



МІНІСТЕРСТВО ЕКОЛОГІЇ
ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ
УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА
АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ
ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ
03035, м. Київ-35, вул. Митрополита Василя
Липківського, 35, т./ф. (044) 206-31-87,
e-mail: dei2005@ukr.net

MINISTRY OF ECOLOGY
AND NATURAL RESOURCES OF
UKRAINE
STATE ECOLOGICAL ACADEMY OF
POST-GRADUATE EDUCATION AND
MANAGEMENT
35, Metropolitan Vasil Lypkivskiy str., Kyiv,
03035, Ukraine, tel./fax (044) 206-31-87,
e-mail: dei2005@ukr.net

Голові спеціалізованої вченої ради Д
26.062.03 у Національному
авіаційному університеті МОН
України

03058, м. Київ, просп. Космонавта
Комарова, 1, НАУ.

ВІДГУК

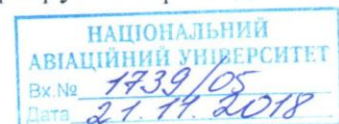
офіційного опонента,
проректора з наукової роботи

Державної академії післядипломної освіти та управління,
Міністерства екології та природних ресурсів України,
доктора технічних наук, професора *МАШКОВА Олега Альбертовича*
на дисертацію *ТИХОНОВА Іллі Валентиновича*
за темою: «*Методологічні основи поліергатичного забезпечення навігації
та управління рухом водних транспортних засобів (цільова технологія
безпеки)*»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.22.13 – навігація та управління рухом

Актуальність теми дисертації.

Відомо, що транспорт є однією з базових галузей економіки. Транспортна галузь України має розгалужену залізничну мережу, розвинуту мережу автомобільних шляхів, морські порти та річкові термінали, аеропорти та широку мережу авіаційних сполучень, мережу маршрутів громадського



пасажирського транспорту, автобусних станцій та вантажних митних терміналів. Це створює необхідні передумови для задоволення потреб населення у наданні транспортних послуг та розвитку бізнесу.

Так, у Чорноморському та Азовському басейнах, а також дельті Дунаю працюють 13 морських портів, сукупна потужність вантажообробки яких становить близько 230 млн тонн на рік. Територією України простягається 1 562,6 км судноплавних водних шляхів. Функціонує розвинута мережа паромного сполучення, морських контейнерних ліній, що з'єднують Україну з країнами-партнерами в Чорноморському регіоні. Національна мережа автомобільних доріг загального користування становить 169 643 км. Експлуатаційна залізнична мережа України є однією з найбільших у Європі та сягає близько 19 790 км, з яких 9 354,8 км (47,3 %) електрифіковані. Наявна диференційована мережа авіаційних сполучень. Україна є транзитним транспортним мостом, що поєднує країни Європи, Азії та Сходу.

В Азово-Чорноморському басейні багато зручних бухт і сьогодні тут функціонують Чорноморське, Азовське та Українсько-Дунайське пароплавства, що володіють транспортним флотом сумарною вантажністю 5,2 млн. т і пасажирським флотом на 9,9 тис. пасажирів. В басейні розташовані 18 морських портів, через які здійснюється значна частина експортно-імпортних операцій України. Навігація в Азовському морі та на річках Дніпро і Південний Буг ускладнюється малою глибиною і замерзанням взимку. Через порти Чорного і Азовського морів здійснюються зовнішньоекономічні зв'язки України. Основними експортними вантажами є кам'яне вугілля, залізна руда, кокс, чорні метали, ліс, цукор, хімічні продукти тощо; імпортними вантажами - машини, устаткування мінерально-сировинні ресурси тощо. Із загального обсягу експортних вантажів на мінеральні будівельні матеріали припадає 20 %, руду – 10 %, зерно та зернопродукти - 14, нафту й нафтопродукти – 3,5, вугілля – 5%,. У структурі вантажних морських перевезень значно переважають наймасовіші вантажі, які займають чільне місце і у структурі експортно-

імпортних поставок України. Більша частина вантажообігу морського транспорту припадає на наливні вантажі - нафту та нафтопродукти. Суховантажі мають меншу питому вагу. В їхній структурі переважають основні масові вантажі, потім - генеральні та другорядні масові. Експортуються морські транспортні послуги. Український торговельний флот досяг критичного віку і, якщо не буде здійснено його радикального оновлення, всього за 6-10 років його витіснять іноземні конкуренти. Для освоєння нових вантажопотоків необхідно поповнити флот спеціалізованими суднами, в першу чергу танкерами і метановозами. Потреба України (окрім танкерів та газовозів) становить 117 вантажних транспортних суден вантажністю 1,1 млн.т і пасажирських суден на 10 тис. місць. У перспективі темпи оновлення флоту повинні зберегтися. Маючи власну добре розвинуту суднобудівну промисловість, Україна може щорічно оновлювати свій флот. Морський транспорт служить для зовнішньоекономічних зв'язків. Це руди чорних і кольорових металів, кам'яне вугілля, кокс, нафта і нафтопродукти, мінеральнобудівельні матеріали. Каботажні перевезення (між портами однієї держави, портами різних морів) займають незначне місце в загальному обсязі перевезень. У зв'язку з тим, що вони здійснюються на невелику відстань (в середньому не більше як на 130-150 км), частка їх у вантажообороті незначна. Зокрема, в Азовському морському пароплавстві в структурі цих перевезень домінує керченська залізна руда, що надходить на металургійні підприємства м. Маріуполя, а у зворотному напрямі -- донецьке кам'яне вугілля і кокс. У каботажних перевезеннях серед вантажів переважають мінеральні будівельні матеріали. Експортно-імпортні перевезення вантажів морським транспортом здійснюються в середньому на відстань до 8 тис. км і більше, внаслідок чого їх частка у вантажообороті морського транспорту перевищує 96%. Зміна економічних пріоритетів у зовнішній торгівлі, розрив колишніх транспортно-економічних зв'язків призводять до перерозподілу вантажопотоків: у зв'язку із зменшенням видобутку нафти в Росії. Необхідно забезпечити регулярне

ввезення (до 20 млн. т на рік) сирової нафти з країн Близького Сходу або Південного Середземномор'я. Змінилися обсяги ввезення цукру-сирцю з Куби, зерна й інших продуктів для Росії та інших країн СНД із США, Австралії, Аргентини. Через зупинку багатьох підприємств значно збільшився імпорт машин, устаткування, продуктів харчування з країн Західної Європи. (Серед нетрадиційних вантажопотоків можна виділити імпорт зкращеного газу (17 млрд. м³), експорт марганцевої руди, цементу (до 3 млн. т), сірки (2 млн. т), мазуту (до 20 млн. т). Для освоєння нових вантажопотоків необхідно поповнити флот спеціалізованими суднами, а саме танкерами та газовозами. Надання вітчизняним судноплавним компаніям в період економічної кризи знижок в розмірі не менше 20 % строком на три роки не заперечує нормам Всесвітньої організації торгівлі і в той же час забезпечить українським підприємствам умови для нормальної роботи.

