ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 629.62

doi.org/10.33298/2226-8553/2021.1.32.11

Мельник О.В., Шапран Ю.Є., Матюхов А.Т., Бойко О. А.

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ БЕЗПЕКИ СУДНОВОДІННЯ

Стаття присвячена дослідженню системи підтримки прийняття рішення безпеки судноводіння. На сьогоднішній день існують складні інтелектуальні системи, які допомагають моделювати об'єкти та навколишнє середовище; високоточні системи позиціонування водного транспорту; швидкодіючі обчислювальні комплекси, які здатні виконувати необхідні розрахунки в стислі терміни. Однак, незважаючи на наділення людини новими ресурсними можливостями для забезпечення безпеки в людино-машинних системах, очікуваний рівень аварійності та загибелі після впровадження нової техніки суттєво не змінився. Причину таких невдач, насамперед, варто шукати в методах та підходах прийняття рішень. У складних технічних системах, до яких відноситься і водний транспорт, особа, яка приймає рішення на етапах вибору і прогнозування є не тільки самою ненадійною, але і самою непередбачуваною ланкою. У ході дослідження були вирішені такі завдання: проведено змістовний опис організації безпеки на морі та формалізацію даного завдання; аналіз методів прийняття рішень в умовах невизначеності та методів побудови систем підтримки прийняття рішення; - розроблено об'єктно-орієнтовану технологію проектування системи підтримки прийняття рішення з безпеки судноводіння; проведено синтез системи підтримки прийняття рішення безпеки судноводіння, окремих її елементів та розробити алгоритми функціонування її взаємодії.

Для досягнення поставлених цілей об'єктно-орієнтованого функціонування складних активних судових технічних систем запропонована і реалізована ООМ інформаційно-управляючого судового комплексу з використанням методів аналізу та синтезу підсистем, із застосуванням принципу функціональної декомпозиції, що здійснює циклічне рішення послідовності задач безпеки: підтримки внутрішніх параметрів судна в безпечних межах, забезпечення навігаційної безпеки плавання та попередження зіткнень суден.

Ключові слова: судноводіння, безпеки, технічні системи, судовий комплекс, технічні системи.

Постановка проблеми: Підвищення рівня автономності в сучасних людино-машинних системах (ЛМС), спроектованих за типом великих складних технічних об'єктів, призводить до розподілу центрів прийняття рішень. Це пов'язано з такими напрямками еволюції складних технічних систем, як децентралізація, прагнення до створення більш автономних за статусом об'єктів. На теперішній час для підвищення ефективності управляючої діяльності людини значні зміни відбулися в технічній підтримці прийняття рішень. З'явилися складні інтелектуальні системи, які допомагають моделювати об'єкти та навколишнє середовище; високоточні системи позиціонування водного транспорту; швидкодіючі обчислювальні комплекси, які здатні виконувати необхідні розрахунки в стислі терміни.

Проте, незважаючи на наділення людини новими ресурсними можливостями для забезпечення безпеки ЛМС, очікуваний рівень аварійності та загибелі після впровадження нової техніки суттєво не зменшився. Причину таких невдач, насамперед, варто шукати в методах та підходах прийняття рішень. У складних технічних системах, до яких відноситься і водний транспорт, особа, яка приймає рішення на етапах вибору і прогнозування є не тільки самою ненадійною, але і самою непередбачуваною ланкою. Таким чином, основним шляхом у підвищенні ефективності прийнятих рішень людиною, на сучасному етапі розвитку техніки, є розробка та впровадження технологій підтримки прийняття рішень при управлінні водним транспортом, як складними активними технічними системами (АТС).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення ступеня розробленості теми дослідження показало, що велика кількість активних систем (АС) відносяться до слабоформалізованих. Аналізу, моделюванню та управлінню АС присвячений значне число робіт вітчизняних і закордонних авторів, таких як Antoniou P., Baryam Yaneer, Boccara N., Chan S., Fiona A., Gareth W Parry, Haken H., Helton J., Holland J., Jennings N., Jing H., Koulouriotis D., Magee C., Scott A. DeLoach, Thunnissen D., Zhang D., Бусленко Н.П., Поспелов Д.А., Володін В.В., Гриф М.Г., Дубов В.М., Каляєв І.А., Колісников О.О., Макаров І.М., Павлов В.В., Савін Г.І., Сафронов В.В., Силов В.Б., Новіков Д.А., Губко М.В., Максимов В.І., Кулініч А.А., та інших, у яких відображені питання формалізації знань, опису організаційних структур, побудови когнітивних моделей і розробки різних підходів, що забезпечують необхідні показники якості управління даним класом систем. Загальне представлення про проблематику АС зводиться до урахування прояву активності систем, тобто волі вибору свого стану.

Мета дослідження полягає у підвищенні ефективності системи безпеки судноводіння за рахунок розроблення та впровадження системи підтримки прийняття рішень, яка ґрунтується на формалізованих та слабоформалізованих знаннях.

Виклад основного матеріалу. Для рішення проблем аварійності на флоті ІМО, розробила Систему управління безпекою (СУБ). СУБ – це структурована і документована система, яка дає можливість персоналу проводити політику судноплавної Компанії в області безпечного управління і захисту навколишнього середовища. СУБ – це "гуманітарний" спосіб рішення проблеми аварійності флоту, запропонований психологами, соціологами, лікарями, фахівцями з організації праці. Основна ідея рішення проблеми аварійності флоту полягає в створенні "захисних бар'єрів" на шляху помилок людини. Помилки людини повинні "розбиватися об захисні бар'єри" різних Процедур Компанії в області безпеки і захисту навколишнього середовища (рис. 1), сформованих за наступними основних напрямках:

- забезпечення безпеки судноводіння;
- попередження забруднення навколишнього середовища;
- забезпечення належного технічного стану судна;
- забезпечення безпечного перевезення вантажів;
- забезпечення особистої безпеки;
- структурно-управлінська політика.

Таким чином, існуюча СУБ побудована на кодексах, конвенціях, постановах і ін. законодавчих актах, які містять ряд методологічних формулювань, дозволили побудувати механізм підтримки безпеки мореплавання. Вважається, чим більше бар'єрів на шляху помилок судноводя, тим менше імовірність виникнення аварії або інциденту. Наскільки послідовно та ефективно реалізуються процедури Компанії, залежить успіх або невдача СУБ.

