

SECTION 10. SEA AND INLAND WATERWAY TRANSPORT

DOI: 10.46299/ISG.2025.MONO.TECH.3.10.1

10.1 Удосконалення локальних інформаційних зв'язків системи управління навігаційною безпекою руху морського судна

АНОТАЦІЯ

Широке використання берегових радіолокаційних систем для забезпечення безпеки плавання створює умови для вирішення багатьох завдань і забезпечення взаємодії суден між собою і береговими системами управління рухом суден (СУРС). Однак аналіз численних аварій, які відбуваються в зоні відповідальності СУРС, показує, що при наявності небезпеки зіткнення між суднами в морі, берегові системи не виявляють надмірного зближення між ними, а якщо і виявляють його, то зі значним запізненням. Як впливає з аналізу аварійності та вивчення процесів маневрування, існуюча практика забезпечення безпеки руху має цілу низку недоліків. Відсутня база декларативних даних про маневрені властивості, недостатньо розроблена концепція прогнозування та планування заданого алгоритму системи управління, а методика планування морських операцій відсутня взагалі. Також відсутня систематизована концепція коригування руху при змінних обмеженнях, недостатнє інформаційне забезпечення про поточні параметри руху та їх відповідність плановим, відсутні системи підтримки прийняття рішень.

Оскільки посилення інтеграції передових технологій у морські інформаційно-навігаційні системи збільшило ризики кібербезпеки суден, особливо з розвитком автономних суден, в роботі звернено увагу на наступні проблеми: 1. Порушення роботи суднового обладнання: кібератаки можуть зупинити операції, ставлячи під загрозу розклад рейсів і цілісність ланцюжка поставок. 2. Порушення конфіденційності: у зв'язку з посиленням правил захисту даних відсутність захисту суднової інформації може призвести до юридичних наслідків. 3. Викрадена конфіденційна інформація: конфіденційні комерційні

секрети та конфіденційні дані можуть потрапити в руки злочинців.

4. Пошкодження репутації: порушення може підірвати довіру клієнтів і довіру морської галузі. 5. Фінансова турбулентність: успішна кібератака на суднові інформаційно-навігаційні системи часто призводить до серйозних фінансових втрат для судноплавних компаній, а також накладання штрафів.

Згідно з опитуванням компанії NSSLGlobal, 84% членів екіпажів або взагалі не проходили навчання з кібербезпеки, або отримували лише поверхневі знання з цього питання. Близько 64% опитаних моряків беруть на себе відповідальність за безпеку інформаційно-навігаційних систем на борту судна. Як з'ясувалося, роботодавці не допомагають морякам розібратися, з якими ризиками вони можуть зіткнутися і як їх можна запобігти.

Відповідно до Рекомендації МАКО щодо кіберстійкості №166 (Міжнародна асоціація класифікаційних товариств) представлено аналіз категорій I, II, III суднових інформаційно-навігаційних систем та ступені їх вразливості щодо кібератак.

На основі інтегрального багатофакторного критерію узгодженості психофізіологічних характеристик діяльності оператора та факторів руху судна здійснено кількісну оцінку безпеки маневрування, яка включає не менше п'яти факторів руху та чотирьох характеристик операторської діяльності.

Розроблений в дослідженні алгоритм організації процесу маневрування, який полягає в пошуку відповідності між вихідними даними та необхідними засобами, дозволяє досягти безпечного процесу управління судном. Також запропоновано способи захисту навігаційного обладнання від кіберзагроз.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ММО	Міжнародна морська організація
AIS	Автоматична ідентифікаційна система
МПЗЗС-72	Міжнародні Правила запобігання зіткненню суден у морі
GPS	Система глобального позиціювання
ОТ	Операційні технології
СУРС	Система управління рухом суден
ІТ	Інформаційні технології
СУКБ	Система управління кібербезпекою
МАКО	Міжнародна асоціація класифікаційних товариств
ЛО	Людина-оператор
ECDIS	Електронна картографічна навігаційно-інформаційна система
ARPA	Засіб автоматизованої радіолокаційної прокладки
РЛС	Радіолокаційна станція
$K_{ржа}$	Коефіцієнт ранжування за аналізаторами
$K_{ржз}$	Коефіцієнт ранжування за збоєм при зберіганні та обробці інформації
$K_{ржі}$	Коефіцієнт ранжування за швидкістю виконання інтелектуальних функцій
$K_{ржм}$	Коефіцієнт ранжування за результатом моторних помилок
$K_{ан}$	Узагальнений локальний критерій узгодженості інформаційного аналізу
$K_{пам}$	Узагальнений локальний критерій узгодженості пам'яті та мислення
$K_{фун}$	Узагальнений локальний критерій узгодженості швидкості та надійності виконання інтелектуальних функцій
$K_{ант}$	Узагальнений локальний критерій узгодженості антропометрії
$K_{узг}$	Глобальний критерій узгодженості
$K_{ржс}$	Коефіцієнт ранжування помилок оператора
$K_{лок}$	Локальний коефіцієнт узгодженості
$K_{ржмп}$	Коефіцієнт ранжування за результатами моторних помилок

ВСТУП

Навігаційне забезпечення безпеки плавання суден морського транспортного флоту здійснюється стандартними методами із застосуванням практично однакових за своїми характеристиками навігаційних приладів – курсопоказчиків, відносних лагів і засобів для визначення місця.

Обладнання суден гірокомпасами, електронними відносними та гідроакустичними абсолютними лагами, радіонавігаційними системами, засобами радіолокації, глобальними супутниковими навігаційними системами, інтегрованими навігаційними системами, системами управління курсом і траєкторією судна, електронними картографічними навігаційно-інформаційними системами викликало істотні зміни в методах судноводіння, проте до якісного стрибка – до повної передачі машині управлінських функцій – поки не призвело. Це пояснюється тим, що методи судноводіння та принципи організації штурманської служби на судах об'єктивно відстають від розвитку технічних засобів навігації та управління. Сучасне судноводіння залишається діяльністю людини в умовах підвищеної небезпеки. Ускладнення діяльності сучасного судноводія пов'язане з розвитком мережі портів і морських шляхів, збільшенням загальної кількості суден, їх водотоннажності, розмірів і швидкостей, збільшенням щільності судноплавства та появою високотехнологічних інформаційно-навігаційних систем.

Навігаційні небезпеки – це природні та штучні об'єкти, розташовані на поверхні та в глибинах світового океану, що становлять для судна реальну загрозу. До природних небезпек належать: берегова лінія, стиснені акваторії портів, мілини, банки, рифи, скелі тощо. До штучних слід віднести: гідротехнічні споруди, звалища ґрунту, ряжі, бурові та промислові вишки, платформи, опори та лінії високовольтних передач, мінні та бічні загородження, протичовнові та рибальські мережі тощо.

Попередження навігаційних аварійних випадків у морі та на внутрішніх водних шляхах спочатку забезпечується веденням спостереження, а потім

керуванням судном, що здійснюється з метою попередження зіткнення суден, удару, навалів, посадки на мілину.

