

Зазірний А.А.

МЕТОД ФОРМАЛІЗАЦІЇ ЗНАНЬ ПРО ПРОЦЕС ОЦІНКИ ДІЙ СУДНОВОДІЯ СУДНА-ПОТЕНЦІЙНОЇ ЗАГРОЗИ

У статті розроблено метод формалізації знань про процес оцінки дій судноводія судна-потенційної загрози, який дозволяє автоматизувати оцінку маневру судна-потенційної загрози для попередження ситуацій небезпечного зближення (зіткнення). Експлуатація складних систем, до якої можна віднести діяльність судноводія під час управління рухом судна, характеризується високим ступенем напруженості роботи при виникненні небезпечних ситуацій. При експлуатації можуть змінюватися загальні характеристики системи "судноводій – судно – середовище" через варіабельність характеристик судноводія, викликану зміною впливу навігаційної обстановки, в якій відбувається експлуатація судна, складністю реалізованих алгоритмів діяльності, часом безперервної роботи оператора і т. п. Ефективність функціонування системи "судноводій – судно – середовище" як кінцевої ланки у безпеці плавання у значній мірі визначається впровадженням нових інформаційних технологій та можливостями судових систем управління. Наявність навігаційних небезпек та інтенсивність руху суден значною мірою ускладнюють судноводіння в обмежених водах і створюють підвищені ризики виникнення аварійних ситуацій. У разі небезпечного зближення суден виникає ситуація, яка передбачає спільні узгоджені дії судноводіїв щодо попередження можливого зіткнення. Однак питання формалізації оцінки дій судноводія судна-потенційної загрози, особливо координованих взаємодій мало досліджені, хоча проблема актуальна, тому що її рішення дозволяє забезпечити більш високий рівень безпеки розходження судів. Тому розробка методу формалізації знань про процес оцінки дій судноводія судна-потенційної загрози дозволить підвищити безпеку судноплавства за рахунок підвищення оперативності та обґрунтованості прийняття рішення при плануванні маневру розходження в ситуації небезпечного зближення (зіткнення).

Ключові слова: судно, судноводій ситуація небезпечного зближення, навігаційна обстановка.

Постановка проблеми. Впровадження систем підтримки прийняття рішення (СППР) у системи управління судном дозволило удосконалити процес прийняття рішень з оцінки дій судноводія судна-потенційної загрози. Отримані результати дослідження діяльності судноводія показали, що при проектуванні СППР, як правило, застосовувався системотехнічний підхід [1]. У кращому випадку характеристики та обмеження, властиві людині, враховувалися при проектуванні підсистем введення – виведення інформації систем управління судном. При цьому таке врахування поширювалося в основному на психофізіологічні параметри людини.

Застосування нових підходів до проектування СППР дозволить розвинути управлінські інформаційні системи до високого ступеня інтелектуалізації діяльності судноводія при прийнятті рішень в ситуаціях небезпечного зближення (зіткнення), що характеризуються високою складністю, невизначеністю та слабкою структурованістю [2]. Концептуальною основою проектування сучасних систем управління, що включають в себе СППР, повинен бути антропоцентричний підхід [3]. Ґрунтуючись на результатах дослідження діяльності судноводія при оцінці дій судноводія судна-потенційної загрози і з огляду на антропоцентричний підхід до автоматизації процесів інформаційного забезпечення його діяльності, необхідно автоматизувати рішення таких завдань:

- оцінка ситуації, відповідно до навігаційної обстановки, що склалася в межах зони відповідальності судноводія;
- оцінка маневру судна-потенційної загрози.