У зв'язку з цим буде цікавий аналіз аварійності флоту після введення СУБ у 1995 році. Найбільш частими були аварійні події (у світі) через посадку суден на міліну (32%), пожежі (22%), ушкодження герметичності корпусу (13%), штормові ушкодження (12%) і зіткнення суден (10%).

Рисунок 1 – Традиційна схема запобігання аваріям та інцидентам

Проблема безпеки на морі, і зокрема, - попередження зіткнень суден є однією з найважливіших на морському транспорті. Принципи розходження суден засновані на Міжнародних правилах попередження зіткнень суден у морі 1972 року (МППЗС-72). Останні правила були прийняті в Лондоні в жовтні 1972 року, що діють у даний час і обов'язкові для всіх моряків.

"Помилки судноводіїв" в існуючих процедурах управління судном, як правило, є суб'єктивними і представляють "ланцюг помилок", викликаних психічним, фізіологічним станом судноводія, недоліками в навчанні і т.д.

В основі другої причини невиконання МППЗС-72, а саме, змушеного відступу від Правил, лежать фактори, що не дозволили судноводію з ряду причин виробити рішення з попередження зіткнення суден за Правилами (відповідно до МППЗС-72).

Остання, третя, причина невиконання МППЗС-72 полягає в ігноруванні Правил (дії за домовленістю). Судноводій ігнорує дії (відмовляється виконувати Правила) МППЗС-72 і домовляється з іншим судном про маневр не запропонованому МППЗС-72. Це відбувається в тому випадку, коли судноводій у випадку небезпеки зіткнення суден зневажає принципами МППЗС-72, підмінюючи їх на комерційні, технічні, технологічні та інші цілі.

Виходячи з розглянутого аналізу проблем забезпечення безпеки судноводіння, можна зробити висновок, що сучасна СУБ, носить декларативний характер, залишаючи широке поле діяльності для конкретизації висунутих положень. У зв'язку з цим виникає потреба в проведенні даного дослідження в галузі безпеки на морі та розробці системи, яка здатна підвищити ефективність безпеки судноводіння.

Вирішенням проблеми безпеки на судні, відповідно до вектора розвитку техніки позначеним у резолюціях ІМО, є підвищення ефективності прийнятих рішень, зокрема створення Систем підтримки прийняття рішення (СППР) судноводієм. При дослідженні функціональних можливостей розроблювальної СППР безпеки судноводіння (СППР БС) пропонується використовувати принцип функціональної декомпозиції. Функціонування СППР БС повинне здійснюватися в режимі реального часу, що вимагає її інтеграції з наявними на судні засобами контролю руху і навігаційної ситуації. Процес функціонування СППР БС допускає циклічне рішення наступної послідовності завдань (рис. 2):

- завдання підтримки внутрішніх параметрів судна в безпечних межах (ЗПР_{ВП});
- завдання забезпечення безпеки навігаційної плавання (ЗПР_{НБП});
- завдання попередження зіткнень суден (ЗПР_{ПЗС}).

Отже проблематика та методи рішення завдань забезпечення безпеки судноводіння та АС будуть однаковими, а це значить, що розроблена СППР БС допоможе покращити ефективність прийнятих рішень судноводієм, де недоліки судноводія при обробці та прийнятті рішень, будуть компенсуватися СППР БС - призначеної для автоматичного одержання, аналізу, обробки інформації та представлення рішення судноводію, зв'язаної множиною системоутворюючих відносин з об'єднанням пристроїв управління інформаційними каналами в інформаційно-обчислювальну мережу.

Рисунок 2 – Декомпозиція функціональних завдань СППР БС

Система безпеки судноводіння є ієрархічною слабоформалізуємою системою, яка є результатом взаємодії часто суперечних один одному по цілям функціонування елементів, і має множину неявних прямих і зворотних зв'язків. Для роботи в таких умовах проєктуєма СППР БС повинна містити ряд інформаційних баз знань (БЗ): нормативну, експертну та прецедентну.

Відмітимо, що реалізація процесу забезпечення БС представляє собою складну задачу кооперативної неантагоністичної взаємодії з розподіленим прийняттям рішень, для якої критично важливим стає забезпечення координації такої взаємодії в умовах цілеспрямованої поведінки учасників, що намагаються забезпечити безпеку руху. Рішення даного завдання в СППР БС може бути реалізоване з використанням принципів траєкторно-цільового підходу до прогнозування руху суден у рамках спільного управління інтелектуальними логіко-динамічними об'єктами. Сутність

даного підходу складається у формуванні СППР БС прогнозних траєкторій руху суден виходячи з заданих цільових позицій, а також критеріїв і зон безпеки руху. Кожне судно представляється у виді взаємодіючого логіко-динамічного об'єкта, що володіє цілеспрямованою поведінкою і реалізує траєкторію свого руху виходячи з принципів безпеки в умовах виконання вимог МППЗС-72. Для моделювання даних процесів доцільно використовувати агентноорієнтований підхід. Кожен агент (як інформаційна сутність) буде представляти судно, а система взаємодії агентів стане основою для формування правил СППР.

Процес функціонування СППР БС складається з циклічного рішення наступної послідовності завдань:

- ідентифікація суден, що знаходяться в зоні можливого зіткнення;
- моніторинг параметрів руху суден та динаміки їх зміни;
- оцінка погрішності отриманих параметрів руху;
- класифікація суден за ступенем небезпеки;
- визначення множини взаємодіючих суден, для яких формуються можливі сценарії руху;
- визначення областей взаємних обов'язків суден, їх відповідність МППЗС-72 і границь зони безпеки власного судна;
- формування множини можливих сценаріїв (стратегій) руху суден;
- визначення стратегій руху, що відповідають заданим критеріям безпеки;
- моделювання можливих сценаріїв розвитку навігаційної ситуації на основі принципів траєкторно-цільового управління;
- вироблення можливих альтернатив по управлінню судном і надання їх капітану.

Судно виключається з розгляду СППР БС при формуванні сценаріїв групової взаємодії у випадку ідентифікації його як безпечного, але моніторинг параметрів руху такого судна продовжується при перебуванні його в межах зони дії автоматизованої системи. Для небезпечних і потенційно небезпечних суден СППР формує багатокрокову стратегію розходження на весь прогнозований період їх перебування в зоні взаємних обов'язків, з наступною корекцією стратегії у випадку, якщо поточний розвиток ситуації буде відрізнятися від прогнозованого. У процесі формування стратегії розходження враховується передбачувана зміна параметрів руху суден, обумовлене їх взаємодією один з одним відповідно до МППЗС-72 [11].