Спостереження – сукупність застосування засобів і способів пошуку, виявлення та класифікації об'єктів зовнішнього середовища з метою ефективного та безпечного управління судном.

Управління – прийняття рішення щодо збереження або зміни параметрів руху судна (курсу, швидкості), віддача відповідних команд, подача сигналів, їх виконання та контроль за виконанням.

Спостереження з метою попередження аварійних ситуацій з судном на внутрішніх водних шляхах або зіткнення суден у морі виконується для повної оцінки ситуації, в якій знаходиться власне судно. При цьому змістом спостереження є збір, обробка та аналіз інформації про зовнішні та внутрішні фактори, що впливають на стан судна та розвиток існуючої ситуації.

У всіх випадках першочергове завдання спостереження полягає у визначенні, чи існує небезпека зіткнення або іншої аварійної ситуації чи кібератаки. Коли у судноводія існують сумніви щодо безпечного розвитку наявної ситуації, слід вважати, що її розвиток веде до зіткнення суден, удару, навалу, посадки на мілину, кіберзлочину або іншої аварійної події.

Візуальне спостереження здійснюють особи ходової вахти, а також лоцман, який знаходиться на борту. Воно повинно бути безперервним, кваліфікованим і надійним.

До візуальних засобів спостереження відносяться оптичні пеленгатори, біноклі, підзорні труби, оптичні далекоміри і прожектори.

За допомогою зорового спостереження реалізуються лоцманські способи судноводіння, що базуються на окомірній оцінці положення судна щодо судноплавної обстановки та небезпек, оскільки зорові засоби та способи дозволяють отримати інформацію в явному вигляді, безпосередньо оцінити обстановку та прийняти необхідне рішення.

Лоцманські способи судноводіння на сучасному етапі використовують і технічні засоби спостереження: суднові радіолокаційні станції (РЛС),

автоматичну ідентифікаційну систему (AIS), електронну картографічну навігаційно-інформаційну систему (ECDIS) і ехолоти.

Радіолокаційне спостереження включає: виявлення об'єктів, визначення їх положення відносно судна і визначення ступеня небезпеки. Радіолокаційне спостереження незамінне в умовах обмеженої видимості та плавання в обмежених умовах. Однак інформація від РЛС щодо рухомих об'єктів проявляється в неявній формі, а тому потребує обробки, тобто ведення радіолокаційної прокладки. Радіолокаційна прокладка передбачає: визначення елементів руху об'єктів (цілей) і їх відносних курсів, визначення ступеня небезпеки і її кількісну оцінку, розрахунок маневру безпечного розходження і контроль за його виконанням. Радіолокаційна прокладка здійснюється способами графічного вирішення задач, що теоретично базуються на методі відносного руху: вручну (за допомогою маневреного планшета), а також за допомогою засобів автоматизації ведення радіолокаційної прокладки (ARPA). Загальним недоліком засобів і способів ведення прокладки є те, що в них закладена гіпотеза про сталість елементів руху цілей після їх визначення.

Виходом із ситуації, що склалася, стало впровадженням AIS, тобто систем з активною відповіддю, що містять інформацію про елементи руху судна, його класифікацію та стан відповідно до МПЗЗС-72 (Міжнародні Правила запобігання зіткненню суден у морі). Це виключає необхідність визначення елементів руху цілей і прискорює появу інформації в явному вигляді з високим ступенем достовірності.

Навігаційна безпека на судах забезпечується комплексом заходів, до яких слід віднести:

- професійну підготовку судноводіїв;
- технічну справність технічних засобів навігації та зв'язку;
- наявність необхідного комплексу скоригованих навігаційних карт, посібників та довідників для плавання;
- знання та врахування судноводіями навігаційно-гідрографічних та гідрометеорологічних умов плавання;

- чітку організацію та виконання процедур несення ходової вахти;
- суворе виконання правил плавання та МПЗЗС;
- безперервний контроль місцезнаходження судна.

Слід додати, що на судноводіїв, крім забезпечення навігаційної безпеки, покладено обов'язки з контролю за остійністю і непотоплюваністю суден, їх вибухо- та пожежною безпекою.

Таким чином, процес морського судноплавства, а особливо судноплавство на внутрішніх водних шляхах, складний і динамічний, пов'язаний зі значною кількістю об'єктивних і суб'єктивних факторів.

Відповідно до чинного законодавства підготовка штурманів на даний час проводиться за державними стандартами, розробленими для цивільних судноводіїв. Тому можна вважати однаковими і рівні теоретичної підготовки у військових і цивільних морських навчальних закладах. Відрізняються тільки терміни практичної підготовки: курсанти цивільних інститутів судноводіння практикуються на суднах майже в п'ять разів більше за часом, ніж курсанти військово-морських інститутів.

Ідентичність можливостей штурманських приладів і структури спеціальної штурманської підготовки у військових і цивільних навчальних закладах дозволяє використовувати і в якійсь мірі узагальнювати досвід забезпечення навігаційної безпеки плавання військових кораблів і суден транспортного флоту.

З огляду на те, що опублікована в пресі статистика аварійності та аналіз її причин стосуються лише морського транспортного флоту, то, використовуючи її, можна зробити більш-менш обґрунтовані висновки і про причини навігаційних аварій суден морського флоту.

Через низьку організацію штурманської служби на судні, через помилки і промахи при вирішенні навігаційних завдань, 80-85% всіх навігаційних аварійних випадків на морському транспорті відбувається з вини судноводіїв.

В основі навігаційних інцидентів лежить порушення вимог керівних документів, що визначають правила і організацію штурманської служби і регламентують її діяльність щодо забезпечення навігаційної безпеки.

Ці порушення відбуваються з двох основних причин: або через низький рівень професійної та психологічної підготовленості командирів і штурманів (невміння вирішувати навігаційні завдання судноводіння, психологічна нестійкість, що призводить до прийняття неправильних рішень), або через безвідповідальне ставлення посадових осіб штурманської служби до виконання своїх обов'язків у морі.

Як показали численні дослідження, велика кількість аварій морських і річкових суден відбувається через вплив людського фактору, тобто внаслідок помилок, допущених при керуванні судном.

За статистикою, маломірні судна є найбільш небезпечними на воді. З метою забезпечення безпеки життя людей, які беруть участь у морському транспортному процесі, а також нормальних умов життєдіяльності екіпажу, міжнародні організації прийняли кілька конвенцій, контроль над виконанням яких покладено в першу чергу на державу. Всі компанії-судновласники, діяльність яких підлягає державній реєстрації, зобов'язані впроваджувати комплекс встановлених захисних заходів відповідно до системи управління безпекою суден, яка в обов'язковому порядку включає охорону навколишнього середовища від забруднення.