Такий підхід вдосконалення інформаційного забезпечення процесу оцінки дій судноводія судна-потенційної загрози призводить до необхідності розробки методів автоматизованого рішення завдань оцінки навігаційної обстановки та дій судноводія, а також зміни структури інформаційних моделей та методів управління ними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літератури показав, що дане завдання є актуальним, і для його рішення розроблені підходи, засновані на різних методах обробки інформації і вироблення рішень. У роботі [4] розглядаються стандартні підходи для оцінки ситуації небезпечного зближення, засновані на прогнозуванні подальшої ситуації на чисельних методах розрахунку руху суден. Даний підхід враховує, в основному, інформацію від одного джерела, не враховує методи об'єднання інформації від різних джерел для отримання більш повної інформаційної моделі ситуації. Пропонується використовувати математичний апарат нечітких множин для оцінки ризику небезпечної ситуації. У роботі [5] для оцінки ситуації запропоновано використовувати сценарну модель настання аварійної морської події (АМП). Розглянуті в роботі методи засновані на евристичній ймовірнісній ідентифікації, графоаналітичній формалізації і супроводі за показовим законом зміни поточної ситуації за часом. Використовується ймовірнісна модель аварійної ситуації. Недоліком є досить велика надмірність системи. У роботах [6-7] ситуації визначаються на основі формування результуючих часткових взаємодій судів. Для побудови використовуються навігаційні параметри руху судна і правила МППСС-72. У роботі [8] ситуації небезпечного зближення визначають на основі розроблених методів побудови небезпечних зон, потрапляння судів в які може призвести до зіткнення. Для побудови цих зон розглядаються лише навігаційні параметри руху суден. У роботі [9] запропоновано використовувати математичний апарат нечітких множин для обробки сигналів від судових РЛС для більш точного визначення параметрів руху суден і формування на основі цих даних інформації про ситуацію. У роботі [10] розглянута гібридна модель логічного виведення з об'єднанням механізму прийняття рішень на основі прецедентів з механізмом, заснованим на правилах або обмеженнях. Показано, що завдання вироблення рішень для забезпечення безпеки судна є актуальними для запобігання небезпечним ситуаціям в водних акваторіях.

Мета дослідження полягає у підвищенні оперативності та обґрунтованості прийняття рішення у процесі планування маневру розходження в ситуації небезпечного зближення (зіткнення).

Основні результати дослідження. Одним із завдань оцінки навігаційної обстановки при плануванні маневру запобігання небезпечного зближення (зіткнення) є завдання оцінки дій судноводія судна-потенційної загрози (далі судно-загроза). У ході вирішення даного завдання необхідно врахувати ряд допоміжних завдань. Такими завданнями є: завчасне розпізнавання судна-потенційної загрози, визначення зони можливих маневрів судна-потенційної загрози, прогнозування дій судноводія судна-загрози щодо попередження ситуації небезпечного зближення (зіткнення) та ін. Необхідно відмітити, що вирішення даного завдання значно ускладнюється в умовах складної навігаційної обстановки (складні метеогідрологічні умови, проходження мілководдя, вузькостей, районів з інтенсивним рухом та ін.). За цих умов судноводії не можуть у повній мірі користуватися вимогами керівних документів щодо запобігання ситуацій небезпечного зближення (зіткнення), оскільки виконуючи маневр відповідно до вимог керівних документів, може виникнути ситуація небезпечного зближення (зіткнення) з іншою навігаційною перешкодою. Далі розглянемо метод рішення завдання оцінки маневру судна-загрози при виникненні ситуації небезпечного зближення (зіткнення).

Рішення оцінки маневру судна-загрози є однією зі складових процесу оцінки навігаційної обстановки судноводієм. Якість вирішення даного завдання в значній мірі впливає на формування рішення при плануванні маневру розходження в ситуації

небезпечного зближення (зіткнення). Оцінка маневру судна-загрози проводиться на основі аналізу таких даних:

1. Дані про власне судно.
2. Навігаційна обстановка в зоні відповідальності судноводія.
3. Дані про судно-загрозу.

4. Можливі напрямки руху, найбільш ймовірні маневри; можливі варіанти дій судноводія судна-загрози та ін.

Визначити маневр судна-загрози можна з урахуванням даних про його просторове положення, знань про цілі та завдання, покладені на судноводія судна-загрози. Методи вирішення завдання визначення маневру судна загрози були розглянуті в роботі [4].

Проведений аналіз показує, що існуючі методи оцінки маневру судна-загрози не дозволяють врахувати динаміку зміни навігаційної обстановки в умовах накопичення інформації про дії судноводія судна-загрози, а також використовувати знання про способи побудови виконання маневру розходження в ситуації небезпечного зближення (зіткнення). Не враховуються також цілі та завдання, які вирішуються судноводієм в ситуації небезпечного зближення (зіткнення). Таким чином, актуальним є розробка методу оцінки маневру судна-загрози в небезпечних ситуаціях, що враховує недоліки зазначені вище. При розробці методу оцінки маневру судна-загрози введемо ряд припущень і обмежень:

1. Судноводій судна-загрози діє цілеспрямовано і прагне до досягнення своїх цілей.

