

ЗАСТОСУВАННЯ МППЗС-72 В СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ СУДНОВОДІЯ

Паламарчук І. В., аспірант кафедри судноводіння та безпеки життєдіяльності на морі Херсонської державної морської академії, e-mail: ihor3107@meta.ua

Радін В. К., к.т.н., доцент кафедри управління судном Херсонської державної морської академії, e-mail: radin@i.ua

В статті розглянуто питання застосування МППЗС-72 при створенні систем підтримки прийняття рішень судноводія. Проаналізовано особливості структури МППЗС-72 та визначені правила, які застосовуються в системах підтримки прийняття рішень для координації процесів розходження суден. Визначено три типи бінарної координації взаємодії суден під час зближення: координація при нормальній взаємодії, координація при екстремальній взаємодії та координація при екстремальній взаємодії. Запропоновано модель формального подання правил в системі підтримки прийняття рішень судноводія та алгоритм її функціонування. Визначено набір критеріїв для оцінки рівня небезпеки суден, що перебувають у ситуації зближення. Показано, що урахування вимог МППЗС-72 в системах підтримки прийняття рішень судноводія у поєднанні з критеріями оцінки небезпеки зіткнення дозволяє визначити найбільш безпечні та ефективні траєкторії руху суден. Пропоновані підходи до створення систем підтримки прийняття рішень судноводія дозволяють знизити ризики зіткнення суден та підвищити економічну ефективність судноводіння.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, МППЗС-72, судноводіння, розходження суден, критерії оцінки небезпеки зіткнення суден.

Вступ. Міжнародні правила попередження зіткнення суден (МППЗС-72) є основним нормативним документом, який регламентує процеси розходження суден, тому формалізації правил присвячено досить велику кількість робіт дослідників, що працюють у галузі інтелектуальних та автоматизованих систем управління рухом суден [1–8]. Слід зазначити, що, незважаючи на значну кількість різних теоретичних підходів до побудови формальних моделей МППЗС-72, до теперішнього часу поставлена задача повністю не вирішена, виходячи із неоднозначності трактувань деяких положень правил.

Істотним недоліком МППЗС-72 є те, що правила регламентують дії судноводія тільки для випадків бінарної взаємодії і не розглядають ситуації одночасного розходження декількох суден. Крім того, правила самі по собі є джерелом невизначеності в описі ситуації розходження, зважаючи на неоднозначність трактування деяких приписів. Разом з тим, МППЗС-72 залишається основним нормативним документом, що регламентує процеси розходження суден і їх формалізацію у вигляді, придатному для використання в системах підтримки прийняття рішень (СППР) судноводія та є актуальною науковою і практичною задачею.

Важливість правил як ключового нормативного документа в судноводінні обумовлює необхідність розробки формальних моделей МППЗС-72, придатних для використання в СППР судноводія.

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка формальної моделі МППЗС-72 та критеріїв оцінки небезпеки зіткнення суден, придатних для використання в СППР судноводія.

Основна частина. МППЗС-72 складаються з п'яти частин, що містять 38 правил і чотирьох додатків, які представлено на рис. 1. Під час розробки СППР судноводія найбільшу складність формалізації представляють правила, які стосуються частини В – «правила плавання і маневрування». Відомості, що містяться в частинах А, С, D, Е правил носять переважно декларативний характер та їх подання в СППР не викликає істотних ускладнень [9].

Оскільки МППЗС-72 регламентують попарну взаємодію суден при формуванні сценаріїв розвитку поточної ситуації в СППР, доцільно розглядати саме такий вид взаємодії, приймаючи, однак, при цьому до уваги той факт, що судна взаємодіють не тільки з власним судном, але й один з одним. Вибір пар суден, взаємодія яких аналізується

СППР і для яких формуються сценарії, здійснюється відповідно до рівня їх небезпеки один для одного.

МППЗС-72 містить дві незалежні системи координації взаємодіючих суден: для доброї і обмеженої видимості.

В умовах доброї видимості МППЗС-72 передбачені взаємні обов'язки суден у залежності від їх початкової відносної позиції, району плавання, можливостей маневрування, які визначаються типом суден, їх конструктивними особливостями або технічним станом.