Результатом роботи СППР БС капітана є графічна візуалізація ситуації з вказівкою змін рекомендуємих параметрів руху власного судна [22].

Для побудови агентоорієнтованої моделі СППР БС проведемо аналіз підсистем і дослідимо зміни в її компонентах, які необхідні для організації взаємодії між ними в локальних вузлах обробки інформації.

Основним завданням при побудові СППР БС є створення середовища для рішення складних завдань БС, використовуючи механізм узгодження/консультацій між судами розподіленими в деякому географічному районі. Такий тип СППР БС можна віднести до СППР із розподіленим механізмом пошуку рішень. Елементом СППР БС є інтелектуальний агент. Приведемо таке визначення агента: “під агентом розуміється інформаційна сутність, наділена штучним інтелектом, здатна приймати рішення і обирати відповідно до нього свою поведінку в зовнішньому середовищі”. Дослідження організації СППР БС охоплюють весь спектр можливих взаємодій між судами-агентами, що, як правило, здатні до організації спільних дій для рішення конкретного завдання БС. На сучасному рівні формалізації системи БС, впровадження нових інформаційних, обчислювальних систем і технологічних рішень можна домогтися побудови СППР БС на принципах кооперації мультиагентних систем (МАС) [13, 18].

Найбільш цікавою, з погляду застосування МАС, є задача прийняття рішення з попередження зіткнення суден. Для розв'язання ЗПР ПЗС виникає необхідність узгодження дій (траєкторій розходження) двох або більш суден, причому з

урахуванням стану внутрішньої структури кожного із суден і впливу зовнішнього середовища який позначається на кожному із суден по-різному.

При цьому модель логічного виведення СППР БС, що представлена на рис. 3, відображає наступні етапи реагування [25]:

- якщо ситуація типова, то вироблення рекомендацій з управління за стандартним (формалізованим) шляхом – перехід судна в безпечний стан на основі інформації зворотного зв'язку про ступінь успішності управління (адаптація моделі);

- якщо ситуація якісно-нова, то здійснюється неформалізований пошук нового нестандартного рішення, а саме рішення формалізується і стає типовим (синтез моделі), тобто передається в майбутні стани.

Необхідними умовами реалізації СППР БС виступають датчики інформації і технічних систем, що безпосередньо сприймають впливи зовнішнього середовища, виконавчі органи судна, а також процесор - блок переробки інформації і пам'ять. Під пам'яттю тут розуміється здатність СППР БС зберігати інформацію про стан судна і стан середовища.

Рівень інтелектуальності судна залежить від його технічної забезпеченості. А відносини між суднами можуть будуватися за принципом “ведучий-ведений”. Нехай судно “А” – типу може приймати функції “ведучого” за наявності інтегрованої мостикової системи (IBS). Такі судна завдяки технічним можливостям представлення зовнішнього середовища і можливостям бази знань та логічному висновку, можуть запам'ятовувати та аналізувати різні ситуації, передбачати можливі реакції на свої дії, робити з цього висновки, корисні для подальших дій і планувати свою поведінку. Саме розвиті когнітивні здібності дозволяють таким судам будувати “віртуальні світи”, працюючи в яких вони формують плани дій. Інтелектуальні судна володіють добре розвинутою і поповнюваною символічною моделлю зовнішнього середовища, що досягається завдяки наявності в них бази знань, механізмів рішення й аналізу дій.

Для цілей організації МАС, що не володіють такого рівня інтелектуальністю, на маломірних суднах можливе використання Персональних систем навігації та моніторингу (СНМ). Така система має вбудований GPS - приймач і високоякісну електронну картографію, що дозволяє легко орієнтуватися в морі при будь-яких погодних умовах. Даний виріб може бути сполучений з захищеною радіолінією передачі даних про місце розташування маломірного судна, а також необхідною системою передачі інформації для організації кооперативної взаємодії між судами. У технічному забезпеченні маломірні судна на відміну від інтелектуального судна можуть не мати РЛС, САРП, гірокомпаса, датчиків кутової швидкості, метеостанції і т.д. У силу вищевказаних недоліків, такі маломірні судна мають обмежене бачення навколишнього середовища і діапазоном прогнозування. Зазначений тип суден можна віднести до комунікативного “веденого” судна-агента – “В” – типу. У комунікативних суден модель зовнішнього середовища перетворюється головним чином у модель комунікації, що складається з моделей учасників процесу БС і бажаної мети.

Судно “А” – типу не тільки спостерігає і визначає за допомогою своїх інформаційних і фізичних датчиків параметри зустрічного судна, але і координує дії суден по каналах взаємного обміну інформацією. У результаті рівень невизначеності системи БС знижується і формується спільний план дій розходження суден. Цей план допускає “краще рішення” - сумісне рішення для всіх суден [7].

Розглянемо формування спільного плану розходження на безпечну відстані двох суден “А” – типу. Взаємна “домовленість” суден допускає обов'язок виконувати дії спільно. Однак колективні дії не можуть початися доти, поки між судами не буде досягнуто згоди, що конкретно буде робити кожне судно. Для вироблення такої угоди служить стадія формування спільного плану. Переговори є механізмом вироблення такої угоди. Протокол переговорів є розподіленим алгоритмом пошуку угоди. На стадії формування спільного плану судна здійснюють спільні спроби домогтися такого стану

кожного судна, у якому всі судна “А” – типу виробили б спільний план, згодні з ним, і мають намір діяти по ньому.

Викладені принципи формалізації процесу розходження на безпечну відстань суден приводять до розгляду СППР БС як класу багаторівневих багатоцільових систем. Клас багаторівневих багатоцільових систем характеризується наявністю ієрархічних відносин між органом, який приймає рішення та елементами даної системи. Існування Координатора, у даному випадку, – відмінна риса такої системи. Проблема прийняття рішення на рівні Координатора є основною проблемою при створенні СППР БС на принципах МАС.

Реалізація кооперативного рішення проблеми попередження зіткнення N – суден можлива з застосуванням мультиагентного підходу [18]. Для представлення цілісності процесу розходження суден будь-яких типів на принципах МАС потрібно:

- встановити ієрархічність “А”– типу, “В”– типу або “А” + “В”);
- виявити і формалізувати взаємозв'язок між внутрішніми і зовнішніми елементами.