У теперішній час розвиток промисловості та технологій у світі викликає необхідність суттєвого підвищення інтенсивності транспортних перевезень на морських та річкових водних шляхах. Тому збільшення кількості, розмірів, швидкості, типів суден та інших водних рухомих об'єктів (водних транспортних засобів) підвищує ймовірність аварійних подій та пов'язаних з ними економічних та екологічних збитків.

Суттєве розширення перевезень на водних шляхах неможливі без гарантованого забезпечення безпеки руху водних транспортних засобів, особливо в районах з обмеженими габаритами та іншими зонами підвищеного ризику плавання. 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 залежить від характеристик водного транспортного засобу як об'єкту управління, інших виникаючих перешкод навколо водного транспортного засобу та зовнішніх природних факторів. Забезпечення функціональної

стійкості складної динамічної системи, в якій знаходиться водний транспортний засіб в зоні підвищеного ризику плавання, може бути здійснено лише за умов безперервної адаптації до небезпечних умов плавання. Неузгодженість ситуаційної взаємозалежності навігаційних просторово-часових координат рухомих водних транспортних засобів і законів управління їх рухом призводить до того, що рівень аварійності світового морського флоту у зоні підвищеного ризику плавання до цього часу кардинально не знижується, незважаючи на дослідження закордонних та вітчизняних вчених, спрямованих на створення більш ефективних навігаційних програмно-апаратних комплексів водних транспортних засобів.

Тому питання побудови транспортних полієргатичних інформаційно-управляючих систем, які обслуговують потоки водних транспортних засобів в зонах підвищеного ризику плавання в умовах невизначеностей та загроз є актуальними. З метою створення систем, які здатні гарантувати безпечне плавання водних транспортних засобів, в роботі сформульовані методологічні основи полієргатичного забезпечення навігації та управління рухом водних транспортних засобів.

Незважаючи на значну кількість теоретичних та експериментальних досліджень у напрямку побудови берегових транспортних інформаційно-управляючих систем, які обслуговують потоки водних транспортних засобів в зонах підвищеного ризику плавання в умовах невизначеностей, на цей час більшість опублікованих результатів закордонних та вітчизняних вчених є розрізненими та несистематизованими.

До цього часу не розроблені методологічні основи полієргатичного забезпечення систем навігації та управління рухом водних транспортних засобів, у межах якого відбувається взаємодія транспортної інформаційно-управляючої системи з бортовими багатофункціональними комплексами. Кінцевий ефект безпеки судноплавства досягається шляхом інтегрування всіх компонентів систем навігації та управління рухом, включаючи методи та

засоби автоматизації управління рухом водних транспортних засобів, з використанням інтегрованих комплексів обробки інформації. Такі програмно-апаратні комплекси системи навігації та управління рухом водних транспортних засобів повинні гарантувати безпеку плавання в будь-яких зонах підвищеного ризику плавання та гідрометеорологічних умовах.

Інтегровані критерії безпеки плавання на водних шляхах мають бути забезпечені за умов безперервної адаптації до небезпечних умов плавання, що залежать від характеристик водних транспортних засобів, інших рухомих об'єктів та виникаючих перешкод, а також від впливу навколишнього природно-соціального середовища.

З урахуванням цього потрібні спеціальні знання з полієргатичного програмно-апаратного забезпечення безпеки судноплавства в умовах невизначеностей та загроз для використання технічних можливостей засобів спостереження, зв'язку, управління та навігаційного обслуговування водних транспортних засобів. Тому вибір теми дисертації є актуальним.

Аналіз літератури показав, що на сьогоднішній день напрацьовано різні методи, механізми, принципи і методики оцінювання характеристик полієргатичного забезпечення навігації та управління рухом водних транспортних засобів як цільова технологія безпеки.

При вирішенні цієї проблеми автор у своїх дослідженнях спирався на праці вітчизняних і зарубіжних вчених, які зробили значний внесок у розвиток теорії навігації та управління рухом водних транспортних засобів.

Усі ці напрями та чинники об'єднує загальне наукове завдання, - розроблення науково-методологічних основ підвищення безпеки судноплавства морських та річкових водних транспортних засобів та їх потоків.

Тому тема дисертаційної роботи Тихонова Іллі Валентиновича, яка присвячена вирішенню цієї науково-технічної проблеми рішення є актуальною.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Автор добре розуміє специфіку задачі, що розглядається у дисертації та коректно формулює її постанову. Аналіз сучасного стану безпеки судноплавства та виявлення протиріч й шляхів покращення процесів навігації та управління рухом водних транспортних засобів, аналіз статистичних даних з аварійності та проблемних питань поліергатичних систем навігаційного обслуговування на світовому флоті і на морському та річковому транспорті України, аналіз міжнародної та вітчизняної нормативної бази та сучасних світових тенденцій для удосконалення безпеки судноплавства, які виконано досить кваліфіковано, склали основу для обґрунтування методу гарантування безпечного плавання в умовах неоднорідності фізичних полів у зоні руху водних транспортних засобів

Тому автор при синтезі моделей поліергатичних систем з властивостями гарантованого адаптивного управління з контролем індивідуального стану судноводія та розробці методу забезпечення неперервного безаварійного поліергатичного управління у випадках проявів загроз в локальній зоні судноводіння з використанням новітніх міжнародних технологій, обґрунтовано використовує наукові методи: системного аналізу; ймовірності; прогнозу та ретроспективного аналізу динамічних послідовностей; математичної статистики, ігор та моделювання; діагностики та контролю індивідуального стану оператора водного транспортного засобу; 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 зоні підвищеного ризику плавання.

Результати 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.

Під час проведення досліджень автор спирається на відомі факти та наукові досягнення в обраній сфері, які отримані з використанням апробованого математичного апарату, який є адекватним полієргатичним системам спостереження, розпізнавання об'єктів, навігації та управління рухом водних транспортних засобів в зонах підвищеного ризику плавання.

Запропоновані автором практичні рекомендації ґрунтуються на розробленому ним науково-методичному апараті, який є достатньо чутливим для відповідних змін вихідних даних.

Відмічаю, що наукові положення та рекомендації, які сформульовані у висновках зроблено науково обґрунтовано і логічне по результатам експериментальних досліджень (моделювання) запропонованого підходу до інтелектуальної обробки потоків навігаційних даних шляхом відпрацювання на тренажері системи відтворення електронних карт SeeMYENC.

Достовірність одержаних результатів.

Достовірність наукових положень, які захищаються здобувачем, висновків і рекомендацій підтверджується їх відповідністю методології дослідження поставленого наукового завдання; повнотою розгляду на теоретичному і експериментальному рівнях об'єкту дослідження, що охоплюють його змістовні і процесуальні характеристики; застосуванням комплексу методів, адекватних предмету дослідження і можливістю відтворення результатів дослідження.