Ситуація обгону суден регламентується Правилем 13, виключаючи випадок плавання суден у вузькостях. Згідно з Правилем 13 судно, що обганяє, має поступатися дорогою тому судну, що обганяє. У свою чергу, судно, яке обганяють має не заважати обгону і відповідно до Правила 17 зберігати параметри руху, за винятком випадків обгону в вузькості. На нього також поширюються вимоги Правила 17 у тих випадках, коли дії судна, що обганяє, створюють ризик зіткнення.

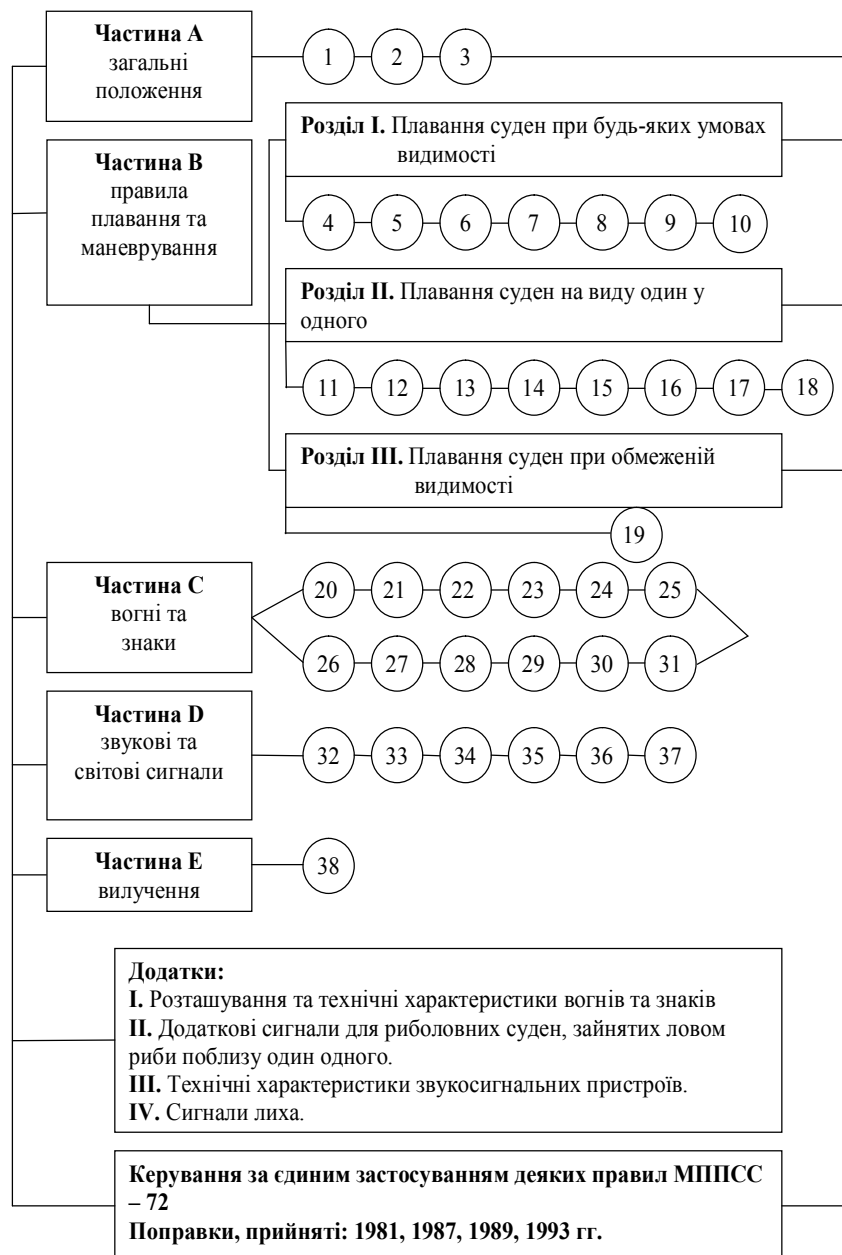


Рисунок 1 – Структура МППЗС-72

Правило 13 і обов'язки суден при обгоні поширюються на всі без винятку судна, незалежно від їх взаємних обов'язків, що передбачаються МППЗС-72. Так, згідно з Правилом 18 судна, що мають переважне право проходу, в разі обгону їх судном з механічним двигуном повинні в загальному випадку триматися в стороні від шляху судна, з механічним двигуном, яке обгоняється.