Судноплавство, як і інші галузі транспорту (залізничний, авіаційний, комерційний автомобільний транспорт), працює цілодобово безперервно. Встановлені в міжнародних конвенціях Міжнародної морської організації (ІМО) та Міжнародної організації праці (МОП) обмеження тривалості робочого дня та відпочинку вважаються основними вимогами до управління ризиками втоми [306], що встановлюють мінімальні стандарти відповідності міжнародним перевезенням. Чинні нормативні акти допускають максимум 14 годин роботи протягом 24 годин і максимум 72 години роботи протягом 7 днів [307, 308]. Правила ІМО також встановлюють мінімальні періоди відпочинку, які повинні становити не менше 10 годин у будь-який 24-годинний період і 77 годин у будь-який 7-денний період. Період відпочинку можна розділити не більше ніж на два періоди, один з яких повинен бути тривалістю не менше 6 годин [308]. Недавні

дослідження показали, що дотримання цих нормативних вимог у морській галузі, як правило, погане, при цьому спостерігаються відмінності у фактичних і зареєстрованих годинах роботи та відпочинку [309, 310, 311].

Оскільки судноплавство функціонує в умовах високої конкуренції, судновласники та/або оператори змушені прагнути економічної ефективності, іноді за рахунок скорочення кількості членів екіпажу на судні [312]. Оскільки моряки прагнуть впоратися з підвищеними вимогами через зменшення чисельності екіпажу, вони, отже, піддаються більш жорстким умовам роботи [313]. Експлуатаційні аспекти, пов'язані з судноплавством, стають більш проблематичними в порівнянні з іншими галузями з таких причин, як: торгові моделі, довжина морського проходу, ротація портів і короткий період часу, протягом якого судно залишається в порту, і все це сприяє скороченню періодів відновлення моряків. [309, 310]. Все більш інтенсивний характер судноплавних операцій означає, що морякам доводиться працювати довгі і нерегулярні години протягом тривалих періодів часу і часто піддаються; обмежений і переривчастий сон, швидко змінюються зміни, високе навантаження, погані звички харчування, погані умови сну, соціальна ізоляція і відсутність чіткого поділу між роботою і відпочинком [310, 313-316].

Поточні вимоги до судна та умови роботи в морі на даний час розглядаються як проблемні, створюючи ситуацію, яка не дає морякам достатніх можливостей для відпочинку та сну [309, 317, 318]. Найчастіше моряки готові працювати, будучи дуже втомленими, тому що це вважається «професійним». Широко поширена думка про те, що втома «приходить з роботою», хоча і не відноситься до морської галузі, безумовно, поширена в ній, що ускладнює для моряків визнання втоми як проблеми і вжиття відповідних заходів. Це «заганяє» екіпаж у пастку поганої відповідності, оскільки він відчуває себе відповідальним за управління власною втомою на борту судна [318, 319], що робить нинішні підходи до управління втомою неефективними. Отже, використання багаторівневої захисної стратегії для управління пов'язаними з втомою ризиками на морі має вирішальне значення. Це дозволяє справлятися з втомою так само,

як з будь-якою іншою судновою небезпекою, використовуючи підхід, заснований на оцінці ризику, при належній підтримці компанії.

Швидка цифрова трансформація в морській індустрії стає дедалі важливішою темою у питаннях забезпечення інформаційної безпеки (кібербезпеки) в рейсовому циклі морського судна. Збільшення автоматизації та цифровізації дозволяють процесам керування судном бути більш ефективними. Тому, критично важливим завданням з кібербезпеки мореплавання є оптимізація операцій управління судном з використанням нових інформаційних технологій (ІТ) та цифрових рішень [320-321].

Концепції інформаційно-навігаційних систем розроблялися в період низької пріоритетної значущості питань кібербезпеки. Нові типи ризику в морській інфраструктурі успішно досліджуються провідними країнами в галузі кібербезпеки на морі, такими як Норвегія, Великобританія, Франція та США. Особлива увага приділяється розробці застосування методів оцінки ризиків кібербезпеки, моніторингу та виявленню кібератак на морські інформаційні системи [322-323]. Вразливими до кібератак можуть бути наступні системи: навігаційного містка, вантажних операцій, руху та енергетичного менеджменту, керування доступом на судно; обслуговування пасажирів; мережі загального користування; соціального забезпечення екіпажу; радіозв'язку та комунікації. Така вразливість систем насамперед пов'язана з відкритістю каналів передачі інформації, відсутністю або обмеженим шифруванням даних та аутентифікації.

Оскільки супутникова система навігації (GPS) є джерелом даних про місцезнаходження судна, а саме, ECDIS та AIS, її можна відносно легко заглушити. Представлений у науковій роботі [310] SWOT-аналіз («Strengths» – сильні сторони, «Weaknesses» – слабкі сторони, «Opportunities» – можливості, «Threats» – загрози) служби AIS, підтверджує, що ці системи можуть бути легко підроблені, внаслідок чого неминучі негативні наслідки для безпеки судноплавства.

Автоматична ідентифікаційна система є стандартом зв'язку, який використовують судна для передачі інформації про їх місцезнаходження. Однак,

оскільки повідомлення AIS не зашифровані та не автентифіковані, вони можуть бути перехоплені та підроблені зловмисниками, що може призвести до кіберзагроз та ймовірності здійснення кібератак. У дослідженні [324]. запропоновано безпечну, гнучку, відповідну стандарту та зворотно сумісну структуру автентифікації Auth-AIS для захисту широкомовних повідомлень AIS. Вона використовує існуючі надійні криптографічні інструменти, включаючи TESLA та фільтри Блума на основі їх якості безпеки сумісності технології AIS.

Основні недоліки суднових інформаційних систем безпеки показані в роботі [325]. Нещодавні інциденти, вразливості та загрози, що стосуються кіберсистем сучасних суден, є досі незрозумілими для судноплавних компаній, тому ймовірність критичних наслідків подальших атак залишається питанням «коли», а не «якщо».

Кіберсистеми сучасних суден класифікуються як стандартні системи інформаційних технологій (ІТ) або системи операційних технологій (ОТ), пов'язаних з експлуатацією та управлінням. Злом ІТ-систем може мати серйозні репутаційні та фінансові наслідки. Однак, зазвичай, це не впливає на безпечну роботу суден. У той же час системи ОТ менш захищені та опрацьовані щодо кібербезпеки, тому кібератака на бортові системи ОТ може поставити під загрозу безпеку судна та екіпажу.

10.1.1 ІНФОРМАЦІЙНА БАЗА НАВІГАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ

10.1.1.1. Забезпечення кібербезпеки операційних та інформаційних технологій систем управління судном

Збільшення кіберінцидентів впливає на міжнародне судноплавство і робить кібербезпеку однією з найважливіших проблем на морі. Для забезпечення безпеки експлуатації суден [326-327], екіпажу та пасажирів вводяться правила та закони, що вимагають від судновласників, операторів та менеджерів враховувати

кіберризиками. Такі правила включені до Керівництва Міжнародної морської організації (ММО, IMO) з управління морськими кіберризиками MSC-FAL.1/Circ.3 та єдині вимоги Міжнародної Асоціації Класифікаційних Товариств (МАКО) щодо кібербезпеки.