2. Основною метою дій судноводія судна-загрози є забезпечення безпеки плавання, збереження життя та здоров'я екіпажу, недопущення пошкодження або втрати судна та вантажу.

3. Судноводій судна-загрози керується накопиченим досвідом управління судном, що робить можливим використання даного досвіду при розробці пропонованого методу.

4. Судноводій судна-загрози намагається мінімізувати свої втрати в ситуації небезпечного зближення (зіткнення).

5. Судноводій судна-загрози керується вимогами керівних документів [3] при побудові маневру розходження, і ці дані використовує при визначенні маршруту при запобіганні ситуації небезпечного зближення зіткнення.

6. Маневр розходження судна-загрози здійснює найкоротшим шляхом. У ситуації небезпечного зближення (зіткнення) судноводій судна-загрози змінює маршрут тільки після зникнення небезпеки для власного судна.

Керуючись даними припущеннями та обмеженнями, перейдемо до розробки методу оцінки маневру судна-загрози в ситуації небезпечного зближення зіткнення, який буде включати в себе такі складові.

Нехай відомі наступні дані про судно-загрозу:

$$I_{pt}(x_{pt}, y_{pt}, q_{pt}, v_{pt}), \quad (1)$$

де x_{pt}, y_{pt} – координати судна-загрози, q_{pt} – курс судна-загрози, v_{pt} – швидкість судна-загрози. Нехай також відомі дані про розміри та глибину зони взаємних обов'язків:

$$Z_{res}[l_z, s_z, d_z], \quad (2)$$

де l_z, s_z, d_z – просторові характеристики ширини довжини та глибини Z_{res} . Тоді можна задати зону маневру судна-загрози, в якому можлива побудова маршруту розходження:

$$Z_{mov}^{pt}[l_{mov}^{pt}, s_{mov}^{pt}, d_{mov}^{pt}] \quad (3)$$

де $l_{mov}^{pt}, s_{mov}^{pt}, d_{mov}^{pt}$ – просторові характеристики ширини довжини та глибини Z_{mov}^{pt} .

При цьому, $l_{mov}^{pt}, s_{mov}^{pt}$ – визначаються навігаційною обстановкою, а d_{mov}^{pt} – технічними можливостями судна-загрози. Умовне графічне зображення Z_{mov}^{pt} та Z_{res} при наявності навігаційних перешкод у ситуації небезпечного зближення зіткнення показано на рис. 1

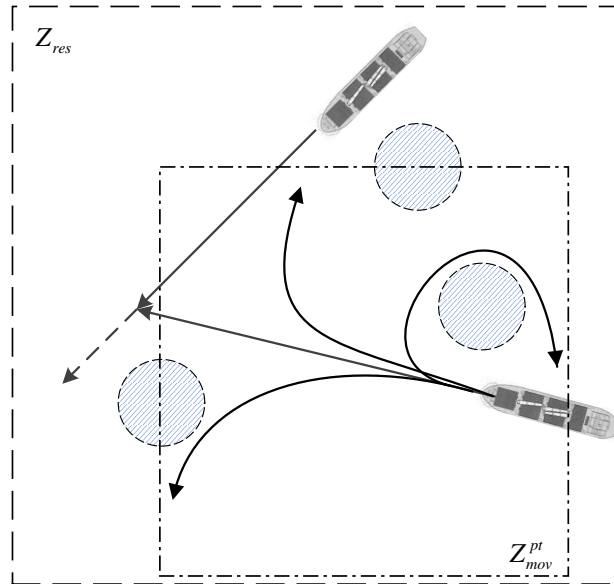


Рисунок 1 – Умовне графічне зображення Z_{mov}^{pt} та Z_{res} при наявності навігаційних перешкод