Правило 14 стосується тільки суден з механічним двигуном, воно визначає обов'язки обох суден при розходженні і вказує на узгодження дій при маневрі. У ситуації зустрічі на протилежних курсах немає привілейованого судна, на обидва судна покладаються обов'язки – у разі виникнення небезпеки зіткнення вжити заходів для розходження, і при цьому обидва судна зобов'язані змінити курс праворуч, щоб пройти в іншого судна по лівому борту.

Ситуацію перетину курсів регламентує Правило 15, яке приписує суднам з механічним двигуном взаємні обов'язки: судно, яке спостерігатиме інше зі свого правого борту, повинно поступитися йому дорогою.

Взаємні обов'язки суден зумовлені Правилом 18, згідно з яким судно з механічним двигуном на ходу повинно уступати дорогу судну, позбавленому можливості керування, обмеженому в можливості маневрувати, зайнятому ловлею риби і вітрильному судну.

Правилом 16 визначається, що судно, яке поступається дорогою іншому судну, повинно завчасно вживати відповідних заходів.

Дії судна, якому поступаються дорогою, регламентуються Правилом 17, що визначає три області дій судна:

- в першій області: якщо судно, якому поступаються дорогою, має зберігати свій курс і швидкість;
- в другій області: якщо судно, якому звільняють дорогу, виявить, що судно, зобов'язане дати дорогу, не робить дію, то воно може вжити заходів, щоб уникнути зіткнення;
- третя область визначається тим, що коли судно, яке дає дорогу, знаходиться настільки близько, що зіткнення не можна уникнути діями тільки судна, яке дає дорогу, то воно повинно вжити всіх заходів, щоб уникнути зіткнення.

Отже, Правилами 2, 16 і 17 регламентуються три області взаємних обов'язків суден і пов'язані з цими областями три типи бінарної координації:

- координація при нормальній взаємодії;
- координація при активній взаємодії;
- координація при екстремальній взаємодії.

В умовах обмеженої видимості плавання суден здійснюється з безпечною швидкістю машинами, готовими до негайного реверсування, тобто в маневреному режимі. Якщо присутність іншого судна виявлено за допомогою радара, то Правилом 19 призначаються дії для уникнення зіткнення, виходячи з геометричного положення суден. Правилом 35 регламентується подача звукових сигналів у залежності від маневрених можливостей суден в умовах обмеженої видимості, проте дії для уникнення зіткнень згідно з Правилом 19 відносяться до всіх суден незалежно від їх привілеїв, якщо вони не пришвартовані, не стоять на якорі або перебувають на міліні.

На практиці для задач попередження зіткнення суден виникають особливі режими руху або обставини плавання. Проблема полягає в тому, що, діючи відповідно до МППЗС-72, жорсткі критерії навігаційної безпеки суден можуть виявитися недосяжними через технічні і (або) технологічні обмеження. Таким чином, МППЗС-72 не розглядають кращих альтернативних варіантів прийняття рішення – «найкраще вирішення проблеми зіткнення суден в цілому включає в себе кращі рішення підпроблем». Саме тому при формуванні бази даних (БД) СППР було застосовано сценарно-прецедентний підхід, який дозволяє враховувати досвід судоводія з прийняття рішень у подібних навігаційних ситуаціях, що вже мали місце в минулому.

У процесі формування стратегії розходження враховується передбачувана зміна параметрів руху суден, обумовлена їх взаємодією одне з одним відповідно до МППЗС-72. Оскільки МППЗС-72 регламентують попарну взаємодію суден, при формуванні сценаріїв розвитку поточної ситуації в СППР доцільно розглядати саме такий вид взаємодії, приймаючи, однак, при цьому до уваги той факт, що судна взаємодіють не тільки з нашим власним судном, але й одне з одним. Очевидно, що число розглянутих взаємодіючих пар суден для випадку суден у зоні розходження буде дорівнювати числу сполучень C_N^2 :