Результат міжнародного галузевого співробітництва відображено в [328-329] рекомендаціях МАКО (IACS), яка 27 квітня 2022 року опублікувала нові уніфіковані вимоги (Unified Requirement, UR) щодо кібербезпеки, а також зміни до Рекомендації № 166 (Rec. № 166), а саме: UR E26 (Кіберстійкість суден, Cyber Resilience of Ships); UR E27 (Кіберстійкість судових систем та обладнання, Cyber Resilience of on-board Systems and Equipment).

Вимога UR E26 націлена на забезпечення кібербезпеки інтегрування операційних та інформаційних технологій у мережу судна під час проектування, будівництва, введення в експлуатацію та включає ідентифікацію обладнання, захист, виявлення кібератак, реагування та відновлення.

Вимога UR E27 спрямована на забезпечення захисту сторонніми постачальниками обладнання та регламентує вимоги до кіберстійкості бортових систем, а також розробку нових пристроїв до впровадження на борту суден.

Поради Rec. 166 [330] містять нормативні вимоги підтримки кіберстійкості суден протягом усього терміну експлуатації. Вони включають побудову системи управління кібербезпеки (СУКБ) відповідно до Посібника з управління морськими кіберрисками (Циркуляр IMO MSC-FAL.1/Circ.3) та Резолюцією MSC.428(98) – «Управління кіберрисками в морській галузі в рамках систем управління безпекою» [331]. Згідно з вимогами Комітету з безпеки на морі (MSC) у схваленій системі управління безпекою має враховуватися управління кіберризиками і вони були належним чином враховані в системах управління безпекою після 1 січня 2021 року.

Відповідно до Рекомендації МАКО № 166 введено термінологію «якість даних» (Data Quality) - сукупність дій, спрямованих на забезпечення безпеки даних, що генеруються, оброблюються, передаються і зберігаються в процесі експлуатації бортових комп'ютерних систем. До термінології «якість даних

належать наступні: 1. Конфіденційність (Confidentiality) – недоступність та закритість інформації для неавторизованих осіб чи процесів. 2. Цілісність (Integrity) – збереження правильності та повноти активів. 3. Доступність (Availability) – доступність та готовність до використання на запит авторизованого користувача.

Також у Рекомендації визначено Категорії (I, II, III) судових комп'ютерних систем та ступеня їх вразливості щодо якості даних:

Категорія I. Типові функції систем: моніторинг для інформаційних/адміністративних завдань. Це системи, вихід з ладу яких не призведе до небезпечних ситуацій для безпеки людини, безпеки судна та/або загрози довкіллю.

Категорія II. Типові функції систем: сигналізація та моніторинг; контрольні функції, необхідних підтримки судна у його нормальних експлуатаційних і заселених умовах. Це системи, відмова яких може зрештою призвести до небезпечних ситуацій для безпеки людини, безпеки судна та/або загрози навколишньому середовищу.

Категорія III. Типові функції систем: управління для підтримки руху судна та кермового управління; функції безпеки судна. Це системи, які можуть негайно призвести до небезпечних ситуацій для безпеки людини, безпеки судна та/або загрози навколишньому середовищу.

Процес управління судном обумовлений відсутністю достатнього узгодження системних компонентів – інформаційного забезпечення, навігаційних факторів управління та психофізіологічних характеристик судноводія та, як наслідок, помилок у його діях [332].

Судноводій при управлінні судном працює з двома видами інформації – процедурною та декларативною. Процедурна інформація заснована на алгоритмах дій судноводія, пов'язаних з процесом управління та командами, що віддаються. Декларативна інформація побудована на даних, з якими працює при цьому. Такі дані разом утворюють інформаційну базу. Параметри можуть бути представлені у вигляді векторів, матриць, списків чи ієрархічних структур. Для

створення спеціальної системи захисту даних слід організувати впорядковане управління великою кількістю інформації в базах даних про суди та впливи на них. Така система дозволить, при необхідності, вилучати їх із бази, модифікувати та знову зберігати у зміненому вигляді.

Основною проблемою в організації інформування капітана та екіпажу є відсутність розподілу за рівнем важливості.

З розвитком інформаційних технологій забезпечення процесу управління виникла форма подання інформації, яка об'єднала процедурний і декларативний вид. При нестачі належної інформації управління процесом маневрування проводиться методом спроб і помилок, що може бути наслідком збільшення ймовірності помилки та аварійного інциденту. Методи отримання інформації про характеристики судна у процесі управління розроблено недостатньо, через відсутність належних нормативних документів як національних, так і міжнародних. Проте, вони визначають зміст і форму представлення даних для планування заданого алгоритму управління судном. Відсутність засобів обліку даних про динамічні властивості при плануванні маневрування вказують на актуальність розробки систематизованої концепції організації системи управління рухом судна.

10.1.2. ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ МАНЕВРУВАННЯ

10.1.2.1. Класифікація інформаційних потоків для оцінки безпеки маневрування судна

Для забезпечення процесу управління роботою судна необхідна наступна інформація: відомості про судно; зовнішні чинники впливу; жорсткі та змінні обмеження, засоби навігаційного обладнання; функціональні обов'язки оператора-судноводія з організації обробки інформації та її використання. У цьому контексті поняття «інформація» можна охарактеризувати двома поняттями: 1) вибір можливих необхідних ситуацій із великої кількості рівно

ймовірних чи нерівно ймовірних можливостей; 2) вибір, інформації, яку можна сприйняти та запам'ятати.

Функціональні обов'язки судноводія при управлінні визначають вимоги до рівня його здатності виконувати інтелектуальні дії з обробки інформаційних потоків. Класифікація таких потоків при управлінських процесах у рейсовому циклі судна представлена рис 2.1.

На сучасних суднах інформація з маневрування та управління, розосереджена містком, не завжди представлена у вигляді декларативних даних і потрібна її обробка для прийняття рішень. З цієї причини інформацію необхідно подавати в інтерпретованому, структурованому, зв'язному та активному вигляді, що суттєво збільшить швидкодію управління.

Основною проблемою в організації інформування капітана та екіпажу є відсутність розподілу за рівнем важливості. При лоцманській проводці обсяг інформації збільшується, проте вона також не розподіляється. На містку зосереджено інформаційно-розпорядчу інформацію, навігаційну, господарську та координаційну. При цьому часто капітан і лоцман відволікаються від роботи із забезпечення процесу мореплавання на інші види діяльності. Це призводить до того, що відбувається перерва у спостереженні за навколишнім оточенням, деяка інформація сприймається із запізненням і є результатом неадекватних команд.

