

Дубинець О.В.

МОЖЛИВІСТЬ КЕРУВАННЯ СИТУАЦІЄЮ НЕБЕЗПЕЧНОГО ЗБЛИЖЕННЯ

У статті розглянуто керованість ситуацією зближення зміною курсу судна. Запропоновано кількісну оцінку керованості ситуацією зближення судном та отримано аналітичний вираз для її розрахунку. Діяльність показано, що характеристика керованості ситуацією зближення залежить від величини відносини швидкості судна і цілі. У випадку, коли швидкість судна більша за швидкість цілі, то характеристика дорівнює одиниці, в іншому випадку вона не перевищує 0,5.

Ключові слова: безпека судноводіння, попередження зіткнення суден, маневр розходження ухиленням, керованість ситуацією зближення.

Постановка проблеми

Успішне вирішення проблеми забезпечення безпеки судноводіння веде до покращення охорони людського життя на морі, а також до зниження шкоди навколишньому середовищу та майну.

Плавання морських суден у стиснених районах ускладнене інтенсивним судноплавством та навігаційними перешкодами, які створюють передумови виникнення аварійних ситуацій. Тому у стиснених водах відбувається понад 80% усіх навігаційних аварій, що підтверджує велику складність умов плавання у стиснених водах.

Основною особливістю плавання у стиснених районах є швидкоплинна зміна навігаційної ситуації, що зумовлює необхідність розробки простих у застосуванні та оперативних методів забезпечення безпечного розходження суден у ситуаціях їх небезпечного зближення.

Процес розходження передбачає зміну ситуації небезпечного зближення на допустиму безпечну ситуацію за допомогою маневру розходження. Тому для процесу розходження важливою характеристикою є керованість ситуацією зближення, що показує потенційну можливість зміни маневром розходження. Цим обумовлено розгляд керованості ситуації зближення.

Таким чином, дослідження керованості ситуацією зближення, чому присвячена дана стаття, є актуальним та перспективним науковим напрямом.

Аналіз останніх досягнень та публікацій

Багато робіт вітчизняних та зарубіжних вчених присвячені проблемі забезпечення безпечного розходження суден. Так, основні засади керування процесом розходження суден у ситуації небезпечного зближення розглянуті у роботі [1], а робота [2] присвячена дослідженню методів локально-незалежного керування та у ній запропоновано метод формування гнучких стратегій розходження, які враховують основні чинники.

У роботі [3] розглянуто формалізацію взаємодії суден за їхнього небезпечного зближення та у залежності від його типу вибір стратегії розходження для попередження зіткнення. Екстрену стратегію розходження в разі надмірного зближення суден запропоновано у роботі [4], а спосіб вибору оптимального стандартного маневру розходження пари суден запропоновано у роботі [5]. Врахування навігаційних небезпек та інерційності судна в процесі розрахунку параметрів маневру розходження розглянуто в роботах [6, 7].

У роботах [8, 9] наголошується, що завдання вибору оптимального маневру розходження відрізняється високим рівнем складності, з урахуванням того, що процес керування рухом судна є багатовимірним та нестационарним, а задачі розходження суден притаманний ігровий характер. Опис процесу розходження суден методами диференціальної різницевої гри запропоновано у роботі [10].

У роботі [11] викладено теоретичне обґрунтування автономної судової системи ухилення від зіткнення, в ній розглянуто алгоритм ухилення від зіткнення. Наведено вимоги до автономної навігації з урахуванням чинників, що впливають на процес ухилення від зіткнення.

Показано, що дослідження автоматизації керування судном можуть проводитись у класичному або комп'ютерному варіанті. Класичний варіант заснований на математичних моделях, а в разі комп'ютерного варіанту використаний штучний інтелект, тобто еволюційні алгоритми, логіка фуззі, експертні методи, нейромережі та комбінації цих методів.

Для оцінювання ефективності методів розходження суден необхідно розглянути можливість зміни небезпечної ситуації наближення ухиленням судна, що маневрує.

Мета дослідження. Метою статті є аналіз керованості ситуацією зближення судном за зміни його курсу.