Визначення Z_{mov}^{pt} судна-загрози дозволяє судноводію визначити можливі маневри розходження, що може застосувати судноводій судна-загрози при настанні ситуації небезпечного зближення (зіткнення). Але для більш повного врахування чинників, що впливають на вибір маневру розходження, необхідно, врахувати завдання, що вирішуються судноводієм судна-загрози при плануванні маршруту, а також цілі, які стоять перед ним відповідно обстановки, що складається. Для цього необхідно формалізувати знання про множину завдань, що вирішуються судноводієм судна-загрози:

$$G(g_i), i = \overline{1, I}. \quad (4)$$

Множина цілей, що стоять перед судноводієм судна-загрози при плануванні маневру розходження, задамо як:

$$C(c_j), j = \overline{1, J}. \quad (5)$$

Множину можливих маневрів судна-загрози представимо як:

$$M(m_v), v = \overline{1, V} \quad (6)$$

Множину завдань, вирішення яких необхідне для досягнення цілі c_j , можна задати морфізмом μ^{c_j} :

$$\mu^{c_j} : c_j \xrightarrow{i=1, \overline{I}} g_i \quad (7)$$

Таким чином, можна задати морфізм, що визначає перелік можливих маневрів судна-загрози, до виконання яких судноводій буде прагнути, вирішуючи завдання g_i для досягнення цілей c_j :

$$\mu^{g_i} : g_i \xrightarrow{v=1, \overline{V}} m_v \quad (8)$$

Після чого визначається множина маневрів, які судноводій дозволяють виконати характеристики судна-загрози. Далі перевіряємо, чи потрапляють маневри з m_v у зону маневру судна-загрози. Далі для формалізації знань, що використовуються при вирішенні завдання оцінки маневру судна загрози в якості вхідних даних, візьмемо такі:

$$I_{pt} (x_{pt}, y_{pt}, q_{pt}, v_{pt}),$$

$$Z_{res} [l_z, s_z, d_z], Z_{mov}^{pt} [l_{mov}^{pt}, s_{mov}^{pt}, d_{mov}^{pt}], G(g_i), i = \overline{1, I}, M(m_v), v = \overline{1, V}, C(c_j), j = \overline{1, J}.$$

Структура методу формалізації знань про процес оцінки дій судноводія судна-потенційної загрози наведена на рис. 2.

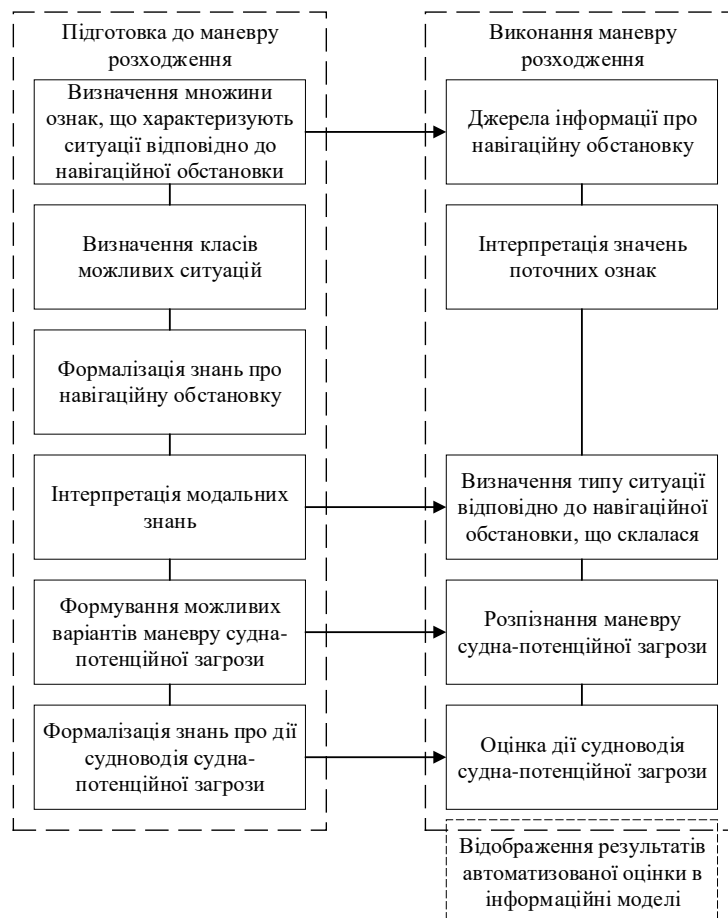


Рисунок 2 – Структура методу формалізації знань про процес оцінки дій судноводія судна-потенційної загрози