Достовірність і обґрунтованість результатів дисертації ґрунтуються на:

- використанні результатів аналізу сучасного стану безпеки судноплавства та виявлення протиріч й шляхів покращення процесів навігації та управління рухом водних транспортних засобів;

- коректності застосування методу гарантування безпечного плавання в умовах неоднорідності фізичних полів у зоні руху водних транспортних засобів;
- узгодженістю із наявними результатами інших авторів, які надруковано у вітчизняній та зарубіжній літературі;
- даних про їх успішне практичне застосування при комп'ютерному моделювання, та порівняння отриманих результатів з відомими даними дослідників в галузі навігації та управління рухом.

Новизна одержаних результатів.

У дисертації вирішено актуальну науково-технічну прикладну проблему розроблення методологічних основ поліергатичного забезпечення навігації та управління рухом водними транспортними засобами 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.

Фактичні дані вітчизняної та міжнародної статистики аварійності за останні десятиріччя свідчать про наявність суперечності в практиці використання водними транспортними засобами 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 водних транспортних засобів та, відповідно, кількість загиблих та травмованих під час аварій.

Наукові дослідження, аналіз статистики та нормативних документів і стандартів ІМО (International Maritime Organization – Міжнародна морська організація) дозволяють стверджувати, що людський фактор не є єдиною причиною загибелі водних транспортних засобів 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 вивід рухомих водних транспортних засобів у локально обмежений безпечний простір з визначеними просторовочасовими координатами.

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 проведених досліджень полягає в необхідності визначати трансверсальні траєкторії рухомих водних транспортних засобів в умовах усіх наявних поточних загроз фізичних польових середовищ, спрямованих на неперервний під час рейсу рух водного транспортного засобу в безпечних, безаварійних локальних областях гарантованого запобігання контакту з небезпечними об'єктами та несприятливими явищами зовнішнього навколишнього середовища.

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 водних транспортних засобів, а також функціонування національної системи управлінням безпекою судноплавства.

На основі розробленої автором методом безаварійного руху водних транспортних засобів у локально обмеженій безпечній області навігації 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 водного транспортного засобу, та гарантовано забезпечується відсутність контактної взаємодії.

Обґрунтовано доцільний склад показників та критеріїв для завчасного упередженого дистанційного виявлення та розпізнавання і кваліфікації гетерогенних загрозових збурень та небезпечних об'єктів у конкретній зоні судноводіння під час рейсу водного транспортного засобу заздалегідь спланованим маршрутом з урахуванням закономірностей динамічних природних процесів у нестационарному середовищах, що впливає на якість навігаційного обслуговування в конкретних зонах просторово-часового континуума.

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 водних транспортних засобів.

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

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 водному транспортному засобі, визначені еталонні моделі адаптивного та ергатичного управління для гарантування безпеки судноплавства в умовах ризиків. Це дозволило нормативно врегулювати питання щодо обов'язкової тренажерної підготовки судноводіїв.

В роботі запропоновано принципи гарантованого адаптивного управління в ієрархічних системах навігаційного обслуговування засобів водного транспорту та змінних транспортних потоків. Аксиома

Розроблено метод аксіоматизації процедур для прискорення алгоритмічних перетворень в інтелектуальних системах навігації та управління рухом водних транспортних засобів.

Проаналізовано ефективність забезпечення технології підтримання прийняття рішень та запропонована інтегрована схема інформаційного обміну в межах складної динамічної системи, побудованої на принципі стратегії “e-Navigation”.

Доведено якість принципів полієргатичного забезпечення інтегрованих показників ефективності гетерогенних систем навігації та управління рухом водних транспортних засобів.

В роботі запропоновано технологію раціонального розподілу функцій в ієрархічних системах навігації та управління для підвищення безпеки судноплавства.

Сформовано методологічні основи ситуаційного синтезу взаємодії полієргатичних систем для підвищення рівня безпеки судноплавства в умовах ризиків.

Запропоновано використання паралельної самоорганізації паралельних засоби, що формують процеси самонавчання і самоорганізації в складних динамічних системах з покроковою координацією у просторово-часовому континуумі.

Розроблено метод комплексного узгодження ієрархічної ситуативної взаємодії підсистем прийняття рішень в режимі реального часу при реалізації рейсу на внутрішніх водних шляхах.

Визначено та обґрунтовано типові уніфіковані моделі і правила оцінювання ефективності застосування техніко-технологічних рішень з визначення навігаційних параметрів.

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.

В роботі розроблено структурно-функціональну модель ієрархічної взаємодії підсистем технологічної діагностики та контролю стану засобів реалізації маневрених антикризових дій. Рекомендовано методику цілісності функціональної захищеності полієргатичних систем навігації та управління рухом водних транспортних засобів на кожному етапі її реорганізації.

Автором розроблено технологію підвищення рівня інтелектуалізації на базі принципів універсального семантичного кодування лінгвістичних повідомлень для суден-газовозів.

Визначено умови упереджених прогнозних розрахунків із застосуванням АІС (Automated Identification System – автоматизована ідентифікаційна система) при проведенні моніторингу руху водних транспортних засобів в територіальних водах України вздовж узбережжя Чорного та Азовського морів.

Новизна одержаних в дисертаційній роботі результатів визначається наступним.

У дисертації розв'язано важливу науково-технічну прикладну проблему розроблення методологічних основ полієргатичного забезпечення навігації та управління рухом водних транспортних засобів 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 і отримано наступні нові наукові результати, а саме:

ВПЕРШЕ:

запропоновані науково-методологічні основи та концепцію ієрархічної цільової взаємодії полієргатичних систем навігації та управління рухом водних

транспортних засобів 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;

розроблено метод гарантування безпечного плавання в умовах неоднорідності фізичних полів у зоні руху водних транспортних засобів 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 водних транспортних засобів 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;

проведено синтез моделей полієргатичних систем з властивостями гарантованого адаптивного управління з контролем індивідуального стану судноводія, який завдяки дослідженням закономірності діяльності судноводіїв в системах навігаційного обслуговування і управління рухом, використанню моделювання методів керування водним транспортним засобом та запропонованої покрокової процедури виконання програми навчання судноводіїв забезпечує в ієрархічних системах навігаційного обслуговування конкретного водного транспортного засобу на водних акваторіях в змінних транспортних потоках ефективний рівень гарантованого адаптивного управління та скорочення часу на виконання конкретних задач судноводіння;

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

НАБУВ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ:

метод організації 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, які дозволяють здійснювати спостереження та аналіз руху водних транспортних засобів 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 водних транспортних засобів на цих акваторіях.

Таким чином, запропоновані моделі, методи, методики і алгоритми забезпечують підвищення безпеки судноплавства морських та річкових водних транспортних засобів та їх потоків.

ФОРМАЛІЗОВАНО:

умови функціональної стійкості полієргатичних систем з дослідженням моделей підвищення ефективності процесів навігації та управління рухом водних транспортних засобів 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 водних транспортних засобів на внутрішніх водних шляхах; підвищення ймовірності безпечного

руху водних транспортних засобів на річкових внутрішніх водних шляхах, а також зменшення часу рейсу водних транспортних засобів на р. Дніпро.