В основі проекрованої СППР БС розроблений підхід, в основі якого лежать принципи “ефективної і звичайної морської практики” і досвід застосування МППЗС-72 [19], що мають широкі можливості у виборі ефективних дій відповідно до стану судна і зовнішнього середовища. При проектуванні СППР БС пропонується керуватися базовими засадами попередження зіткнення суден по МППЗС-72, що полягають: судно здатне відслідковувати (Правило 5 Спостереження) “ту частину світу, що сприймається ним у сучасний момент”, визначати “існування небезпеки зіткнення” (Правило 7 Небезпека зіткнення) і приймати рішення, виходячи з внутрішнього стану судна (п. “b” Правило 2 Відповідальність) у виді простих логічних схем для попередження зіткнення суден (Правило 8 Дії для попередження зіткнення суден). Разом з тим судну потрібно не тільки опис існуючої ситуації, але так само інформація про мету дій, для попередження зіткнення з іншим суднами. “Дія ... повинна бути такою, щоб привести до розходження на безпечній відстані” (п. “d” Правило 8 Дії для попередження зіткнення суден), тобто потрібна інформація про те, на якій мінімальній відстані між судами (D_i) може забезпечуватися безпечне розходження суден у тих або інших “обставинах та умовах плавання”. Якщо системи ПЗС відповідає встановленим стандартам поведінки самого судна та зовнішнього середовища за умови виконання МППЗС-72, то функціональність даної моделі цілком підтверджується досягненням поставленої мети – розходження суден на (D_i). При виробленні послідовності дій, судно повинне керуватися пошуком і плануванням своїх дій, для того щоб знання, на які спираються його рішення, могли бути модифіковані відповідно до конкретної ситуації зближення судів.

З іншої сторони на ПЗС значно впливають умови плавання, наприклад, якщо видимість стає обмеженою, то судно повинне оновити свої знання про те, наскільки небезпечною стає ситуація зустрічі суден і які дії є кращими, виходячи з досвіду “ефективної морської практики”. Фактор “обмежена видимість” автоматично викликає скасування Правил 11-18 - Плавання суден на у видимості один одного і пропонує судну використовувати Правило 19 - Плавання при обмеженій видимості. У той же час Правила частини А – Плавання суден при будь-яких умовах видимості залишаються незмінними.

Таким чином, ПЗС представляє собою чергування ситуацій/періодів, протягом яких система поводить себе то як детерміновано, то як невизначено. Тому особливе значення має завдання розробки адаптивної моделі вироблення рішень, тобто моделі, яка здатна легко перебудовуватися і зберігати високий ступінь адекватності як при зміні цільових і оцінних установок, так і стану судна і зовнішнього середовища.

Формалізація системи БС дозволяє реалізувати методологію побудови інтелектуального судна “А” – типу на принципах МАС. Основними структурними

елементами судна “А” – типу є: зовнішнє середовище, корпус судна, система управління та інтелектуальні системи. Розглянемо ці елементи і їхні взаємозв'язки.

Зовнішнє середовище. Описувану модель зовнішнього середовища можна представити, як єдиний інформаційний простір

$$EIS = \langle X_i, K_i, G_{ij}, S \rangle \quad (1)$$

де X_i – судно; K_i – когнітивна модель i -го судна про зовнішнє середовище та самого себе, що реалізоване у вигляді інформаційного ресурсу; G_{ij} – характер інформаційної взаємодії X_i та X_j суден, де $i, j \in (1 \dots N)$, N – кількість суден в просторі; S – модель простору.

Сукупне відображення сприйняття зовнішнього середовища та підсистем самого судна здійснюється за допомогою Інтерфейсу, що є основою взаємодії всіх інформаційних підсистем СППР БС. Вхідна інформація Інтерфейсу формується на підставі технічних засобів судноводіння (рис. 2) відповідно до вимог конвенції SOLAS [70] у Главі V Правил 19 “Вимоги до оснащення суден навігаційними системами та обладнанням”.

З метою отримання, обробки і обміну інформацією повинні використовуватися дані існуючих радіотехнічних систем, як на судах, так і на берегових радіолокаційних станціях, що здійснюють моніторинг руху судів, і що мають обчислювальні пристрої для прогнозування дій по попередженню зіткнень. На рис. 3 наведено два типа обміну інформацією між судами для попередження зіткнення суден:

- достатній (суцільна подвійна стрілка);
- обмежений (пунктирна стрілка).

Рисунок 3 – Порядок обміну інформацією між судами різних типів

На рис. 3 позначено: ГНСС – глобальна навігаційна супутникова система; РЛС – радіолокаційна станція; САРП – система автоматизованої радіолокаційної прокладки трас; АІС – автоматична ідентифікація судна.

Математична модель руху судна, як управляємої динамічної системи $S(t)$ може бути представлена так:

$$S(t) = F(t, C, S(0), U(t), L(t), E(t)) \quad (2)$$

де F – оператор, який характеризує конкретну математичну модель судна; C – вектор постійних параметрів стану судна; $S(0)$ – сукупність змінних параметрів, які описують стан судна в нульовий момент часу; $U(t)$ – управляюча дія на судно в різні моменти часу; $L(t)$ – функція завантаженості судна; $E(t)$ – функція зовнішнього середовища та його впливу на судно (глибини в районі, швидкість вітру та течії, амплітудний та фазовий спектр хвилювання поверхні, спектр розповсюдження хвиль по акваторії за всіма частотами у часі, тощо).

Основними аспектами функціонування СППР БС, насамперед, є: цілеполювання, прогнозування, планування і узагальнення досвіду. Для опису стану судна з метою попередження зіткнення суден особливе значення має завдання прогнозування і побудови алгоритму руху судна на предмет необхідного маневру розходження суден $U(t)$ при відомих $C, F, S(t), L(t), E(t)$.

Підсистема обробки інформації та підсистема генерування рішень (процесор) виконує безпосередній та явно виражений локальний вплив на підсистеми, забезпечуючи безпеку плавання і маневрування. При цьому одним з найбільш важливих аспектів є сполучення цілеполюючої і реактивної функцій, що здійснює діяльність у динамічному нечіткому середовищі. Сполучення цих двох функцій здійснюється через динамічну зміну ситуації, сформованої судном “А” – типу для розходження N – суден на заданій відстані D_i . Дана структура відповідає ідеї агента, заснованого на принципах Переконавання-Бажання-Намір (Belief-Desire-Intention) (BDI) [8], що використовує точне представлення картини світу в символічній формі, а рішення приймаються на основі формальних міркувань та використання методів порівняння за зразком (деліберативні агенти).