$$C_N^2 = \frac{N!}{(N-2)!2!} \quad (1)$$

Ця величина на практиці вкрай рідко перевищує значення 190 (що відповідає 20-ти судам в зоні розходження), а для більшості розглянутих ситуацій знаходиться в діапазоні (2–7 взаємодіючих суден відповідно). Зазначений порядок величини C_N^2 хоча й унеможлиблює «програвання» всіх можливих варіантів взаємодій безпосередньо зусиллями судоводія, як це зазначається в роботі [5], тим не менш, не є перешкодою для здійснення такої операції сучасними засобами обчислювальної техніки в режимі реального часу, враховуючи ту обставину, що реальне значення величини C_N^2 може бути додатково суттєво зменшено шляхом введення попередньої класифікації суден за ступенем їх небезпеки один для одного. Для оцінки рівня небезпеки доцільно використовувати систему критеріїв, запропоновану в роботах [9–12]. Оцінка навігаційної ситуації в СППР і побудова можливих сценаріїв її подальшого розвитку здійснюється шляхом формування та аналізу логічних правил, представлених у вигляді фрейм-структур наступного вигляду:

{ідентифікатор судна}, {параметри руху судна}, {дії судна, рекомендовані МППЗС}, {дії судна, що забороняються МППЗС}, {дії, реалізовані судном з моменту спостереження}, {передбачувані дії судна}. Слот {ідентифікатор судна} містить поля <тип судна>, <маневрені характеристики судна> і <розміри судна>. Значення поля <тип судна> регламентовані вимогами МППЗС-72: «судно з механічним двигуном», «мале судно», «судно, зайняте ловлею риби», «вітрильне судно», «судно, позбавлене можливості керування», «судно, обмежене в можливості маневрувати», «гідролітак», «неідентифіковане судно». Слот {параметри руху судна} містить поля <координати>, <швидкість>, <курс>. Слоти {дії судна, рекомендовані МППЗС} і {дії судна, що забороняються МППЗС} містять ранжировані списки дій, сформовані СППР на основі вимог МППЗС-72 стосовно ситуації взаємодії розглянутої пари суден, кожне з яких представлене власною фрейм-структурою. Два слота, які залишилися, містять інформацію про локальний сценарій взаємодії для конкретної пари в розрізі вже реалізованих та ймовірних дій. Вибір пар суден, взаємодія яких аналізується СППР і для яких формуються сценарії, здійснюється відповідно до рівня їх небезпеки одне для одного. З огляду на те, що наявність повних достовірних даних про параметри руху суден важко досягаються на практиці навіть для навігаційних ситуацій, які характеризуються гарними умовами видимості, практичне використання даного підходу вимагає введення інтервальних оцінок в слоті {параметри руху судна}, що дозволяє враховувати неповноту та неточність наявної інформації. Також можливе використання в СППР даного слота з частково заповненими полями.

Загальний алгоритм роботи СППР щодо запобігання зіткнень суден має наступний вигляд:

- ідентифікація суден, що знаходяться в зоні можливого зіткнення;
- моніторинг параметрів руху суден та динаміки їх зміни;
- оцінка похибки одержуваних параметрів руху;
- класифікація суден за ступенем небезпеки;

- визначення пар взаємодіючих суден, для яких формуються можливі сценарії руху;
- визначення областей взаємних обов'язків у відповідності до МППЗС-72 і меж зони безпеки власного судна;
- формування множини можливих сценаріїв (стратегій) руху суден;
- визначення стратегій руху, що відповідають заданим критеріям безпеки;
- вироблення можливих альтернатив з управління судном і надання їх судноводію.

Судно вилучається із розгляду СППР у випадку ідентифікації його як безпечного, але моніторинг параметрів руху триває при перебуванні його в межах зони дії РЛС. Для небезпечних і потенційно небезпечних суден СППР формує багатокрокову стратегію розходження на весь прогнозований період їх перебування в зоні взаємних обов'язків з подальшою корекцією стратегії у випадку, якщо поточний розвиток ситуації буде відрізнятися від прогнозованого.

Важливою складовою СППР судноводія є критерії оцінки небезпеки суден, що оточують власне судно (суден-цілей).

В якості вихідних даних для формування комплексних критеріїв небезпечності суден-цілей були застосовані такі їх навігаційні параметри: дистанції, лінії відносного руху (ЛВР), пеленги і швидкості.