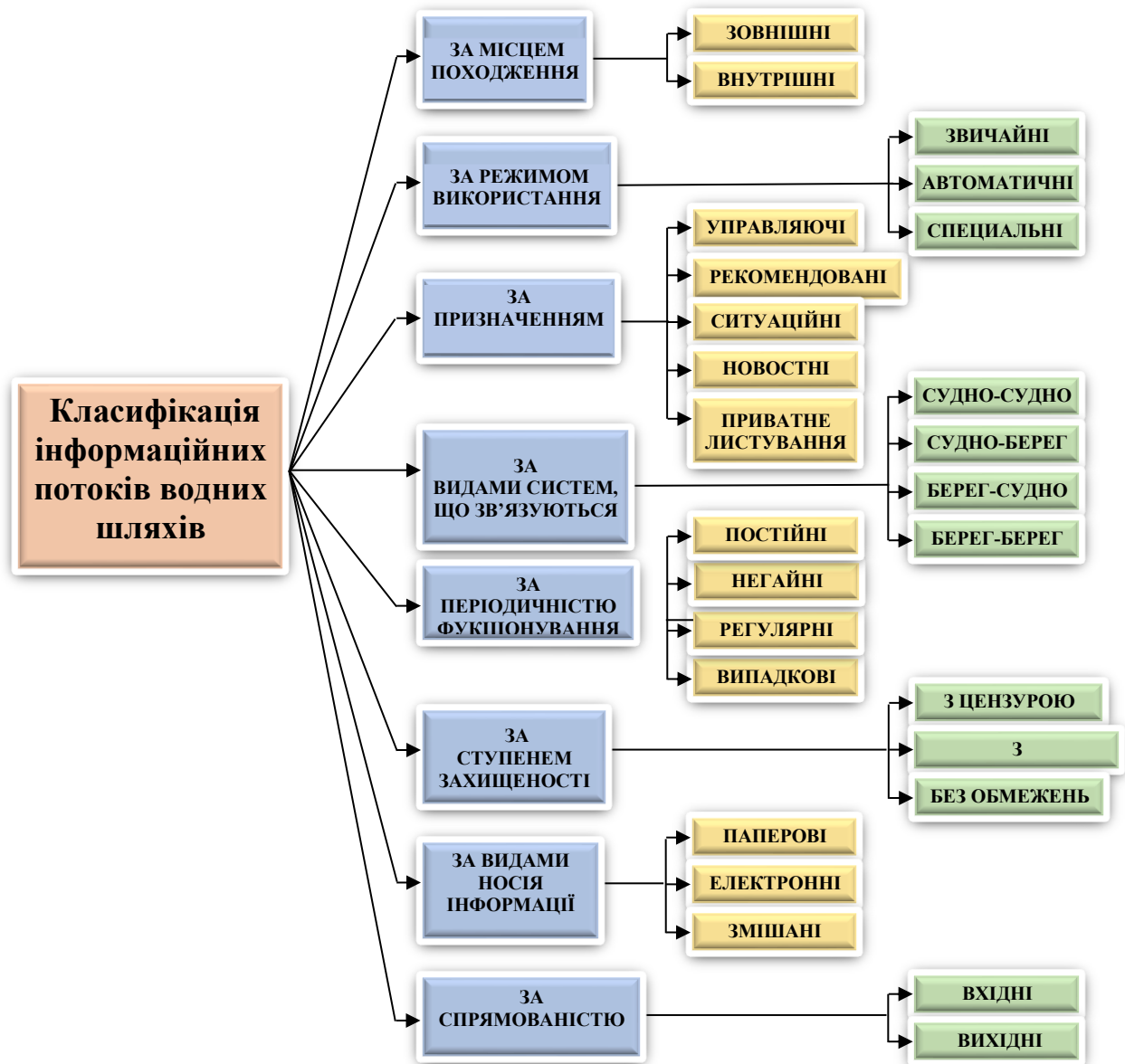


Рис. 2.1. Класифікація інформаційних потоків водних шляхів [розроблено авторами]

10.1.2.2 Контроль над інформаційним забезпеченням поточних параметрів руху судна при організації процесу маневрування та діяльності оператора

2.2.1. Критерії узгодженості чинників руху та показників людини-оператора

По каналах зв'язку надходить до 25 видів інформації, що створює напруженість у роботі містка (рис. 2.2).



Слід зазначити, що останнім часом у з'явилися кібератаки на навігаційно-інформаційні системи суден з метою злову навігаційної системи, отримання доступу до критично важливих даних, впровадження шкідливого програмного забезпечення, глушіння чи створення перешкод системам, внаслідок чого суднам доводиться повертатися до порту через проблеми з їх навігаційними системами. Необхідно звернути особливу увагу, що вся інформація є відкритою і може бути використана кіберзлочинцями.

Як показує виконаний аналіз процесу управління роботою судна та помилок у діях людини-оператора (ЛО), який ним керує, вони обумовлені відсутністю достатнього узгодження трьох складових частин процесу: зовнішніх обмежень; факторів руху; психофізіологічних характеристик ЛО як елемента системи.

Кількісна оцінка безпеки маневрування може бути здійснена на основі ведення глобального інтегрального багатфакторного критерію узгодженості психофізіологічних характеристик діяльності оператора та факторів руху, що включає не менше п'яти факторів руху та чотирьох характеристик операторської діяльності.

Помилки оператора виникають у процесі отримання зорової інформації, через необхідність її обробки та характеризуються збоями в управлінні та втратою орієнтування [333]. Для однозначного сприйняття інформації необхідно її обробляти та подавати оператору у вигляді процедурних інструкцій.

10.1.3 АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА УЗГОДЖЕНОСТІ ДЛЯ КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ БЕЗПЕКИ МАНЕВРУВАННЯ

Для коригування планової траєкторії руху судна, у ситуації зміни зовнішніх впливів та змінних обмежень, оператору потрібно здійснювати обробку декларативної інформації, що надходить, з контролю над параметрами процесу управління, що призводить до помилок в управлінні процесом

маневрування. Швидкість та надійність ухвалення рішення залежить від інтелектуальної діяльності оператора, низький рівень якої може призвести до помилок у дотриманні правил плавання. Отже, антропометричні характеристики оператора впливають процес управління судном і вимагають окремого аналізу та дослідження.

Безпека маневрування не забезпечувалася через відсутність необхідних відомостей про маневрені характеристики судна, як об'єкта управління та відповідних даних про поточний стан від технічних засобів судноводіння, для контролю над процесом руху в обмежених умовах плавання. На це вказують посадки на ґрунт у 46,8% із 173-х випадків, прийнятих до аналізу.

Через недостатнє інформаційне забезпечення процесу судноводіння, поза судном і на самому судні, відсутність методів та способів контролю з боку берегових систем навігаційного обладнання не дозволила попередити посадки на ґрунт (47%) та навали на берегові споруди та знаки огорожі (17%).

Недостатнім виявилось й інформаційне забезпечення поточних параметрів руху та положення судна, відсутність методики попереднього планування управління, систем підтримки прийняття рішення та алгоритмів дій оператора при управлінні маневруванням, що не дозволило попередити зіткнення у 15,0%, посадку на мілину у 47% та навали в 17%.