У випадку існування небезпеки зіткнення однорідної групи суден “А” – типу (якщо $N > 2$) пропонується використовувати методи координації за допомогою протоколу обміну інформацією. Судна обмінюються один з одним інформацією за допомогою переговорів. Протокол взаємодії групи суден визначає схему (розподілений алгоритм), по якій ведуться такі переговори. Якщо позначити множину сприйняття – P , множину станів зовнішнього середовища E , а множину дій судна – A , то правила для судна з метою попередження зіткнення матиме вигляд:

$$des \subseteq Target(P, E, A) \quad (3)$$

Судно, що реалізує принципи BDI, вибирає специфічні дії з доступної множини можливих дій невизначеності ситуації $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ та намагається знайти та виконати кращий план π , що є серією дій, виконаних в деякому порядку.

Однією з відмітних властивостей даної моделі є здатність судна “А” – типу до побудови планів взаємодії з навколишнім середовищем. Плани являють собою визначені дії судна, що зберігаються в бібліотеці дій планів, що воно запускає для пошуку більшої кількості планів, щоб досягти розходження на безпечній відстані D_i . У залежності від поточної ситуації вибирається відповідний план дії для виконання. Якщо специфічний план досягнення мети зазнає невдачі, то вибирається інший план досягнення мети з усіх можливих планів. Процес пошуку закінчується знаходженням допустимого плану.

Для розв’язання конфліктів у “існуючих обставинах і умовах плавання” необхідно визначити міру сумісності дій для попередження зіткнення N – суден на всіх рівнях ієрархії. Процес оновлення $des' \subseteq Target(P, E, A)$ можна змоделювати відповідною функцією (drf – *desires revision function*). Функція перегляду переконань (brf) модифікує поточні переконання судна “А” – типу на основі множини всіх переконань Bel (як внутрішніх, так і зовнішніх), а також поточних результатів пізнавального процесу (перцепції Per):

$$brf: (Bel) \times Per \rightarrow Bel \quad (4)$$

“Інтерпретатор дій” здійснює перерахунок (ітерування) керуючих впливів, що задовольняє всіх учасників ПЗС, по ходу взаємного обміну інформацією про виконання управляючих дій для розходження з іншими судами за формулою (2.2) для досягнення на виході стану судна за формулою (2.3), що будуть задовольняти всіх учасників ПЗС і можуть бути безпосередньо реалізовані виконавчими механізмами судна.

Для реалізації об’єктно-орієнтованого підходу, розглянутого в дослідженні та переходу до більш ефективного управління безпекою судна, потрібні інтелектуальні системи нового класу. Такі системи повинні працювати в реальному часі, реагувати на події, виробляти рішення, оптимізувати ці рішення і постійно взаємодіяти з іншими судами в деякому районі плавання для вироблення й узгодження прийнятих рішень, після чого вести моніторинг і контролювати виконання спільно прийнятого колективного рішення.

Зазначені задачі повинні вирішуватися в інформаційно - управляючому судновому комплексі, структура якого показана на рис. 2.2.

У інформаційно - управляючому судновому комплексі можна виділити ряд рівнів управління (рис. 2.2). На кожному вищестоящому рівні задачі управління вирішуються з більшою точністю і кращою якістю при зменшенні ступеня участі судноводія в основному контурі управління. Даний підхід має важливе значення, оскільки в цьому випадку забезпечується зниження стомлюваності судноводія, і виключає суб'єктивні помилки. Розглянемо рівні автоматизації управління “інтелектуальним судном”. На рис. 2.2 прийняті наступні позначення: АНК - автоматизований навігаційний комплекс; АЕП - автоматизований електропривод; ОП - обчислювальний пристрій; ДЗВ - датчики збурюючих впливів; ДНІ - датчики навігаційної інформації; ДС - датчики станів; ДУО - датчики управляючих органів; МПУ - місцева пост управління; ПДУ - пост дистанційного управління; ПСП - пульт стежного пристрою; ПРУ - підрулюючий пристрій; РЛУ - рульовий пристрій; СЗОІ - система збору і обробки інформації; СК - схема контролю; СОНІ - система обробки навігаційної інформації; СОІ - система обробки інформації; СПІ - система представлення інформації; ССУ - система стежного управління; УО - управляємий об'єкт; ПС- пристрій сполучення; УП - управляючий пристрій; ЦПУ - центральний пульт управління.

Виконання плану переходу системою СУК полягає в підтримці відповідності між кінематичними параметрами судна та функціями часу, що задаються попередньою прокладкою траси судна. У цьому процесі управління виділяють водіння за маршрутом (СВМ) та регулювання швидкості бортовими системами водіння за маршрутом, які отримали офіційну назву Track Control Systems (TCS). СВМ керують курсом та бічним відхиленням від заданої лінії шляху, зводячи останнє до нульового значення.

Попередня прокладка, розрахована САП задається в пам'яті СВМ координатами точок повороту (WP - way points). Їм система надає порядкові номери, початкова точка маршруту вважається нульовою або першою. Частина шляху по локсодромії між двома сусідніми WP називається прямолінійним відрізком маршруту, а напрямок руху по ньому - курсом по відрізку маршруту (CUR - course under route). Відрізок маршруту, за яким в даний момент рухається судно, і шляхова точка, до якої воно йде, називають активними.

Згідно запронованим до планування шляху вимогам, маршрут, крім прямих відрізків, повинний включати і задані радіусом криволінійні ділянки поворотів з одного прямолінійного відрізка на інший. При провідці судна за наміченою траєкторією СВМ використовує інформацію про положення, курс та швидкість судна, отримані від позиційного датчика, гірокомпаса та лага. Датчиком координат судна звичайно є

приймач координат GPS або DGPS. Ним також може бути приймач інших електронних позиційних систем та РЛС.

Для покращення якості проводки СВМ може використовувати інформацію додаткових датчиків: показчика швидкості повороту, датчика параметрів вітру, вимірювача параметрів хитами і т.д.