Розглянемо ситуацію зближення двох суден, яка представлена на рис. 2. Судно A характеризується параметрами: V_n, K_n, D_0 (V_n – швидкість судна A , K_n – курс судна A , D_0 – дистанція до судна B), судно B характеризується параметрами: V_u, K_u, D_0 (V_u – судна B , K_u – курс судна B , D_0 – дистанція до судна A). K_0 – поточний курс лінії відносного руху (ЛВР) цілі, K_1, K_2 – можливі ЛВР цілі; $\alpha_c, \alpha_{лк}, \alpha_{нк}$ – кути перетину відповідних ЛВР із курсом судна A , а D_0, D_2, D_3 – від судна B до точок перетину його ЛВО із курсом судна A . D_1 – дистанція до точки перетину курсів, P – різниця курсів.

Якщо $\alpha_c < \alpha_{нк}$, то ЛВР перетинає курс по носу, якщо $\alpha_c > \alpha_{лк}$, то ЛВР перетинає курс по кормі. Більш чітка оцінка зміни небезпеки зіткнення зумовлена зміною кута ЛВР та потребує встановлення залежності швидкості зміни кута ЛВР від швидкості зміни кута Θ ($\Theta = K_u - K_0$).

Скористаємося рівністю кута α_c у трикутнику позицій із кутом α_l у трикутнику швидкостей. Із векторного трикутника швидкостей кут α_l за допомогою теореми синусів можна визначити наступним чином:

$$\frac{V_u}{V_n} = \frac{\sin \alpha_l}{\sin \Theta}, \text{ або } \alpha_l = \arcsin\left(\frac{V_u \sin \Theta}{V_n}\right). \quad (2)$$

Диференціюючи вираз (2), визначимо швидкість зміни α_l від Θ :

$$d\alpha_l = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{V_u \sin \Theta}{V_n}\right)^2}} \frac{V_u}{V_n} \cos \Theta d\Theta. \quad (3)$$

Спрощуючи вираз (3), отримаємо:

$$d\alpha_n = \frac{V_u \cos \Theta d\Theta}{\sqrt{V_H^2 - V_u^2 \sin^2 \Theta}} = \frac{\cos \Theta d\Theta}{\sqrt{\left(\frac{V_H}{V_u}\right)^2 - \sin^2 \Theta}} \quad (4)$$

З чого можна констатувати, що залежність швидкості зміни $a_n(\alpha_c)$ від швидкості Θ визначається співвідношенням:

$$\Delta\alpha_n = \Delta\alpha_c = \frac{\cos \Theta}{\sqrt{\left(\frac{V_H}{V_u}\right)^2 - \sin^2 \Theta}} \Delta\Theta \quad (5)$$

