора : з метою забезпечення конфіденційності дані щодо користувачів та IP змінено.

## **7. Замечания в работе сайта – НЕТ.**