Висновок: Для досягнення цілей об'єктно-орієнтованого функціонування складних активних суднових технічних систем запропонована і реалізована ООМ інформаційно-управляючого судового комплексу з використанням методів аналізу та синтезу підсистем, із застосуванням принципу функціональної декомпозиції, що здійснює циклічне рішення послідовності задач безпеки: підтримки внутрішніх параметрів судна в безпечних межах, забезпечення навігаційної безпеки плавання та попередження зіткнень судів.

Як технічний інструментарій підвищення ефективності системи складних технічних систем пропонується СППР - інтегрована інтелектуальна система семіотичного типу, що сполучає строги, формальні методи і моделі пошуку рішень з нестрогими, евристичними методами й моделями, які базуються на знаннях експертів, моделях людських міркувань, імітаційних моделях, неklasичних логіках та накопиченому досвіді.

Теоретичні положення та методи розробленої СППР реалізовані на прикладі задач прийняття рішень з підтримки внутрішньої та зовнішньої цілісності судна для рішення комплексу задач безпеки судноводіння наявними ресурсами судна, що можна кваліфікувати як нові підходи до побудови систем обробки інформації та прийняття рішень в управлінні рухом та судноводінні. Це дозволяє розширити можливості інформаційно-графічного моделювання і підвищити безпека судноводіння.

У ході дослідження отримано формалізований опис підсистем розроблювальної архітектури інтегрованої СППР, розроблено інтегрований підхід представлення і використання інформації для побудови інтегрованої СППР, що включає основні технологічні вимоги, вимоги до моделей даних та знань, до вибору інструментальних засобів і стратегій функціонування інтегрованої СППР, запропоновано метод синтезу структур й практична реалізація СППР безпеки судноводіння, як об'єктно-орієнтована реалізація запропонованих моделей і методів для створення програмних систем, що дозволяють виконувати підтримку прийняття рішень комплексом задач управління інформацією, базами даних і базою моделей, запропоновано алгоритми управління задачами системи безпеки судноводіння на основі СППР, ядро якої складає експертна система, що забезпечує побудову модулів СППР із метою ефективного аналізу слабоструктурованих проблем, запропоновано структуру інтерфейсу СППР, що забезпечує зв'язок між базами моделей, знань і даними, орієнтованого на людський фактор засобами та методами інтерфейсу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алиев, Р. А. Производственные системы с искусственным интеллектом / Р.А. Алиев, Н.М. Абдикеев, М.М. Шахназаров. М: Радио и связь. 1990. - 264 с.
2. Алтуни, А. Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях/А.Е. Алтуни, М.В. Семухин. – Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2000. - 352 с.
3. Астанин, С. В. Поиск нечетких правил на основе анализа базы данных / С.В. Астанин, Н.К.Жуковская, Э.В.Чепиков // Перспективные информационные технологии и интеллектуальные системы. сб. науч.тр. – Таганрог.: Таганрог. радио тех. университет, 2000. – С. 232 - 239.
4. Астреин, В.В. Идентификация состояния судов / В.В.Астреин // Материалы научно-технической конференции. Стратегия развития транспортно-

- логистической системы Азово-черноморского бассейна. Новороссийск. РИО МГА им. адм. Ф.Ф.Ушакова, 2007.
5. Астреин, В.В. Когнитивная концепция системы поддержки принятия решений предупреждения столкновения судов / В.В.Астреин // Известия Вузов. Северо-Кавказский Регион. Технические науки. Спецвыпуск. Ростов-на-Дону, Ростовский Госуниверситет, 2008.
 6. Астреин, В.В. Формирование информационной модели состояния судна / В.В.Астреин // Спутник+, Естественные и технические науки №187(5), Москва, "ООО Издательство Спутник +", 2010.
 7. Астреин, В.В. Формальная модель гибридной системы логического вывода предупреждения столкновений судов / В.В. Астреин // Эксплуатация морского транспорта № 4(82), Новороссийск, РИО ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2016.
 8. Астреин, В.В. Процедура и схема согласования действий группы судов для предупреждения столкновений / В.В. Астреин // Эксплуатация морского транспорта № 1(83), Новороссийск, РИО ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2017
 9. Астреин, В.В. Методика решения задачи выбора структуры СППР безопасности судовождения / В.В. Астреин // Эксплуатация морского транспорта № 1(83), Новороссийск, РИО ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2017
 10. Атанс, М. Оптимальное управление / М. Атанс, П. Фалб. М.:Машиностроение, 1968.
 11. Беллман, Р. Принятие решений в расплывчатых условиях / Р. Белман, Л. Заде - В кн.: Вопросы анализа и процедуры принятия решений.- М.: Мир, 1976. - С. 172-215.
 12. Брайсон, А. Прикладная теория оптимального управления. Оптимизация, оценка и управление /А. Брайсон, Ю. Ши. М.: Мир, 1975.
 13. Бредихин К.Н. Распределенный вывод на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Теория и практика системного анализа : I Всерос. науч. конф. молодых ученых / К.Н.Бредихин, П.Р. Варшавский. - Рыбинск: РГАТА им. П.А. Соловьева, 2010. Т. 1. С. 57–62.1.
 14. Бугайченко, Д. Ю. Материалы диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей» / Д.Ю. Бугайченко. - Спб.: Санкт-Петербургский государственный университет, 2007. -259 с.
 15. Бурков, В.Н. Теория активных систем: состояние и перспективы / Бурков В.Н., Новиков Д.А. - М.: Синтег, 1999. – 128 с.
 16. Бурмака, И. А. Поликритериальное управление процессом судовождения / И.А. Бурмака, С.А. Дудник // Судовождение. – 2006. – Вып. 12. – С. 26-30.
 17. Быков, А. Ю. Модели и алгоритмы построения распределенных систем поддержки принятия решений: дис. канд. тех.наук: 05.13.01 / Быков Андрей Юрьевич. М., 2003. – 148 с.
 18. Вагущенко, Л.Л. Повышение информативности судовых систем предупреждения столкновений / Л.Л. Вагущенко, А.Л. Вагущенко. // Судовождение: Вып. 16. – Одесса: «ИздатИнформ», 2009. — С. 18-26.
 19. Вагущенко, Л. Л. Поддержка решений по расхождению с судами / Л. Л. Вагущенко, А. Л. Вагущенко. - Одесса: Феникс, 2010. - 229 с.
 20. Городецкий, В.И. Многоагентные системы (обзор) / В.И. Городецкий, М.С. Грушинский, А.В.Хабалов // Новости искусственного интеллекта, - 1998. - № 2. - С. 64-116.
 21. Городецкий, В.И. Программная инфраструктура для поддержки концепции повсеместных вычислений в многоагентных P2P системах / В.И. Городецкий,