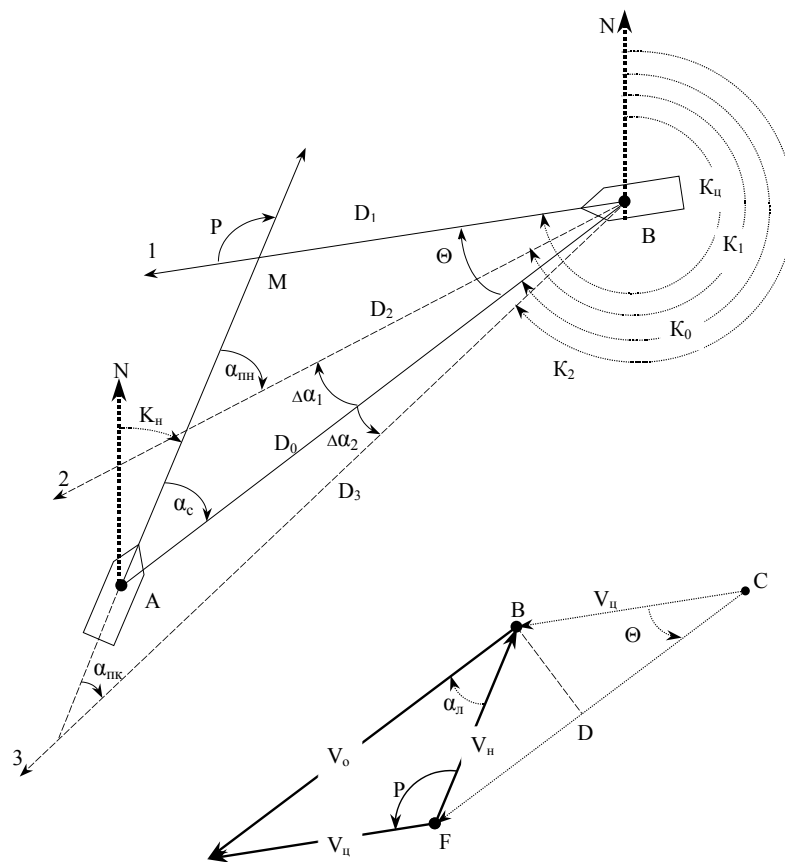


Рисунок 2 – Оцінювання небезпеки зіткнення за зміною кута курсу ЛВР

Вираз (5) дозволяє визначити швидкість зміни кута курсу ЛВР, а відповідно і динаміку зміни поточної навігаційної ситуації – наближення ЛВР до нашого судна по носу або кормі, що може свідчити про зростання небезпеки зіткнення.

Додатковим критерієм оцінки небезпеки зіткнення слугує динаміка зміни пеленгів суден. З метою підвищення точності оцінки береться серія пеленгів, що дозволить визначити їх показники, і, відповідно, наявність небезпеки зіткнення. При оцінці небезпеки навігаційної ситуації за зміною пеленгу необхідно керуватися наступними положеннями:

– якщо пеленг наближається, а ціль не змінюється, то зростає імовірність ситуації зближення суден впритул;

– якщо пеленг наближається, а ціль змінюється, то в процесі розвитку ситуації судна розійдуться на деякій відстані, величина якої буде тим менше, чим повільніше змінюється пеленг цілі.

У випадку, якщо судна розходяться на незначній відстані, відповідно до їх зближення швидкість зміни пеленга збільшується, досягаючи найбільшої величини в момент зближення на найкоротшу відстань. Аналіз ситуації небезпеки зіткнення суден проводиться на підставі даних суднової РЛС в період від моменту виявлення цілі до початку маневру за відстанню, що визначається радіолокаційною прокладкою. При виявленні судна РЛС необхідно враховувати похибку визначення місця, що виникає внаслідок випадкових похибок пеленгування, а також врахування розмірів суден.

Судно виключається з розгляду СППР при формуванні сценаріїв взаємодії у разі ідентифікації його як безпечного, але моніторинг параметрів руху такого судна триває при перебуванні його в межах зони дії ЗАРП.

Для небезпечних і потенційно небезпечних суден СППР формує багатокрокову стратегію розходження на весь прогнозований період їхнього перебування у зоні взаємних обов'язків, із подальшою корекцією стратегії у випадку, якщо поточний розвиток ситуації буде відрізнятись від прогнозованого. У процесі формування стратегії розходження враховується передбачувана зміна параметрів руху суден, обумовлена їх взаємодією один з одним відповідно до МППЗС-72.

Висновки. Урахування вимог МППЗС-72 при СППР судноводія у поєднанні з критеріями оцінки небезпеки зіткнення дозволяють сформулювати в СППР стратегії розходження суден, що дозволяє визначити найбільш безпечні та ефективні траєкторії руху. Пропоновані підходи до створення систем підтримки прийняття рішень судноводія дозволяють знизити ризики зіткнення суден та підвищити економічну ефективність судноводіння.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бень А. П. Формалізація правил МППСС-72 в системі підтримки прийняття рішень судоводителя / Бень А. П. // Искусственный интеллект. – Донецьк : Видавництво «Наука і освіта» ІПШ МОН України і НАН України, 2011. – № 3. – С. 327–331.
2. Baldauf M. E-Navigation and situation-dependent manoeuvring assistance to enhance maritime emergency response / Michael Baldauf, Knud Benedict, Sandro Fischer, Michael Gluch, Matthias Kirchhoff, Sebastian Klaes, Jens-Uwe Schröder-Hinrichs, Dana Meißner, Ullrich Fielitz, Erland Wilske // World Maritime University Journal of Maritime Affairs. – 2011. – 10. – pp. 209–226.
3. Bi X. Y. Research on Double Collision Avoidance Mechanism of Ships at Sea / X. Y. Bi, X. J. Liu // TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. – 2015. – Vol. 9, No. 1. – pp. 13–16.
4. Бужбецкий Р. Ю. Совершенствование методов предупреждения столкновения судов с учетом особенностей их взаимодействия : дис. канд. техн. наук 05.22.13. Науч. рук. Цымбал Н.Н. / Р. Ю. Бужбецкий. – Одесса, 2016. – 232 с.
5. Вагущенко Л. Л. Современные информационные технологии в судовождении [Электронное учебное пособие] / Л. Л. Вагущенко. – Одесса : ОНМА, 2013. – 135 с.
6. Вагущенко Л. Л. Поддержка решений по расхождению с судами / Л. Л. Вагущенко, А. Л. Вагущенко. – Фенікс, 2010. – 296 с.
7. Волков А. Н. Совершенствование методов предупреждения столкновения судов путем применения безопасных областей : дис. канд. техн. наук 05.22.13. Науч. рук. Цымбал Н. Н. / Волков А. Н. – Одесса, 2015. – 243 с.
8. Бень А. П. Перспективи розвитку системи підтримки прийняття рішень судноводія / Бень А. П. // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2012. – № 1 (6). – С. 12–19.