Аргументування та критичне оцінювання порівняно з відомими рішеннями запропонованих автором нових рішень.

Сьогодні можливо визначити, що розробка та впровадження методологічних основ поліергатичного забезпечення навігації та управління рухом водних транспортних засобів є новим перспективним науковим напрямом дослідження. Зараз працюють або готуються до розгортання різні системи навігації водних транспортних засобів.

Питання застосування сучасних автоматизованих систем навігації та управління рухомими об'єктами досліджені Асланяном А.Е. Азарсковим В.М., 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., Захаріна Ф.М., 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 Машковим О.А., Барабашом О.В., Кравченко Ю.В., Неділько С.М., Беляєвським Л.С., Кононовим О.А.

Питаннями безпеки рухомих об'єктів займалися Ельвін Руке, Мюсен Боргер Аннэ, Ваа Трус.

Питання функціональної стійкості навігаційного обслуговування безпеки судноплавства на внутрішніх водних шляхах та побудови функціонально стійкого навігаційного обслуговування об'єктів водного транспорту в зонах підвищеного ризику плавання розглянуто у працях Г.Л. Баранова, А.М. Носовського.

Міронова В.Л. обґрунтувала адаптивну інтелектуалізацію інформаційно-аналітичної технології з безпеки руху високошвидкісних транспортних засобів та запропонувала засоби адаптивної інтелектуалізації технології підвищення безпеки руху високошвидкісних транспортних засобів.

Способи оцінювання небезпеки зіткнення в системах керування рухом суден запропонували А.С. Мальцев, А.П. Бень, Нгун Тхань Шон.

Сучасні бортові багатофункціональні комплекси систем навігації та управління рухом високошвидкісних транспортних засобів побудовані на принципах інтеграції наступних автоматизованих програмно-апаратних комплексів: диференціальної глобальної супутникової системи (Differential GPS/GLONASS/GALILEO/інші); безплатформених інерційних систем навігації та мікромеханічних інерціальних датчиків (БІНС-INS); радіолокаційних засобів прокладки траєкторії руху (ARPA); електронних картографічних навігаційно-інформаційних систем (ECDIS). Диференціальні, локальні та інтегровані компоненти з активною участю інтелектуальних агентів системи (IAS-Human) забезпечують: багатофункціональність за вимогами замовників; оптимальний розподіл функцій на межі людино-машинної взаємодії; швидкодію під час полієргатичного розв'язку практичних задач гарантування майбутніх подій в складних динамічних системах транспортної галузі. На жаль, традиційні вищезначені численні засоби суттєво не зменшили аварійність інтелектуальних транспортних систем.

Питанням судноводіння в акваторіях присвячено багато робіт закордонних та вітчизняних вчених. Але рівень аварійності на водних шляхах не зважаючи на значний розвиток засобів автоматизації, комп'ютеризації та інформатизації компонент сучасних систем навігації та управління рухом водних транспортних засобів поки ще не змінюється. Різноманіття конкретних аварій та катастроф суден обумовлено взаємозалежністю між багатьма процесами, які здійснюються у межах складної динамічної системи відкритої до повної сукупності всіх впливів на судно 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 зоні підвищеного ризику плавання набуває теоретичний й практичний розвиток. Між тим, підвищення ефективності систем навігації та управління рухом водних транспортних засобів потребує подолання додаткових труднощів, які раніше не враховувались, або більш повно не визначались як задачі оперативного управління та забезпечення функціональної стійкості даного класу суден-газовозів. Постановка задачі Морська навігація стародавня та в той же час дуже складна область знань, яка необхідна для розв'язку поточних задач системи навігації та управління рухом у будь-якому місцеположенні водного транспортного засобу, у будь-який час дня й року, у будь-яких (нормальних, предаварійних, екстремальних та аварійних) режимах експлуатації, при різноманітних збігах обставин у зоні підвищеного ризику плавання стосовно взаємодії явищ та процесів соціотехнологічних й природних варіацій багатьох факторів і параметрів.

Актуальність розвитку професійної підготовки операторів складних технічних систем обумовлена накопиченням протиріч між теорією та практикою експлуатації різноманітних ергатичних (людиномашинних) засобів забезпечення безпеки руху на транспорті. Дійсно, відомо, що незважаючи на значні зусилля закордонних та вітчизняних вчених, проєктантів, інженерів, технологів, фахівців з професійної підготовки операторів для високошвидкісних транспортних засобів, а також оснащення транспортних засобів сучасними технічними засобами, до цього часу рівень аварійності на транспорті кардинально не знижується. Соціум розвинутої цивілізації на базі поліергатичних виробничих організацій з різноманітними видами високошвидкісних транспортних засобів (космічні, повітряні, водні, наземні, підводні, підземні та гібридні) суттєво втрачає найцінніші ресурси при катастрофічних подіях. Життя членів екіпажу та пасажирів, цінний вантаж,

витрати на транспортні роботи та на ліквідацію наслідків аварійної події, екологічного забруднення довкілля, імідж перевізника тощо – все це залежить від того, чи перетвориться потенційна аварія у катастрофу. Сучасний стан досліджень Аналіз сучасного стану досліджень за напрямом безпеки руху водних транспортних засобів та підготовки операторів, що оперативно приймають різноманітні рішення у поточних експлуатаційних умовах, які неперервно змінюються, показує, що на кінцевий результат – безаварійний рух та забезпечення транспортної роботи – впливають багато різноманітних факторів та чинників. Вони класифікуються на природні, соціотехнологічні, людські (персонально-особисті) та інтегровані засоби управління об'єктами зі складною взаємодією між компонентами єдиної системи. Саме підвищення складності єдиної системи стимулює поглиблення досліджень за окремими частковими напрямками, кількість яких зростає. Наприклад, особливості гідродинаміки суден та відповідних законів управління ними для водного транспорту були досліджені Воробйовим Ю.Л., Горбом С.І., Міюсовим М.В., Некрасовим В.О., Сізовим В.Г. та багатьма іншими вітчизняними та закордонними вченими. Навігаційна безпека та її складові часткові задачі розв'язувались у роботах Олексійчука М.С., Алексішина В.Г., Беляєвського Л.С., Бень А.П., Вагущенка Л.Л., Гладкіх І.І., Кошового А.А., Кошового В.М., Мальцева А.С., Цимбала М.М. Але у багатьох державах світу рівні техніки, технології, автоматизації та підготовки конкретних професійних операторів суттєво змінилися особливо за попередні 20 років. Інноваційні зміни у радіоелектронній техніці, інформаційних технологіях, теорії та практиці автоматизованого (ергатичного) управління суттєво впливають на характер професійної роботи кожного оператора поліергатичної виробничої організації. Розвинена ієрархічна організація, спеціалізація та уніфікація видів роботи (операційних актів) у поточних змінних умовах потребують уваги до гарантування необхідного рівня безаварійності.