Такий аналіз дозволив провести ранжування помилок оператора за його психофізіологічними характеристиками: у 47% випадків причиною аварійної події були помилки аналізаторів; у 21% – через збої при зберіганні та обробці інформації; у 18% – через збої при прийнятті рішення і в 14% – моторні помилки, зумовлені працездатністю оператора.

Для оцінки ступеня впливу кожної характеристики оператора на узгодженість руху введемо коефіцієнти ранжування – за аналізаторами $K_{ржа}$, за збоєм при зберіганні та обробці інформації $K_{ржз}$, за швидкістю виконання інтелектуальних функцій $K_{ржі}$ і за результатом моторних помилок $K_{ржмп}$.

Оцінюючи узгодженість, введемо три критерії узгодженості чинників руху та показників оператора – *локальний, узагальнений локальний і глобальний* [340].

Локальні критерії узгодженості характеризують рівень узгодженості кожної характеристики оператора з відповідними факторами руху. Їхня загальна кількість дорівнює 20. Умовні позначення коефіцієнтів наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 Локальні коефіцієнти узгодженості

Фактори руху	Аналізатори	Пам'ять	Інтелектуальні функції	Антропометрія
Швидкість	$K_{ша}$	$K_{шп}$	$K_{ші}$	$K_{ш ант}$
Курс	$K_{ка}$	$K_{кп}$	$K_{кі}$	$K_{к ант}$
Момент початку маневру	$K_{мпма}$	$K_{мпмп}$	$K_{мпмі}$	$K_{мпм ант}$
Траєкторія	$K_{тра}$	$K_{трп}$	$K_{трі}$	$K_{тр ант}$

При узгодженості одного фактору руху з однією характеристикою оператора він приймає значення, рівне 0,2, а при відсутності – він дорівнює 0.

Узагальнені локальні критерії узгодженості інформаційного аналізу ($K_{ан}$), пам'яті та мислення ($K_{пам}$), швидкості та надійності виконання інтелектуальних функцій ($K_{фун}$) і антропометрії ($K_{ант}$) характеризують ступінь узгодженості кожної характеристики оператора з усіма факторами руху. Кожен з них приймає значення, рівне [305, с. 1]. При узгодженості одного фактору руху з відповідною характеристикою $K_{ан}, K_{пам}, K_{фун}, K_{ант} = 0,2$; двох – 0,4; трьох – 0,6; чотирьох – 0,8 і 1,0 – при повному збігу.

Глобальний критерій узгодженості ($K_{узг} \in [0; 1]$ відн. од.) характеризує ступінь узгодженості всіх характеристик діяльності оператора з усіма факторами руху судна, представленими у вигляді окремих коефіцієнтів. Якщо глобальний і узагальнені локальні критерії дорівнюють одиниці, то це означає, що забезпечується узгодженість складових процесу маневрування і створюються передумови для його гарантованої безпеки.

Виконаний аналіз показує, що оцінки величин локальних критеріїв узгодженості, засновані на припущенні про рівноймовірність подій, не зовсім коректні. З цієї причини при визначенні значень коефіцієнтів узгодженості необхідно враховувати ймовірність події за кожною характеристикою, шляхом

множення узагальнених локальних критеріїв на коефіцієнт ранжування. Тоді аналітична залежність для визначення $K_{узг}$ матиме вигляд:

$$K_{узг} = \sum_{i=1}^4 (K_{ржі} \cdot \sum_{j=1}^5 K_{локij}), \quad (1)$$

де i – число характеристик оператора ($i \in [306, с. 4]$); j – число факторів руху $j \in [306, с. 5]$; $K_{ржс}$ – коефіцієнт ранжування помилок оператора; $K_{лок}$ – локальний коефіцієнт узгодженості (табл. 3.1).

Структурну схему алгоритму [340] визначення коефіцієнта за формулою (1) наведено на рис. 3.1.

З іншого боку, необхідно враховувати як результати аналізу аварійності, так і результати вивчення психофізіологічних характеристик оператора, що потребують додаткових досліджень.

Розглянуті необхідні та достатні умови дозволяють розпочати обґрунтування процесу гарантованої безпеки маневрування. Підготовку до маневрування і його виконання розглядатимемо з **чотирьох етапів**:

- планування переміщення з урахуванням жорстких обмежень та довгострокового прогнозу параметрів гідрометеорологічних умов плавання;
- управління процесом руху відповідно до попереднього плану та його коригування за фактичними параметрами гідрометеорологічних умов плавання;
- виконання морських операцій на початкових та кінцевих ділянках переходу.

Особливістю першого етапу є можливість вирішення завдань початку плавання, інші можуть виконуватися лише у процесі управління.

Організація процесу маневрування та його виконання являють собою цілеспрямовані інтелектуальні дії оператора, і на кожному його етапі вирішується певне коло завдань.