9. Бень А. П. Принципи побудови систем підтримки прийняття рішень судноводія / Бень А. П. // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті : Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Том 1. – Херсон : Видавництво ХДМІ, 2010. – С. 8–12.
10. Бень А. П. Особливості побудови сучасних високоточних інтелектуальних систем управління рухом суден / А.П. Бень, І.В. Паламарчук // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2016. – № 1 (14). – С. 4–10.
11. Бень А. П. Принципы построения систем поддержки принятия решения судоводителя в рамках концепции e-Navigation / А. П. Бень, И. В. Паламарчук // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2015. – № 2 (13). – С. 4–9.
12. Бень А. П. Человеческий фактор при принятии решений в судовождении и пути снижения его влияния / А. П. Бень, И. В. Паламарчук // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2015. – № 1 (12). – С. 4–9.

REFERENCES

1. Ben A. P. Formalizaciya pravil MPPSS-72 v sisteme podderzhki prinyatiya resheniy sudovoditelya / Ben A. P. // Iskusstvennihyj intelekt. – Donecjk : Vidavnictvo «Nauka i osvita» IPShI MON Ukraïni i NAN Ukraïni, 2011. – № 3. – S. 327–331.
2. Baldauf M. E-Navigation and situation-dependent manoeuvring assistance to enhance maritime emergency response / Michael Baldauf, Knud Benedict, Sandro Fischer, Michael Gluch, Matthias Kirchhoff, Sebastian Klaes, Jens-Uwe Schroder-Hinrichs, Dana Meiner, Ullrich Fielitz, Erland Wilske // World Maritime University Journal of Maritime Affairs. – 2011. – 10. – pp. 209–226.
3. Bi X. Y. Research on Double Collision Avoidance Mechanism of Ships at Sea / X. Y. Bi, X. J. Liu // TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. – 2015. – Vol. 9, No. 1. – pp. 13–16.
4. Buzhbeckiy R. Yu. Sovershenstvovanie metodov preduprezhdeniya stolknoveniya sudov s uchetom osobennostey ikh vzaimodeystviya : dis. kand.. tekhn. nauk 05.22.13. Nauch. ruk. Cihmbal N.N. / R. Yu. Buzhbeckiy. – Odessa, 2016. – 232 s.
5. Vaguthenko L. L. Sovremenniye informacionniye tekhnologii v sudovozhdenii [Ehlektronnoe uchebnoe posobie] / L. L. Vaguthenko. – Odessa : ONMA, 2013. – 135 s.
6. Vaguthenko L. L. Podderzhka resheniy po raskhozhdeniyu s sudami / L. L. Vaguthenko, A. L. Vaguthenko. – Feniks, 2010. – 296 s.
7. Volkov A. N. Sovershenstvovanie metodov preduprezhdeniya stolknoveniya sudov putem primeneniya bezopasnikh oblastey : dis. kand.. tekhn. nauk 05.22.13. Nauch. ruk. Cihmbal N. N. / Volkov A. N. – Odessa, 2015. – 243 s.
8. Ben A. P. Perspektivi rozvitku sistemi pidtrimki priyinyattya rishenj sudnovodiya / Ben A. P. // Naukoviyj visnik Khersons'koi derzhavnoi mors'koi akademii. – Kherson : Vidavnictvo KhDMA, 2012. – № 1 (6). – S. 12–19.
9. Ben A. P. Principi pobudovi sistem pidtrimki priyinyattya rishenj sudnovodiya / Ben A. P. // Suchasni informacijni ta innovacijni tekhnologii na transporti : Materiali Mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii. Tom 1. – Kherson : Vidavnictvo KhDMI, 2010. – S. 8–12.
10. Ben A. P. Osoblivosti pobudovi suchasnikh visokotochnikh intelektual'nikh sistem upravlinnya rukhom suden / A. P. Ben, I. V. Palamarchuk // Naukoviyj visnik