Виклад основного матеріалу

Під керованістю судном ситуацією небезпечного зближення мається на увазі можливість змінити прогнозовану ситуацію небезпечного зближення на ситуацію зближення, що належить підмножині безпечних ситуацій.

Тому що для ситуації небезпечного зближення характерно те, що дистанція найкоротшого зближення $D_{\min}$ менша за допустиму станцію D_d , та безпечне розходження можливе збільшенням $D_{\min}$ до значення не меншого за D_d .

Враховуємо, що:

$$D_{\min} = |D \sin(K_{ot} - \alpha)|,$$

тому збільшення $D_{\min}$ можливо лише зміною відносного курсу K_{ot} . Отже, керованість судном ситуацією небезпечного зближення визначається можливістю судна забезпечити довільний відносний курс зміною свого курсу.

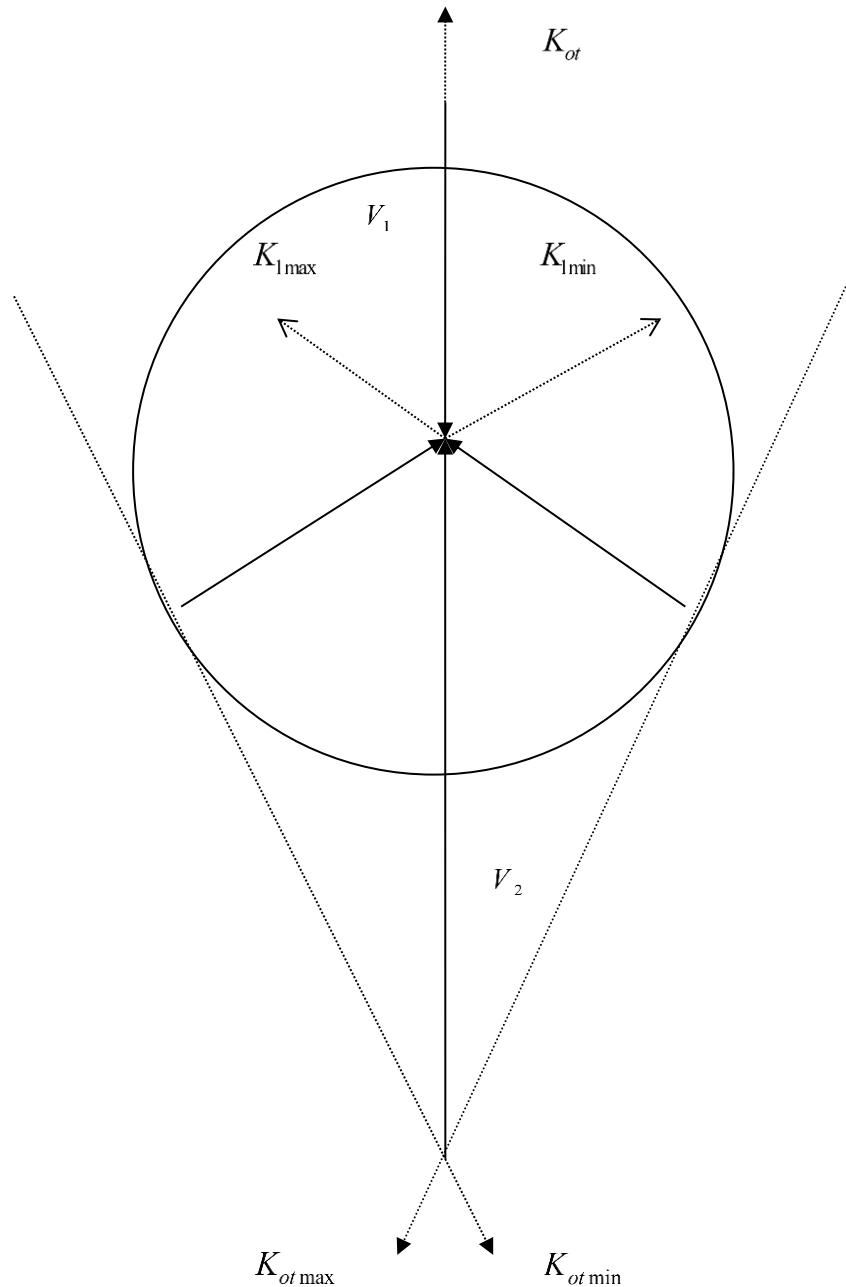
Очевидно, що з таких позицій визначення керованості судном ситуацією небезпечного зближення як її оцінку Q_{us} доцільно вибрати відношення множини M_s відносних курсів, які можливі в разі зміни курсу судна на 360° , до множини M_Σ всіх можливих відносних курсів.