- О.В. Карсаев, В.В. Самойлов // Информационные технологии и вычислительные системы. - 2008. - №4. - С. 51-56.
22. Городецкий, В.И. Прикладные многоагентные системы группового управления / В.И. Городецкий, О.В. Карсаев // Искусственный интеллект и принятие решений. - 2009. - №2. - 24 с. .
23. Mastellone, S. Formation Control and Collision Avoidance for Multi-agent Non-holonomic Systems: Theory and Experiments / Silvia Mastellone, Dusan M. Stipanovic, Christopher R. Graunke, Koji A. Intlekofer and Mark W. Spong // The International Journal of Robotics Research Coordinated Science Laboratory, University of Illinois, Vol 27. No. 1, Janyary 2008. – P. 107-126.
24. Perepa, L.P. Fuzzy logic based decision making system for collision avoidance of ocean navigation under critical collision conditions / L.P.Perera, J.P. Cavalho, C. Guedes Soares. Lisbon: 2011. Centre for Marine Technology and Engineering (CENTEC), Technical University of Lisbon. p. 84-99/
25. SOLAS : Consolidated text of the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, and its Protocol of 1988: articles, annexes and certificates : IMO : 2004 edition – London.: IMO publication, 2005.- 565 p. ISBN 92-801-4183-X.
26. STCW : International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978, as amended in 1995 and 1997: IMO : 2001 edition – London.: IMO publication, 2001.- 277 p. ISBN 978-92-801-5108-4.
27. Swift, A. J. Bridge team management [second edition] / Capt. A. J. Swift. London.: The Nautical Institute, 2004. – 118 p. ISBN 1-870077-66-0.
28. Wu Lee Gilbert Managing collision avoidance at sea / Capt. Gilbert Wu Lee C.J. Parker: A practical Guide. – First edition - London: The Nautical Institute, 2007. -181 p. ISBN 1 870077 86 5/

REFERENCES

1. Alyev, R. A. Production systems with artificial intelligence / R.A. Alyev, N.M. Abdykeev, M.M. Shakhnazarov. M: Radyo y sviaz. 1990. - 264 s.
2. Altunyn, A. E. Models and algorithms for decision making in fuzzy conditions /A.E. Altunyn, M.V. Semukhyn. – Tiumen: Yzd-vo Tiumenskoho hosudarstvennoho unyversyteta, 2000. - 352 s.
3. Astanyn, S. V. Models and algorithms for decision making in fuzzy conditions / S.V. Astanyn, N.K.Zhukovskaia, Э.В.Чепыков // Perspektivnye ynformatsyonnye tekhnolohyy y yntellektualnye systemy. sb. nauch.tr. – Tahanroh.: Tahanroh. radyo tekhn. unyversytet, 2000. – S. 232 - 239.
4. Astreyn, V.V. Identification of the condition of ships / V.V.Astreyn // Materyaly nauchno-tekhnycheskoi konferentsyy. Stratehiya razvytyia transportno-lohystycheskoi systemy Azovo-chernomorskoho basseina. Novorossyisk. RYO MHA ym. adm. F.F.Ushakova, 2007.
5. Astreyn, V.V. Cognitive concept of ship collision prevention decision support system / V.V.Astreyn // Yzvestyia Vuzov. Severo-Kavkazskiy Rehyon. Tekhnycheskiye nauky. Spetsvypusk. Rostov-na-Donu, Rostovskiy Hosuniversityet, 2008.
6. Astreyn, V.V. Formation of an information model of the state of the vessel / V.V.Astreyn // Sputnik+, Estestvennyye y tekhnnycheskiye nauky №187(5), Moskva, "OOO Yzdatelstvo Sputnik +", 2010.
7. Astreyn, V.V. Formal model of a hybrid system of logical inference of collision prevention of ships / V.V. Astreyn // Ekspluatatsiya morskoho transporta № 4(82), Novorossyisk, RYO HMU ym. adm. F.F. Ushakova, 2016.