Висновки. Представлено метод формалізації знань про процес оцінки дій судноводія судна-потенційної загрози, в якому вперше запропоновано спільне використання методів розпізнавання навігаційної обстановки зі знаннями про цілі та завдання судноводія судна-загрози. При цьому забезпечується можливість врахування результатів етапу планування і динаміки зміни навігаційної обстановки.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Смоленцев С. В.** Автоматический синтез решений по расхождению судов в море / С. В. Смоленцев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2016. – № 2 (38). – С. 7–15.
2. **Цымбал Н. Н.** Определение группы взаимодействующих судов в ситуации опасного сближения / Н.Н. Цымбал, М.А. Булгаков, В.В. Байрак // Судовождение: Вып. 16. – Одесса: «ИздатИнформ», 2009. – С. 193-197.
3. **Шептуха Ю. М.** К вопросу синтеза эргатической системы принятия решений о маневре безопасного расхождения судов /Ю. М. Шептуха // Кибернетика и вычислительная техника. – 1989. № 84. – С. 43-45.
4. **Вагущенко Л. Л.** Поддержка решений по расхождению с судами / Л.Л. Вагущенко Одесса: Феникс, 2010. – 229 с.
5. **Обертюр К. Л.** Повышение безопасности эксплуатации судов методами управления событиями: дис. ... кандидата техн. наук 05.22.20 / Обертюр Константин Леонидович. Одесса, 2015. – 223 с.
6. **Бужбецкий Р. Ю.** Совершенствование методов предупреждения столкновения судов с учетом особенностей их взаимодействия: дис. ... кандидата техн. наук: 05.22.13 / Бужбецкий Ростислав Юрьевич. Одесса, 2016. – 223 с.
7. **Булгаков А. Ю.** Разработка метода выбора стратегии расхождения судов с использованием областей опасных курсов: дис. ... кандидата техн. наук : 05.22.13 / Булгаков Александр Юрьевич. Одесса, 2016. – 256 с.
8. **Бурмака А.И.** Разработка метода выбора стратегии расхождения в ситуации чрезвычайного сближения судов: дис. ... кандидата техн. наук ...05.22.13 / Бурмака Алексей Игоревич. Одесса, 2016. – 246 с.
9. **Гриняк В. М.** Разработка математических моделей обеспечения безопасности коллективного движения морских судов: дис. ... доктора техн. наук : 05.13.18 / Гриняк Виктор Михайлович. Владивосток, 2016. – 297 с.
10. **Астреин В. В.** Методология анализа и синтеза сложных активных технических систем и ее реализация в системе безопасности судовождения: дис. ... доктора техн. наук : 05.13.01 / Астреин Вадим Викторович. Краснодар, 2017. – 311 с.

REFERENCES

1. **Smolentsev, S. V** (2016). Automatic synthesis of solutions for diverging vessels at sea [Avtomaticheskiy sintez resheniy po raskhozhdeniyu sudov v more]. Bulletin of the State University of the Sea and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov. Vol. 2, № 39. P.7-15.
2. **Tsybmal, N. N.** (2009). Determination of a group of interacting vessels in a situation of dangerous approach [Opredeleniye gruppy vzaimodeystvuyushchikh sudov v situatsii opasnogo sblizheniya]. Navigation. Vol. 16. P.193-197.
3. **Sheptukha, Yu. M.** (1989). On the synthesis of an ergatic system for making decisions on the maneuver of safe separation of ships [K voprosu sinteza ergaticheskoy sistemy prinyatiya resheniy o manevre bezopasnogo raskhozhdeniya sudov]. Cybernetics and Computer Science. №84. P.43-45.