Функціональна стійкість поліергатичної виробничої організації залежить від кожного взаємопов'язаного рівня (вищого та нижнього рангів) ієрархічної організації, де ключову роль грає раціональний розподіл функцій у відповідних ергатичних постах систем навігації та управління рухом водними транспортними засобами. 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 катастрофічними наслідками) є актуальною, своєчасною, науково-прикладною задачею, яка ще не розв'язана у вигляді конструктивної технології гарантування безпеки руху водних транспортних засобів.

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

Об'єктом дослідження є процеси в ієрархічних поліергатичних системах навігаційного обслуговування й організації управління рухом водних транспортних засобів та їх потоків. Предмет досліджень – методи, моделі та засоби комплексної обробки інформації та способи їх застосування в поліергатичних системах спостереження, розпізнавання об'єктів, навігації та управління рухом водних транспортних засобів в зонах підвищеного ризику плавання.

Для досягнення поставленої мети автором виконано наступне:

- здійснено аналіз сучасного стану безпеки судноплавства та виявлено протиріччя й шляхи покращення процесів навігації та управління рухом водними транспортними засобами;

- розроблено та обґрунтовано метод гарантування безпечного плавання в умовах неоднорідності фізичних полів у зоні руху водного транспортного засобу;

- синтезовано моделі поліергатичних систем з властивостями гарантованого адаптивного управління з контролем індивідуального стану судноводія;

- обґрунтовано метод забезпечення неперервного безаварійного поліергатичного управління у випадках проявів загроз в локальній зоні судноводіння з використанням новітніх міжнародних технологій;

- формалізовано умови функціональної стійкості поліергатичних систем з метою утримання рівня безпеки руху водних транспортних засобів на внутрішніх водних шляхах;

- побудовано організацію 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.

Усі вище визначені чинники визначають аргументування та критичне оцінювання запропонованих автором нових рішень порівняно з відомими рішеннями.

Практична значимість та важливість для галузі полягає в створенні теоретико-прикладних основ забезпечення гарантованого підтримання рівня безпеки судноплавства за рахунок запровадження новітніх методологічних основ поліергатичного забезпечення навігаційного обслуговування водних транспортних засобів та систем навігації та управління рухом. При цьому виконані дослідження, розроблені методи, моделі та засоби, які забезпечили досягнути практично важливі результати:

- скоротити час на оперативне прийняття рішень в маневрених операціях водних транспортних засобів;

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

- врахувати найбільш загрозливі фактори динамічного впливу неоднорідного ситуативного нестационарного середовища, що безпосередньо впливають на корпус водного транспортного засобу в зоні підвищеного ризику плавання;

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

- посилити взаємодію компонентів програмно-апаратних комплексів водних транспортних засобів за рахунок ідентифікованих процедур самонавчання в перехідних маневрених режимах швидкого реагування автоматизованих засобів навігації та управління з багатоконтурними підсистемами автоматичного керування енергетичною системою (органи керування) водного транспортного засобу;

- адаптувати систему попередження про кваліфіковані загрози зіткнення для підвищення якості обслуговування та безпеки руху водних транспортних засобів на водних шляхах до фактичних умов плавання в територіальних водах України;

- забезпечити більш високе значення ймовірності безпечного руху водних транспортних засобів (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 водного транспортного засобу на р. Дніпро на 17,8 %;

- визначити організацію 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, які дозволяють із запізненням не більше ніж 0,5 с. здійснювати спостереження та

аналіз руху водних транспортних засобів на встановлених акваторіях плавання в територіальних водах України та проводити упереджені прогностні розрахунки вірогідності аварійних подій при фактичній спостереженої інтенсивності руху (1508 водних транспортних засобів за рік в обох напрямках на визначеному конкретному фарватері) та в умовах зростання в 2, 5 та 10 разів інтенсивності руху водних транспортних засобів на цих акваторіях.

Практичне застосування і значимість розроблених у дисертації концептуальних і теоретичних положень підтверджується патентом на корисну модель, зареєстрованим в Державному реєстрі патентів України, та актами впровадження в організаціях (Державний університет інфраструктури та технологій, Річкова інформаційна служба філії «Дельта-лоцман» ДП «Адміністрація морських портів України», Державна установа «Держгідрографія», Державне підприємство водних шляхів «Укрводшлях», Київський центр підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації фахівців водного транспорту).

Оцінка змісту дисертації, її завершеність у цілому, відповідність оформлення дисертації вимогам, затвердженим МОН України.

У *вступі* наведено загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми досліджень, сформульовано мету та задачі досліджень, визначено об'єкт, предмет, розкрито зв'язок роботи з державними планами та програмами, показано наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, відзначено особистий внесок автора, наведено дані про апробацію та практичне впровадження, публікації та структуру роботи.

В *першому розділі* проведено аналіз сучасного стану безпеки судноплавства та виявлені протиріччя і шляхи покращення процесів навігації та управління рухом водних транспортних засобів. Здійснено аналіз статистичних даних з аварійності та проблемних питань поліергатичних систем навігаційного обслуговування на світовому флоті і на морському та річковому транспорті України, надана загальна характеристика сучасного стану безпеки

судноплавства с особливостями управління системи безпеки судноплавства на водних шляхах в зоні відповідальності України та заходах, які були вжиті для забезпечення функціонування Державної системи забезпечення безпеки судноплавства на водних шляхах України, зокрема запровадження системи моніторингу надводної обстановки вздовж узбережжя Чорного та Азовського морів та Річкової інформаційної служби. Проведений аналіз тенденцій в управлінні системою безпеки судноплавства в Україні в останні роки, проблем галузі морського і річкового транспорту, в першу чергу проблем функціонування системи забезпечення безпеки судноплавства на управлінському та організаційному рівнях. Визначено, що у наслідок втрати функцій управління системою безпеки має місце суттєве підвищення рівня аварійності на морському та річковому транспорті. Одною з причин цього визначена відсутність або недостатність комплексного застосування засобів і систем автоматизації судноводіння як на водних транспортних засобах, так і на берегових постах спостереження та регулювання рухом водних транспортних засобів, в першу чергу в районах інтенсивного судноплавства. Проведені статистичні дослідження та аналіз аварій на водних шляхах засвідчили про суттєвий вплив на показник рівня аварійності якості процесів навігації та управління рухом водних транспортних засобів, а також функціонування національної системи управлінням безпекою судноплавства. Проведено аналіз міжнародної та вітчизняної нормативної бази та сучасних світових тенденцій, направлених на удосконалення безпеки судноплавства, зокрема створення та запровадження в світовому судноплавстві комплексної системи електронної навігації «e-Navigation» та її важлива роль в інтеграції новітніх морських технологій і зменшення впливу людського фактору на судноводіння. Наведено інформацію щодо запровадження системи оцінки ризиків та керування ризиками в сфері безпеки судноплавства. Проведено аналіз відомого науково-методичного апарату і надані пропозиції щодо його вдосконалення для ергатичного розв'язання задач організації та технічного забезпечення