8. Astreyn, V.V. Procedure and scheme for coordinating the actions of a group of vessels to prevent collisions / V.V. Astreyn // *Eksploatatsiya morskoho transporta* № 1(83), Novorossyisk, RYO HMU ym. adm. F.F. Ushakova, 2017
9. Astreyn, V.V. Methods for solving the problem of choosing the structure of DSS navigation safety / V.V. Astreyn // *Eksploatatsiya morskoho transporta* № 1(83), Novorossyisk, RYO HMU ym. adm. F.F. Ushakova, 2017
10. Atans, M. Optimal management / M. Atans, P. Falb. M.: Mashynostroenye, 1968.
11. Bellman, R. Decision making in vague conditions / R. Belman, L. Zade - V kn.: *Voprosy analiza y protsedury pryniatyia reshenyi.* - M.: Myr, 1976. - S. 172-215.
12. Braison, A. Applied theory of optimal control. Optimization, evaluation and management/A. Braison, Yu. Shy. M.: Myr, 1975.
13. Bredykhyn K.N. Distributed conclusion based on precedents in intelligent decision support systems // *Teoriya y praktyka systemnoho analiza : I Vseros. nauch. konf. molodykh uchennykh* / K.N.Bredykhyn, P.R. Varshavskiy. - Rybinsk: RHATA ym. P.A. Soloveva, 2010. T. 1. S. 57–62.1.
14. Buhaichenko, D. Yu. Materials of the dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of physical and mathematical sciences on a specialty "Mathematical and software of computers, complexes and computer networks"/ D.Iu. Buhaichenko. - Spb.: Sankt-Peterburhskiy gosudarstvennyi unyversytet, 2007. - 259 s.
15. Burkov, V.N. Theory of active systems: state and prospects / Burkov V.N., Novykov D.A. - M.: Synteh, 1999. – 128 s.
16. Burmaka, Y. A. Multicriteria management of the navigation process / Y.A. Burmaka, S.A. Dudnyk // *Sudovozhdenye.* – 2006. – Выр. 12. – S. 26-30.
17. Быков, А. Ю. Models and algorithms for building distributed decision support systems: 05.13.01 / Быков Andrei Yurevych. M., 2003. – 148 s.
18. Vahushchenko, L.L. Improving the informativeness of ship collision avoidance systems / L.L. Vahushchenko, A.L. Vahushchenko. // *Sudovozhdenye: Выр. 16.* – Odessa: «YzdatYnform», 2009. — S. 18-26.
19. Vahushchenko, L. L. Support for decisions on disagreement with the courts / L. L. Vahushchenko, A. L. Vahushchenko. - Odessa: Fenyks, 2010. - 229 s.
20. Horodetskyi, V.Y. Multi-agent systems (overview)/ V.Y. Horodetskyi, M.S. Hrushynskiy, A.V.Khabalov // *Novosty yskusstvennoho yntellekta*, - 1998. - № 2. - S. 64-116.
21. Horodetskyi, V.Y. Software infrastructure to support the concept of ubiquitous computing in multi-agent P2P systems / V.Y. Horodetskyi, O.V. Karsaev, V.V. Samoilov // *Ynformatsyonnye tekhnolohyy y vychyslytelnye systemy.* - 2008. - №4. - S. 51-56.
22. Horodetskyi, V.Y. Applied multi-agent group control systems / V.Y. Horodetskyi, O.V. Karsaev // *Yskusstvennyi yntellekt y pryniatye reshenyi.* - 2009. - №2. - 24 s.
23. Mastellone, S. Formation Control and Collision Avoidance for Multi-agent Non-holonomic Systems: Theory and Experiments / Silvia Mastellone, Dusan M. Stipanovic, Christopher R. Graunke, Koji A. Intlekofer and Mark W. Spong // *The International Journal of Robotics Research Coordinated Science Laboratory, University of Illinois*, Vol 27. No. 1, Janyary 2008. – P. 107-126.
24. Perepa, L.P. Fuzzy logic based decision making system for collision avoidance of ocean navigation under critical collision conditions / L.P.Perera, J.P. Cavalho, C. Guedes Soares. Lisbon: 2011. Centre for Marine Technology and Engineering (CENTEC), Technical University of Lisbon. p. 84-99/
25. SOLAS : Consolidated text of the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, and its Protocol of 1988: articles, annexes and certificates : IMO : 2004 edition – London.: IMO publication, 2005.- 565 p. ISBN 92-801-4183-X.

26. STCW : International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978, as amended in 1995 and 1997: IMO : 2001 edition – London.: IMO publication, 2001.- 277 p. ISBN 978-92-801-5108-4.
27. Swift, A. J. Bridge team management [second edition] / Capt. A. J. Swift. London.: The Nautical Institute, 2004. – 118 p. ISBN 1-870077-66-0.
28. Wu Lee Gilbert Managing collision avoidance at sea / Capt. Gilbert Wu Lee C.J. Parker: A practical Guide. – First edition - London: The Nautical Institute, 2007. -181 p. ISBN 1 870077 86 5/

Мельник О.В., Шапран Ю.Є., Матюхов А.Т., Бойко О. А.

RESEARCH OF THE SYSTEM OF SUPPORTING THE DECISION-MAKING OF SAFETY SAFETY

The article is devoted to the study of the decision support system for navigation. Today, there are sophisticated intelligent systems that help model objects and the environment; high-precision positioning systems for water transport; high-speed computing systems that are able to perform the necessary calculations in a short time. However, despite the endowment of man with new resource opportunities to ensure safety in human-machine systems, the expected level of accidents and deaths after the introduction of new equipment has not decreased significantly. The reason for such failures, first of all, should be sought in the methods and approaches of decision making. In complex technical systems, which include water transport, the decision-maker at the stages of selection and forecasting is not only the most unreliable, but also the most unpredictable link. During the study, the following tasks were solved: a meaningful description of the organization of safety at sea and the formalization of this task; analysis of decision-making methods in conditions of uncertainty and methods of building decision support systems; - developed object-oriented technology for designing a decision support system for navigation safety; synthesis of the system of decision support of navigation safety of its navigation, its separate elements is carried out and algorithms of functioning and interaction are developed.

To achieve the goals of object-oriented operation of complex active ship technical systems proposed and implemented OOM information and control ship complex using methods of analysis and synthesis of subsystems, using the principle of functional decomposition, which provides a cyclical solution to the sequence of safety tasks: maintaining internal parameters of the vessel within safe limits, ensuring navigational safety of navigation and prevention of collisions of vessels.

Key words: navigation, safety, technical systems, ship complex, technical systems.

Мельник О.В., Шапран Ю.Е., Матюхов А.Т., Бойко О. А.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОВОЖДЕНИЯ

Статья посвящена исследованию системы поддержки принятия решения безопасности судоходства. На сегодняшний день существуют сложные интеллектуальные системы, которые помогают моделировать объекты и окружающую среду; высокоточные системы позиционирования водного транспорта; быстродействующие вычислительные комплексы, которые способны выполнять необходимые расчеты в сжатые сроки. Однако, несмотря на наделение человека новыми ресурсными возможностями для обеспечения безопасности в человеко-машинных системах, ожидаемый уровень аварийности и гибели после внедрения новой техники существенно не уменьшился. Причину таких неудач, прежде всего, следует искать в методах и подходах принятия решений. В сложных технических системах, к которым относится и водный транспорт, лицо, принимающее решение на этапах

выбора и прогнозирования является не только самой ненадежной, но и самой непредсказуемой звеном. В ходе исследования были решены следующие задачи: проведен содержательный анализ организации безопасности на море и формализацию данной задачи; анализ методов принятия решений в условиях неопределенности и методов построения систем поддержки принятия решения; - разработан объектно-ориентированную технологию проектирования системы поддержки принятия решения по безопасности судоходства; проведен синтез системы поддержки принятия решения безопасности судоходства, отдельных ее элементов и разработать алгоритмы функционирования и взаимодействия.

Для достижения поставленных целей объектно-ориентированного функционирования сложных активных судовых технических систем предложена и реализована ООМ информационно-управляющего судового комплекса с использованием методов анализа и синтеза подсистем, с применением принципа функциональной декомпозиции, осуществляет циклическое решение последовательности задач безопасности: поддержки внутренних параметров судна в безопасных пределах, обеспечения навигационной безопасности плавания и предупреждения столкновений судов.

Ключевые слова: судоходства, безопасности, технические системы, судовой комплекс, технические системы.