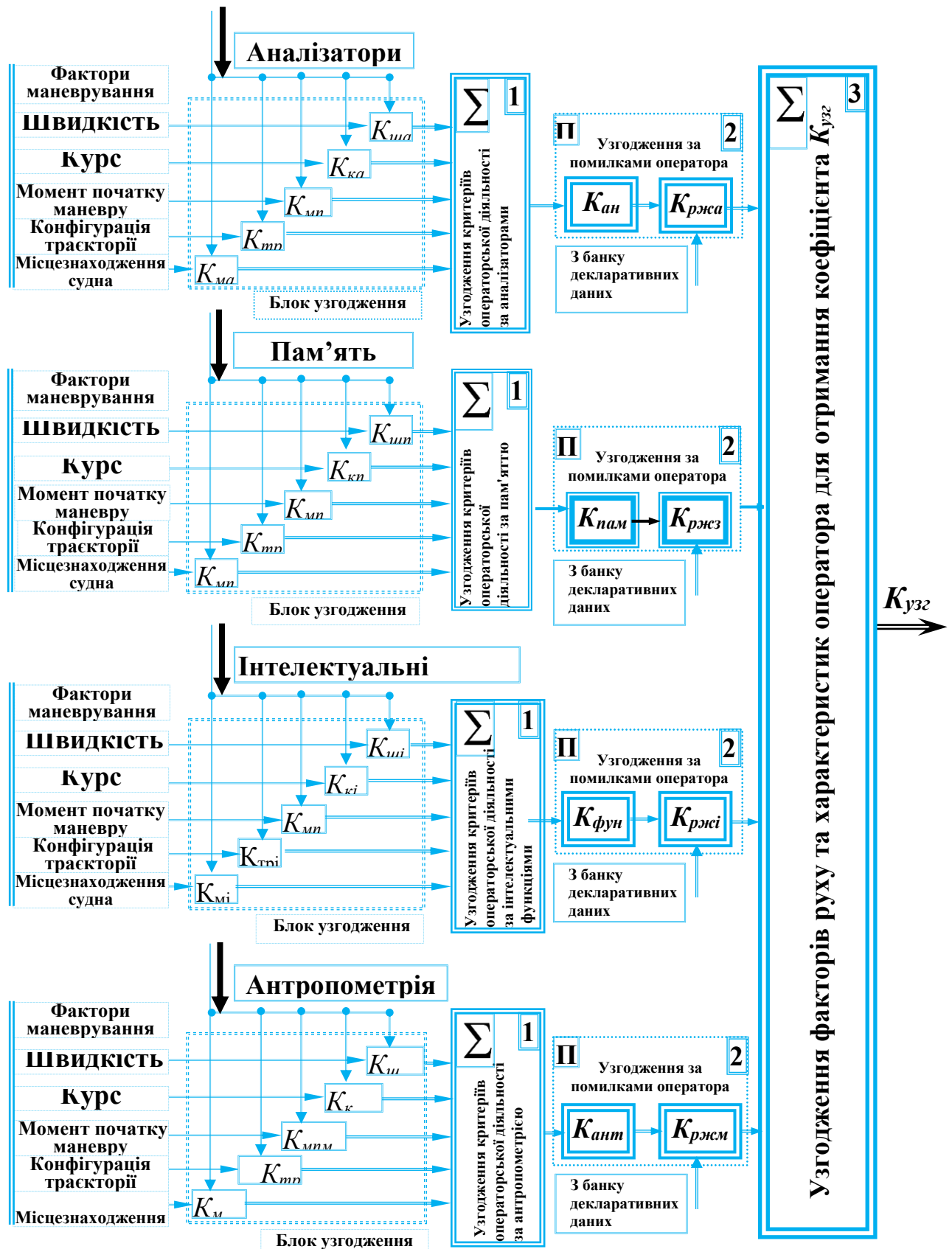


Рис. 3.1. Структурна схема алгоритму визначення коефіцієнта узгодженості для кількісної оцінки безпеки маневрування. Позначення блоків: 1 – узгодження за локальними критеріями; 2 – узгодження з урахуванням помилок оператора; 3 – глобальне узгодження переміщення;

Після того, як попередній план складено, можна приступати до виконання наступного етапу маневрування – управління процесом переходу. Для його реалізації необхідно:

- здійснити виконання морської операції з виходу з порту;
- уточнити параметри гідрометеорологічних факторів і скоригувати поправки, прийняті за прогностичними даними;
- ввести в роботу пристрій управління курсом (ручний або автоматичний), навігаційні пристрої з визначення місця судна, оцінки навігаційної обстановки і визначення моменту появи змінних обмежень руху судна.

При визначенні місця і наявності відхилення слід уточнити причини, що викликали зміщення, і скоригувати курс без зміни початкового плану з таким розрахунком, щоб судно вийшло в наступну маршрутну точку.

При появі змінних обмежень слід визначити, чи існує небезпека зіткнення, а, відповідно, і необхідність змінювати параметри руху. Якщо вона існує, то коригується початковий план шляхом зміщення наступної однієї або декількох шляхових точок у бік лінії доставки вантажу (лінії переміщення між портами). Після цього змінюється курс і/або швидкість для того, щоб забезпечити розбіжність і виконання скоригованого заданого алгоритму управління.

Оскільки при появі змінних обмежень зростає обсяг операторської роботи з обробки інформації, особливо при плаванні в обмежених умовах, при обмеженій видимості і наявності інтенсивного судноплавства, виникає необхідність наявності іншого оператора, який безпосередньо зайнятий не управлінням, а тільки обробкою інформації і підготовкою даних.

Таким чином, гарантовану безпеку управління маневруванням [334-337] передбачається забезпечити за рахунок підвищення рівня поінформованості та швидкодії систем обробки інформації з подальшою розробкою алгоритмів операторської діяльності шляхом:

- структурування тактичних і оперативних завдань, розробки алгоритмів інтелектуальних дій оператора при плануванні та управлінні рухом судна;
- розробки алгоритмів і програм розрахунку прогнозованої безпечної

швидкості в різних умовах плавання;

- планування морських операцій інверсним методом;
- створення системи підтримки прийняття рішень щодо маневрування;
- розробки алгоритмів поточного контролю розбіжності та способів коригування спочатку заданої траєкторії;
- розробки алгоритмів поточного контролю місцезнаходження, включаючи криволінійний рух і візуалізацію поточної ситуації розбіжності з суднами, які небезпечно маневрують.

10.1.4 АЛГОРИТМ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ МАНЕВРУВАННЯ

10.1.4.1 Етапи підготовки до процесу маневрування

Для забезпечення максимально можливої узгодженості факторів руху і жорстких, а також змінних обмежень, розглянемо послідовність формування заданого алгоритму процесу маневрування. Функціонування судна, як об'єкта управління, визначається видом виконуваних робіт і носить цілеспрямований характер. Типовим прикладом такого функціонування є вирішення задачі планування таким способом, який дозволить досягти поставлену мету переміщення з деякої початкової фіксованої ситуації до кінцевої.

Всі завдання планування переміщення з початкового фіксованого в цільове кінцеве положення виконують у просторі станів в умовах жорстких і змінних обмежень при наявності зовнішніх по відношенню до об'єкта управління впливів.

Оскільки протягом усього часу руху судно переміщається зі змінними параметрами (курс, швидкість, положення в просторі), будемо вважати, що маневрування відбувається на всьому переході, проте воно має різний характер, залежно від його позиції по відношенню до пункту відходу і приходу, а також характеру навігаційних умов.

Процес підготовки до маневрування і його виконання пропонується розглядати як такий, що складається з чотирьох етапів: планування процесу

переміщення з урахуванням жорстких обмежень і довгострокового прогнозу параметрів гідрометеорологічних умов плавання; управління процесом руху відповідно до попереднього плану і його коригування за фактичними параметрами гідрометеорологічних умов плавання; коригування початкового плану при появі змінних обмежень в процесі переміщення; виконання морських операцій на початкових і кінцевих ділянках переходу. Особливістю першого етапу є можливість вирішення завдань до початку, інші можуть виконуватися тільки в процесі управління, у зв'язку зі зміною стану судна, обмежень і зовнішніх впливів.

На першому етапі для заданого початкового стану визначається смислова структура бази вихідних даних, тобто ставиться стратегічне завдання щодо прогнозування способів управління та складу системи маневрування. Укрупнений алгоритм дій оператора з організації процесу маневрування наведено на рис. 4.1 (ШТ – шляхова точка).