управління рухом водних транспортних засобів при впливі зовнішнього середовища. Сформульована гіпотеза трансверсальних траєкторій складних динамічних систем у нестационарних полях фізичного середовища. Проблему поліергатичного забезпечення гарантованого адаптивного управління в складній динамічній системі представлено у вигляді композицій з відповідних кортежів. При цьому враховуються:

- вихідні дані: модель зовнішнього середовища; технології прийняття рішення ергатичною системою; множина факторів, що впливають на прийняття рішення; ситуація, в якій проходить рейс реального водного транспортного засобу; умови наявності енергоресурсів для еволюції рейсу водного транспортного засобу;

- обмеження за рахунок наявності умов невизначеності: рівень невизначеності задачі прийняття рішення; очікувані (неочікувані) умови експлуатації; дії, що необхідно здійснити в очікуваних (неочікуваних) умовах експлуатації водних транспортних засобів;

- розрахункові дані: множина цілей в околі водного транспортного засобу; множина критеріїв прийняття рішень; множина альтернативних рішень для завершення безпечного рейсу водного транспортного засобу; множина наслідків вибору альтернативи завершення безпечного рейсу водного транспортного засобу; вектор характеристик наслідків, результатів вибору альтернативи завершення рейсу водного транспортного засобу;

- множина ймовірностей виникнення наслідку прийняття рішення;

- моделі еталонної поведінки судноводія;

- переваги ергатичної системи в конкретній ситуації вибору;

- вектор поведінки судноводія, модель прийняття рішення, модель розвитку маневреної ситуації, вектор прийняття рішення, вектор розвитку ситуації, вектор прогнозування розвитку ситуації, множина раціональних стратегій для реалізації безпечного маневру.

У *другому розділі* розроблено та обґрунтовано метод гарантування безпечного плавання в умовах неоднорідності фізичних полів у зоні руху водного транспортного засобу. При цьому обґрунтовані принципи існування безпечного руху водного транспортного засобу під час наближення загрозливих факторів зовнішнього навколишнього оточуючого середовища. Алгебраїчно-символьна формалізація інтелектуальних систем здійснюється за рахунок упередженого спостереження у просторово-часовому континууму з прогнозними координатами та зон маршруту відносно поточної позиції місцезнаходження рухомого водного транспортного засобу. Визначено, що у разі знаходження водного транспортного водного засобу в умовах впливу факторів нестационарного навколишнього природного середовища зростають ризики опинитись у аварійному (передаварійному) стані.

З метою визначення параметрів безпечного руху водного транспортного засобу під час здійснення реального рейсу запропонована адаптація руху водного транспортного засобу до змінних умов внутрішніх станів габаритної смуги руху, інтенсивності руху та зовнішніх дій факторів зовнішнього несприятливого оточуючого середовища. Розподіл функцій між компонентами складної динамічної системи неможливий без комплексної конструктивної адаптації за багатьма критеріями стосовно режимів роботи водного транспортного засобу, включаючи швидкість його руху та реагування на збурення. Багатокритеріальна оптимізація з використанням додаткового бортового багатофункціонального комплексу дозволяє водному транспортному засобу реалізувати безаварійний та беззбитковий режим транспортних перевезень з запланованою швидкістю в умовах впливу змінних факторів зовнішнього несприятливого оточуючого середовища. Запропоновано новий підхід до формалізації задач технічної діагностики та контролю станів процесів циркуляції інформаційних потоків у ієрархічних полієргатичних системах з паралельно керованими підсистемами при використанні розподілених у просторі наявних засобів телекомунікації, локальних мереж зв'язку,

спостереження, розпізнавання та класифікації об'єктів у зонах навігаційного обслуговування та управління рухом водних транспортних засобів. Запропонована методика оцінювання ефективності усього рейсу або будь-якого фрагменту дозволяє інтегрувати процедури адаптації, навчання та розподілу функцій між людиною та водним транспортним засобом, що швидко рухається та маневрує. Необхідні технічні засоби програмно-апаратного комплексу реалізуються шляхом автоматизації нових технологічних процесів з автоматичним точним оцінюванням ключових градацій та системою прийняття у реальному часі ключових рішень при потенційних загрозливих ситуаціях складного динамічного об'єкта.

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

У третьому розділі проведено синтез моделей поліергатичних систем, що мають властивості гарантованого адаптивного управління, з контролем індивідуального стану судноводія. Для діагностики та контролю індивідуального стану судноводія запропонована методика моделювання поведінки та методів керування водних транспортних засобів судноводіями в екстремальних умовах на навігаційному тренажері з послідовністю контрольованих кроків придбання досвіду для оперативного управління в реальних ситуаціях в системах навігації та управління рухом конкретного водного транспортного засобу. Первісна діагностика характеристик конкретного судноводія направлена на визначення реальних індивідуальних особливостей по каналу <сенсорна чутливість – когнітивна обробка отриманих

даних – прийняття рішення в поточній екстремальній ситуації – м'язова реалізація раціонального і безпечного закону управління рухом водного транспортного засобу.

Визначено, що запропоновані ергатичні технології управління рухом водними транспортними засобами в умовах подолання реальних ризиків наближення аварій за допомогою автоматичних динамічних адаптерів здатні завдяки методам самонавчання, самоорганізації та реконфігурації змінювати розподіл функцій на межі людино-машинного інтелектуального інтерфейсу. Це в свою чергу гарантує рівень безпеки руху водних транспортних засобів при загрозованих факторах впливу нестационарного зовнішнього несприятливого середовища. Завчасний швидкий автоматичний, адекватний поточній ситуації перерозподіл функцій повинен повністю використовувати властивості ITS в нормальних, передаварійних та аварійних режимах експлуатації конкретних водних транспортних засобах.

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

Стратегія «e-Navigation» та системи електронної картографії запроваджуються в світовому морському судноплаванні ІМО як найважливіші засоби навігації і підтримання прийняття рішень. До складу суднових та берегових засобів і систем забезпечення безпеки судноплавства входять: електронні картографічні навігаційно-інформаційні системи (ECDIS), автоматизовані ідентифікаційні системи (AIS), супутникові навігаційні системи GPS/ГЛОНАСС/Galileo, інтегровані навігаційні системи (INS), інтегровані системи управління навігаційним містком (IBS), радіолокаційні станції (RADAR), засоби автоматичної радіолокаційної прокладки (ARPA), засоби Глобальної морської системи зв'язку у разі лиха та для забезпечення безпеки (GMDSS), реєстратори даних рейсу (VDR), система дальньої ідентифікації та

спостереження за суднами (LRIT), суднові системи аварійного сповіщення на містку (BNWAS), системи управління рухом ВТЗ (VTS), тренажери з підготовки морських фахівців, тощо. Запропонована інтегрована схема інформаційного обміну в СДС в територіальних водах України, побудованого з урахуванням стратегії “e-Navigation”.