4. **Vagushchenko, L. L.** (2010). Support for decisions on discrepancy with ships [Podderzhka resheniy po raskhozhdeniyu s sudami], Fenix, Odesa, 229 p.
5. **Oberture, K. L.** (2015), Improving the safety of ships operation by event management methods [Povysheniye bezopasnosti ekspluatatsii sudov metodami upravleniya sobyitiyami]: PhD thesis, Odesa national maritime academy, Odesa, 223 p.
6. **Buzhbetsky, R. Yu.** (2016), Improvement of methods for preventing collision of ships, taking into account the peculiarities of their interaction [Sovershenstvovaniye metodov preduprezhdeniya stolknoveniya sudov s uchetom osobennostey ikh vzaimodeystviya]: PhD thesis, Odesa national maritime academy, Odesa, 223 p.
7. **Bulgakov, A. Yu.** (2016), Development of a method for choosing a divergence strategy using areas of dangerous courses [Razrabotka metoda vybora strategii raskhozhdeniya sudov s ispol'zovaniyem oblastey opasnykh kursov]: PhD thesis, Odesa national maritime academy, Odesa, 256 p.
8. **Burmaka A.I.** (2016), Development of a method for choosing a divergence strategy in a situation of emergency approach of ships [Razrabotka metoda vybora strategii raskhozhdeniya v situatsii chrezvychnogo sblizheniya sudov]: PhD thesis, Odesa national maritime academy, Odesa, 246 p.
9. **Grinyak, V. M.** (2016), Development of mathematical models for ensuring the safety of the collective movement of sea vessels [Razrabotka matematicheskikh modeley obespecheniya bezopasnosti kollektivnogo dvizheniya morskikh sudov]: PhD thesis, Eastern Federal University, Vladivostok, 297 p.
10. **Astrein, V.V.** (2017), Methodology of analysis and synthesis of complex active technical systems and its implementation in the navigation safety system [Metodologiya analiza i sinteza slozhnykh aktivnykh tekhnicheskikh sistem i yeye realizatsiya v sisteme bezopasnosti sudovozhdeniya]: PhD thesis, Kuban State Technological University, Krasnodar, 311 p.

Zazirnyi Andrii

METHOD OF FORMALIZATION OF KNOWLEDGE ABOUT THE PROCESS OF EVALUATION OF THE ACTION OF A SHIP-DRIVER OF A SHIP-POTENTIAL THREAT

The article develops a method of formalizing knowledge about the process of assessing the actions of the master of the ship-potential threat, which allows to automate the assessment of the maneuver of the ship-potential threat to prevent situations of dangerous approach (collision). The operation of complex systems, which can be attributed to the activities of the master while controlling the movement of the vessel, is characterized by a high degree of work intensity in the event of dangerous situations. During operation, the general characteristics of the system "master - ship - environment" may change due to the variability of the characteristics of the master, caused by changes in the navigation environment in which the vessel operates, the complexity of the implemented algorithms, the time of continuous operation, etc. The effectiveness of the system "master - ship - environment" as the final link in the safety of navigation is largely determined by the introduction of new information technologies and capabilities of ship management systems. The presence of navigational hazards and the intensity of vessel traffic significantly complicate navigation in limited waters and create increased risks of accidents. In the event of a dangerous approach of vessels, a situation arises which provides for joint concerted actions by the drivers to prevent a possible collision. However, the issues of formalizing the assessment of the actions of the ship's captain-potential threat, and especially coordinated interactions have been little studied, although the problem is relevant because its solution allows to ensure a higher level of safety of divergence. Therefore, the development of a method of formalizing knowledge about the process of assessing the actions of the master of the ship-potential threat will increase the safety of navigation by increasing the efficiency and validity of decision-making when planning a maneuver of divergence in a dangerous approach (collision).

Key words: ship, navigator, situation of dangerous approach, navigation situation.

Андрей

МЕТОД ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗНАНИЙ О ПРОЦЕССАХ ОЦЕНКИ ДЕЙСТВИЙ СУДОВОДИТЕЛЯ СУДНА-ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ УГРОЗЫ

В статье разработан метод формализации знаний о процессе оценки действий судоводителя судна-потенциальной угрозы который позволяет автоматизировать оценку маневра судна-потенциальной угрозы для предупреждения ситуаций опасного сближения (столкновения). Эффективность функционирования системы "судоводитель - судно - среда" как конечного звена в безопасности плавания в значительной степени определяется внедрением новых информационных технологий и возможностями судовых систем управления. В случае опасного сближения судов возникает ситуация, которая предусматривает совместные согласованные действия судоводителей по предупреждению возможного столкновения. Однако, вопрос формализации оценки действий судоводителя судна-потенциальной угрозы, особенно координированных взаимодействий мало исследованы, хотя проблема актуальна, так как ее решение позволяет обеспечить более высокий уровень безопасности расхождения судов. Поэтому разработка метода формализации знаний о процессе оценки действий судоводителя судна-потенциальной угрозы позволит повысить безопасность судоходства за счет повышения оперативности и обоснованности принятия решения при планировании маневра расхождения в ситуации опасного сближения (столкновения).

Ключевые слова: судно, судоводитель ситуация опасного сближения, навигационная обстановка.