Khersons'koi derzhavnoi morskoi akademii : naukoviy zhurnal. – Kherson : Vidavnistvo KhDMA, 2016. – № 1 (14). – S. 4–10.

11. Ben A. P. Principih postroeniya sistem podderzhki prinyatiya resheniya sudovoditelya v ramkakh koncepcii e-Navigation / A. P. Ben, I. V. Palamarchuk // Naukoviy visnik Khersons'koi derzhavnoi morskoi akademii : naukoviy zhurnal. – Kherson : Vidavnistvo KhDMA, 2015. – № 2 (13). – S. 4–9.

12. Ben A. P. Chelovecheskiy faktor pri prinyatii resheniy v sudovozhdenii i puti snizheniya ego vliyaniya / A. P. Ben, I. V. Palamarchuk // Naukoviy visnik Khersons'koi derzhavnoi morskoi akademii : naukoviy zhurnal. – Kherson : Vidavnistvo KhDMA, 2015. – № 1 (12). – S. 4–9.

Паламарчук И. В., Радін В. К. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МППСС-72 В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ СУДОВОДИТЕЛЯ

Рассмотрены вопросы применения МППСС-72 при создании систем поддержки принятия решений судоводителя. Проанализированы особенности структуры МППСС-72 и определенные правила, которые применяются в системах поддержки принятия решений для координации процессов расхождения судов. Определены три типа бинарной координации взаимодействия судов во время сближения: координация при нормальном взаимодействии, координация при экстремальной взаимодействии, и координация при экстремальном взаимодействии. Предложена модель формального представления правил в системе поддержки принятия решений судоводителя и алгоритм ее функционирования. Определен набор критериев для оценки уровня опасности судов, находящихся в ситуации сближения. Показано, что учет требований МППСС-72 в системах поддержки принятия решений судоводителя в сочетании с критериями оценки опасности столкновения позволяет определить наиболее безопасные и эффективные траектории движения судов. Предлагаемые подходы к созданию систем поддержки принятия решений судоводителя позволяют снизить риски столкновения судов и повысить экономическую эффективность судовождения.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, МППСС-72, судовождение, расхождение судов, критерии оценки опасности столкновения судов.

Palamarchuk I. V., Radin V. K. APPLICATION OF COLREG-72 IN DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR NAVIGATORS

The article deals with application of COLREG-72 when creating a decision support system for navigators. The peculiarities of the COLREG-72 structure and the rules that are used in decision-support systems for coordinating vessel differentiation processes are defined. Three types of binary coordination of vessel interaction are identified: coordination in normal interaction, coordination in extreme interaction, and coordination in extreme interaction. The model of the formal representation of rules in the decision support system of the ship operator and its algorithm are proposed. A set of criteria for assessing the level of danger of ships in the convergence situation has been identified. It is shown that taking into account the requirements of COLREG-72 in decision-support systems, the navigator, in combination with the criteria for assessing the collision hazard, is able to determine the most safe and efficient trajectories of vessel traffic. The offered approaches to creation of systems of support of decision-making the navigator allow to reduce risks of collision of vessels and increase economic efficiency of navigation.

Keywords: decision support system, COLREG-72, navigation, vessel differentiation, criteria of estimation of the risk of collision of vessels.

© Паламарчук І. В., Радін В.К.

Статтю прийнято
до редакції 19.11.16