Для забезпечення ефективного застосування судноводіями бортової апаратури ECDIS до початку першої ходової вахти сформульовані певні рекомендації. При цьому ключовим фактором на погляд автора є необхідність максимально уніфікувати усіма виробниками бортового обладнання ECDIS системи меню інтерфейсів і вирішення додаткових навігаційних завдань та алгоритми архівування даних. Іншим з важливіших елементів Стратегії “e-Navigation” є запровадження системи AIS, яка дозволяє в режимі реального часу здійснювати дистанційний постійний моніторинг за рухом усіх водних транспортних засобів в районі плавання.

Для гарантування безпеки руху водних транспортних засобів в зонах підвищеного ризику плавання та значного зниження показників аварійності запропоновано запровадження перерозподілу функцій між кожним рівнем ієрархічної організації гетерогенної полієргатичної виробничої організації та між оператором і програмно-апаратним комплексом, диспетчерськими центрами транспортних інформаційно-керуючих систем та бортовим обладнанням водного транспортного засобу. Задача гарантування безпеки руху конкретного водного транспортного засобу полягає у застосуванні бортових засобів технічної діагностики та контролю для зняття невизначеності на короткочасний інтервал прогнозного руху у межах безпечної області навігації. Умова щодо режиму гарантування безаварійності полягає у тому, що просторово-часовий континуум безпечної області навігації та небезпечна область навігації ніколи не перетинаються та не контактують. Створення єдиного інформаційно-метрологічного простору дозволяє ефективно розв'язувати складні задачі з практики ITS, якщо застосувати запропоновані

таблиці в пам'яті програмно-апаратного комплексу, де інтегровані методологічні основи знань транспортної динаміки. Перерозподіл функцій стимулює ресурси самоорганізації процесів функціонування систем навігації та управління рухом водних транспортних засобів, до яких за принципами синергетики полієргатичної виробничої організації належать:

1. Пошук поки що невідомих фундаментальних процесів, технологій, явищ, що сприяють підвищенню ефективності засобами самоорганізації.
2. Використання та застосування гетерогенних програмно-апаратних комплексів, що мають переваги у чітко визначеній області їх практичної експлуатації при самовдосконаленні.
3. Накопичення знань та даних у системах управління базами даних, правил та закономірностей за єдиною електронною технологією.
4. Функціональна стійкість виконання програмних маршрутів руху водних транспортних засобів за рахунок адаптації, раціональної реконфігурації та розподілу функцій полієргатичної виробничої організації, транспортної інформаційно-керуючої системи, системи навігації та управління рухом у стаціонаризованій гетерогенній складній динамічній системі з визначеними реальними обставинами.

На кожному ієрархічному рівні організації системи навігації та управління рухом водного транспортного засобу визначаються параметри показників якості, вартості та інших цільових переваг, що обумовлюють дії гравців у означених складних ситуаціях. Для кожного рівня ігор визначаються відповідно різні задачі, мета та цілі, форми та механізми послідовного руху для досягнення цільових, термінальних умов при зміні часу функціонування полієргатичної вирішувальної системи. В дослідження використано 7 рівнів паралельних ігор, для яких справедливі означені умови стаціонарності та в цілому оцінки цільового вимірювального експерименту у вигляді наближення рівня безаварійності до бажаного значення. Гармонізація відношень між всіма рангами ієрархічної організації взаємодії полієргатичних систем навігації та

управління рухом водних транспортних засобів відбувається покрокове за рахунок підвищення ефективності циркуляції інформації. Кожний вищий ранг ієрархії системи навігації та управління рухом водного транспортного засобу функціонально є управляючим модулем до підлеглого йому.

В н'ятому розділі здійснено формалізацію умов функціональної стійкості полієргатичних систем з метою утримання рівня безпеки руху водних транспортних засобів на річкових внутрішніх водних шляхах. Розроблено метод забезпечення заданого рівня безпеки в полієргатичних систем навігації та управління рухом водного транспортного засобу на внутрішніх водних шляхах в умовах реального часу, при якому для інтелектуалізації рішень систем прийняття рішень використовується інструментальний метод навігації, який включає гармонізовані заходи зі збору, інтеграції, обміну та аналізу інформації на водних транспортних засобах і в берегових службах за допомогою інформаційних технологій. При застосуванні інструментального методу навігації відбувається комбінування інформації з численних джерел із знаходженням більш точних і достовірних даних про ситуацію, ніж результати, які отримані від кожного з цих джерел окремо.

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

З метою запровадження Річкової інформаційної служби України на р. Дніпро проведено розрахунки радіопокриття в діапазоні ультра-коротких хвиль в річкових умовах, залежність умов розповсюдження радіохвиль від профілю рельєфу місцевості, особливості розповсюдження радіохвиль в річкових умовах, оптимальні місця розташування субцентрів і станцій річкової інформаційної служби, а також розрахунок ширини безпечної смуги річкового

водного шляху, необхідної для руху на криволінійних ділянках основних типів водних транспортних засобів, що здійснюють плавання по р. Дніпро.

В роботі наведено структуру та функціональні можливості річкової інформаційної служби щодо спостереження та аналізу інформації, отриманої від водних транспортних засобів з метою дотримання норм безпеки судноплавства та для аналізу судно- чи вантажопотоків по внутрішніх водних шляхах. Результати запровадження та функціонального розвитку річкової інформаційної служби дозволили: здійснювати постійне спостереження, розпізнавання та контроль за рухом водних транспортних засобів, за допомогою електронної картографічної навігаційно-інформаційної системи; за рахунок комплексної обробки інформації в системах навігації та управління рухом зменшити час кругового рейсу водних транспортних засобів на річці Дніпро на 17,8 %; проводити аналіз щільності графіку руху водних транспортних засобів на окремих ділянках за певний період; здійснювати аналіз суднопроходів, що стосується безпеки судноплавства, за різними критеріями; здійснювати аналіз вантажоперевезення по ділянках внутрішніх водних шляхах, аналіз перевезених вантажів за типами та розгорнутий аналіз руху вантажів по окремим шлюзам вверх та вниз по течії; аналіз відвідань сайту РІС за прапорами, а також здійснювати інші види аналізу, зокрема постійний автоматичний аналіз поточного технічного стану системи.

В *шостому розділі* визначені заходи з організації 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. Для застосування систем попередження про ризики плавання для підвищення якості специфіки фазових станів зони підвищеного ризику плавання та ризику у пам'яті програмно-апаратного комплексу запропоновано структурно-функціональна модель ієрархічної взаємодії підсистем діагностики та контролю стану засобів маневрених антикризових дій, яка дозволяє

сформулювати програму безпеки життя водних транспортних засобів за відповідними алгоритмічними кроками.

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

Запропонована принципіальна схема реалізації процесних перетворень і вхідних даних у вихідні згідно послідовності згідно завдань ITS.

Інтелектуальне гарантування безпеки руху та експлуатації газозовів реалізується шляхом інтеграційних, покрокових процесів адаптації, самоорганізації та самовдосконалення засобів єдиної інформаційної технології з цілеспрямованою циркуляцією повідомлень в носіях семантичної організації інформаційно-образних динамічних моделей. Зазначена технологія може використовуватися не тільки для суден-газовозів, а й для інших водних транспортних засобів, що здійснюють перевезення небезпечних вантажів.