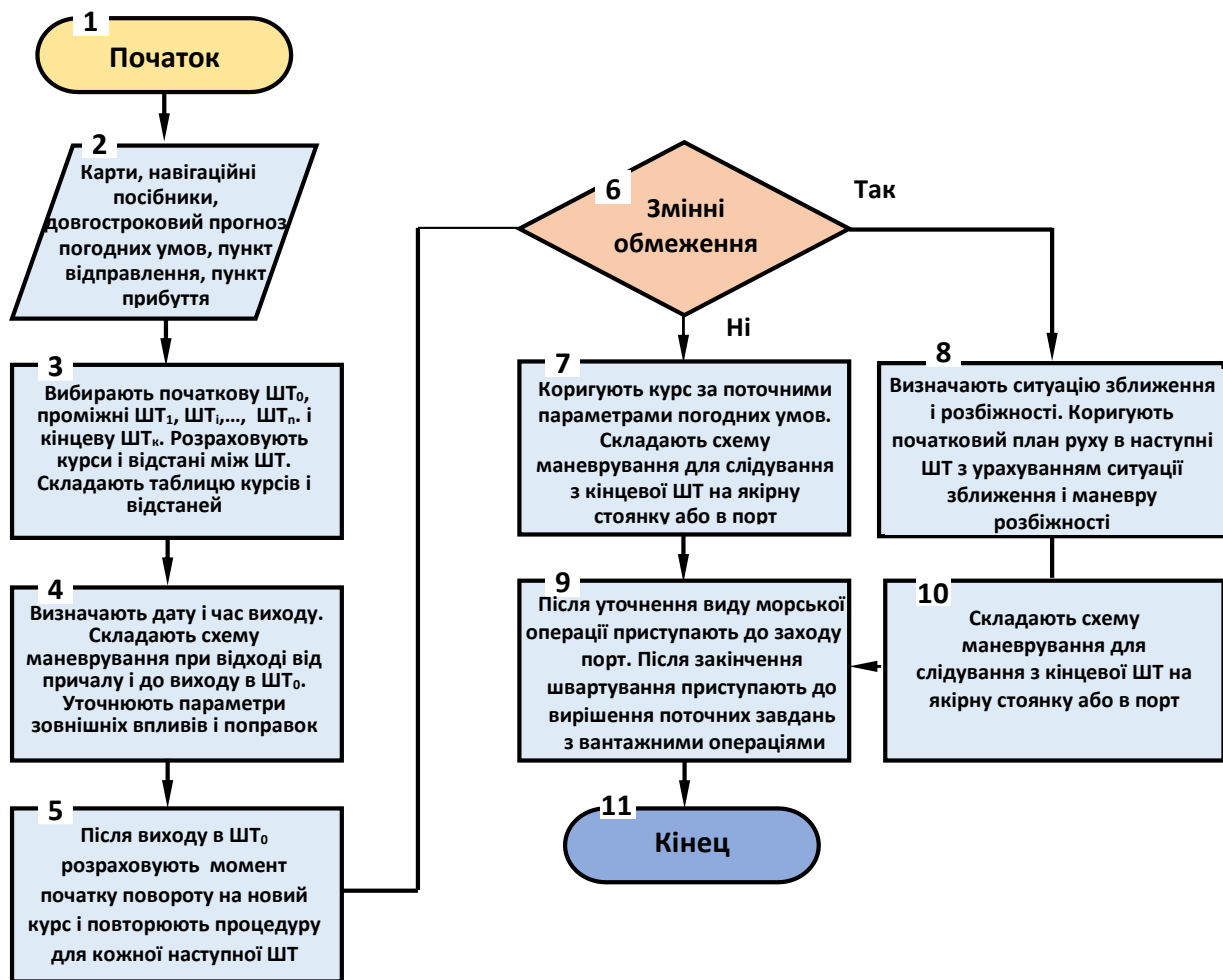


Рис. 4.1. Укрупнений алгоритм організації маневрування

Потім проводять декомпозицію кожного завдання і переходять від вихідних до елементарних завдань, що призводить до вирішення тактичних завдань щодо уточнення ділянок шляху, розрахунку поправок на зовнішні впливи і планування заданого алгоритму управління рухом судна.

Після побудови гіпотези вирішення елементарних завдань виникає необхідність розробки технологічного процесу виконання маневрування, який полягає в пошуку відповідності між вихідними даними і необхідними засобами для досягнення поставленої мети.

В результаті вирішення стратегічних і тактичних завдань, а також після розробки технології маневрування отримують заданий алгоритм функціонування процесу управління переміщенням судна. При цьому на етапі вирішення стратегічних і тактичних завдань маневрування характеристики судна

практично не присутні, тому такі завдання можна вважати типовими. У них враховуються тільки жорсткі обмеження і характеристики головної силової установки. При переході до технологічних процесів і декомпозиції вихідних завдань на елементарні виникає необхідність врахування маневрених характеристик для детального планування руху.

Вирішення зазначених завдань досягається шляхом виконання різних дій за певних обставин і в різних умовах за рахунок використання алгоритмів інтелектуальної діяльності. Особливістю процесу маневрування є той факт, що попереднє планування може бути здійснене тільки з урахуванням жорстких обмежень і макропоказників зовнішніх впливів, у яких відомі тільки прогнози їх імовірнісних характеристик. Змінні обмеження невідомі взагалі, тому вони не можуть бути враховані при попередньому плануванні та розробці заданого алгоритму функціонування процесу управління маневрами. Зазвичай час на виконання попереднього планування необмежений, і оператор визначає його сам за обсягом необхідної роботи.

Оскільки в процесі управління маневруванням доводиться змінювати заданий алгоритм за уточненими параметрами зовнішніх впливів [338-339], коригувати його при появі змінних обмежень і вирішувати технологічні завдання заново, то у оператора є обмежений час для виконання такої роботи, оскільки він зайнятий управлінням маневрами. Це істотно ускладнює виконання його інтелектуальних дій у зв'язку з необхідністю обробляти значно більше інформації, обсяг якої може перевищувати психофізіологічні можливості оператора щодо її сприйняття.

ВИСНОВКИ

Удосконалити систему управління навігаційною безпекою маневрування морського судна [335] можливо за рахунок введення нових елементів і організації прямого або зворотного зв'язку між системою управління і об'єктом управління, а саме: 1. Для підвищення інформаційної кібербезпеки [341-347] управління судном на містку встановити інформаційний пост, в якому

зосередити всю інформацію, що надходить, структурувати її за категорією важливості та призначенням, забезпечивши належний захист при прийомі, передачі, обробці та зберіганні. 2. Скоротити обсяг переданих відомостей у відкритий ефір, для попередження використання її кіберзлочинцями.

З появою автоматизованих ідентифікаційних систем точність визначення положення судна істотно збільшилася, що дозволяє зменшити похибки оцінки параметрів зближення. У зв'язку з відсутністю відповідних алгоритмів оцінки небезпеки зіткнення в берегових СУРС і недостатньою точністю розрахунку параметрів найкоротшої розбіжності вони не можуть попереджати надмірне зближення суден в зоні відповідальності і розробити їм рекомендації [348-349]. З цієї причини порівняльна оцінка точності обчислення параметрів найкоротшого зближення в суднових і берегових РЛС, а також при використанні даних АІС є актуальною.