За результатами моніторингу та подальшого аналізу інтенсивності руху проведено прогностні розрахунки ймовірності аварійних подій при існуючому характері та інтенсивності руху водних транспортних засобів в трьох регіонах: підходу до Керченської протоки з Чорного моря, Азовському морі, на підходах до порту Южний. Як приклад в роботі наводиться прогностні упереджені розрахунки ймовірності аварійних подій в центральній частині Азовського моря на коліні Керч-Єнікальський канал – п. Маріуполь при фактичній

інтенсивності руху (1508 ВТЗ за рік в обох напрямках) та при зростанні у 2, 5 та 10 разів інтенсивності руху на цих акваторіях.

У *Додатках* наведено список публікацій здобувача за темою дисертації та; відомості про апробацію матеріалів дисертації; Акти впровадження; Зона відповідальності України, в якій здійснюється моніторинг надводної обстановки в акваторіях Чорного та Азовського морів, зони відповідальності капітанів морських портів, зони покриття АІС; Схема зон відповідальності України з пошуку та рятування в Чорному та Азовському морях; Структура національної системи пошуку та рятування України; Перелік нормативно-правових актів в сфері безпеки судноплавства, що стосуються матеріалів дисертаційної роботи; Глосарій термінів, що використовуються в дисертаційній роботі; 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; Зразок листа опитування членів екіпажів суден та працівників судноплавних компаній щодо рівня обізнаності про кіберзагрози; Приклад щомісячного звіту про роботу річкової інформаційної служби.

В роботі на базі досліджень та розрахунків розроблено нові компоненти, які охоплюють усі задіяні сторони складного динамічного об'єкту та дозволяють комплексно запровадити методологічні основи поліергатичного забезпечення навігації та управління рухом водних транспортних засобів в умовах невизначеностей та нестационарного середовища.

Оцінка мови та стилю викладення дисертації і автореферату. Мова та стиль дисертації та автореферату свідчать про вміння автора аргументовано викладати свої думки та, у цілому, відповідають вимогам МОН України. Сформульовані у дисертаційній роботі основні положення, висновки та рекомендації викладені у логічній послідовності та доказовій формі, що значно сприяє усвідомленню думок автора. Всі розділи дисертації мають внутрішню

єдність і завершеність. Змістовне наповнення підрозділів роботи відповідає змісту визначених розділів.

Отримані підсумкові результати дисертації співпадають із загальною метою і конкретними науковими завданнями, сформульованими у вступі. В цілому, дисертаційна робота сприймається як закінчена наукова кваліфікаційна праця, що містить нові наукові результати.

Підтвердження повноти викладу основних результатів дисертації в наукових фахових виданнях. Наукова новизна достатня для докторської дисертації. Основні наукові і практичні результати, що отримані в ході дисертаційного дослідження, опубліковано з необхідною повнотою у 33 опублікованих статтях, з яких 7 статей без співавторів (у тому числі 4 статті в міжнародних фахових журналах за кордоном, 2 статті в наукометричній реферативній базі SCOPUS, 27 статей в збірниках наукових праць, які входять до переліку видань, що визначені МОН України для публікацій результатів досліджень по технічним наукам, отримано 1 патент на корисну модель), а також 18 роботах у збірниках матеріалів та праць наукових конференцій, які опубліковані в тезах доповідей у період 2012-2018 р.

Інформація про отримані результати у кандидатській дисертації Тихонова І.В. наведена лише в оглядовій частині докторської дисертації.

Структура та 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.

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації. Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертації і дає повне

уявлення про отримані результати дослідження та їх наукову новизну та практичну значимість.

Відмічаю в цілому науково-коректний стиль викладення матеріалів дисертації. Назва роботи відповідає самій роботі, яка відповідає паспорту спеціальності 05.22.13 – навігація та управління рухом.

Недоліки

У якості недоліків у роботі потрібно відмітити наступне.

1. У якості мети досліджень автором визначено «розроблення науково-методологічних основ підвищення безпеки судноплавства морських та річкових водних транспортних засобів та їх потоків». При цьому предметом досліджень виступають – методи, моделі та засоби комплексної обробки інформації та способи їх застосування в поліергатичних системах спостереження, розпізнавання об'єктів, навігації та управління рухом водного транспортного засобу в зоні підвищеного ризику плавання. Однак математичної формалізації задачі підвищення саме безпеки судноплавства за рахунок запропонованих наукових основ в роботі не здійснено. Запропонований підхід, щодо вирішення проблеми забезпечення гарантованого адаптивного управління в складній динамічній системі у вигляді композицій з відповідних кортежів, зроблено без обґрунтувань та без оптимізаційних показників.

2. В роботі 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, за розрахунками автора, дозволяє швидше (у 2,7 разів) здійснювати завчасний адекватний загрозам ситуативно обумовлений раціональний розподіл функцій в системах навігації та управління водними транспортними засобами для оперативного підвищення рівня безпеки судноплавства. При цьому бажано

було оцінити цей часовий фактор (знайти кореляцію) з відповідними нештатними, аварійними ситуаціями судноплавства.

3. Запропонована концепція декомпозиції поточної складової задачі судноводіння в зоні підвищеного ризику плавання (рис. 2.2. стор. 89) не враховує такі важливі фактори як фактичні та прогнозні погодні умови, в яких здійснюється плавання.

4. Запропонована передаточна функція (вираз 2.2, стор. 106) для оцінки кута відхилень повздожньої осі симетрії водного транспортного засобу є нестійкою (послідовне з'єднання коливальної та інтегрувальної ланок), а тому потребує пояснень щодо практичного застосування.

5. В роботі не зазначено джерело походження розрахункових даних щодо витрат часу на допоміжні операції протягом рейсу до запровадження річкової інформаційної служби, які використовувалися для розрахунку часу кругового рейсу водного транспортного засобу.

6. В роботі відсутні пропозиції стосовно конкретних характеристик судових бортових навігаційних комплексів, які можуть бути масово використані для вирішення завдань, які є темою роботи.

7. В роботі присутні окремі стилістичні помилки, наприклад:

- в роботі використовується термін «ВТЗ» (водний транспортний засіб) та «судно», що по змісту є одним й тим же; на мій погляд, правильно було б для уніфікації використовувати тільки один термін «водний транспортний засіб».

- дані щодо аварійності на морському транспорті частково повторюються в розділі 1.1. (стор.54-55) та в табл. 4.3. на стор.241.

- рис. 5.17-5.19 (стор.288-291) доцільне було б перенести в додаток.

- має місце некоректний фразеологізм: «ширина ходової полоси» (стор.259-260), «структурно-функціональна модель» (стор.306); «ролева функція» (стор.329), алгебраїчна структура формалізму» (стор.329); «інтелектуальне гарантування ефективності» (стор.331);

- міститься помилка у назві рисунка 6.3 на стор. 326.