Звертаємо увагу на те, що $M_\Sigma = 2\pi$. Тому $Q_{us} = \frac{M_s}{2\pi}$.

В разі маневрування судна з більшою, ніж у цілі, швидкістю зміна його курсу на 2π веде до зміни відносного курсу, як показано в роботі [1], також на 2π . Тому в цьому випадку $M_s = 2\pi$ і $Q_{us} = 1$.

Під час маневрування судна, швидкість V_1 якого менше за швидкість цілі V_2 , у разі зміни його курсу на 2π відносний курс змінюється у секторі, обмеженому відносними курсами $K_{ot \min}$ і $K_{ot \max}$, які відповідають курсам $K_{1 \min}$ і $K_{1 \max}$, як показано на рис. 1.

У роботі [1] показано, що дані відносні курси визначаються виразами $K_{ot \min} = \pi + K_2 - \arcsin \rho$ і $K_{ot \max} = \pi + K_2 + \arcsin \rho$.

Рисунок 1 – Зміна відносного курсу K_{ot} залежно від курсу судна

Отже, безліч відносних курсів M_s характеризується дугою $s = 2 \arcsin \rho$, а оцінка керованості $Q_{us} = \frac{\arcsin \rho}{\pi}$.

Підсумовуючи вищевикладене, можна записати вираз для оцінки керованості судном ситуацією небезпечного зближення:

$$Q_{us} = \begin{cases} 1, & \text{if } \rho > 1; \\ \frac{\arcsin \rho}{\pi}, & \text{if } \rho \leq 1. \end{cases}$$

Висновки

1. Розглянуто поняття керованості ситуацією зближення судном за зміни його курсу.

2. Запропоновано оцінку керованості ситуацією зближення судном та отримано аналітичний вираз для її розрахунку.

3. Показано, що характеристика керованості ситуацією зближення залежить від величини відношення швидкості судна та цілі. Якщо швидкість судна більша за швидкість цілі, то характеристика дорівнює одиниці, в іншому випадку вона не перевищує 0,5.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бурмака И. А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И. А. Бурмака., Э. Н. Пятаков., А. Ю. Булгаков – LAP LAMBERT Academic Publishing, – Саарбрюккен (Германия), – 2016. – 585 с.

2. Цымбал Н. Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н. Н. Цымбал, И. А. Бурмака, Е. Е. Тюпиков. – Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.

3. Пятаков Э. Н. Взаимодействие судов при расхождении для предупреждения столкновения / Э. Н. Пятаков, Р. Ю. Бужбецкий, И. А. Бурмака, А. Ю. Булгаков – Херсон: Гринь Д.С., 2015. – 312 с.

4. Бурмака И. А. Экстренная стратегия расхождения при чрезмерном сближении судов / И. А. Бурмака, А. И. Бурмака, Р. Ю. Бужбецкий. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 с.

5. Сафин И. В. Выбор оптимального маневра расхождения / И. В. Сафин // Автоматизация судовых технических средств. – №7. – 2002. – С. 115–120.

6. Бурмака И. А. Результаты имитационного моделирования процесса расхождения судов с учетом их динамики / И. А. Бурмака // Судовождение. – 2005. – №10. – С. 21–25.

7. Петриченко Е. А. Вывод условия существования множества допустимых маневров расхождения с учетом навигационных опасностей / Е. А. Петриченко // Судовождение. – 2003. – №.6. – С. 103–107.

8. Lisowski J. Dynamic games methods in navigator decision support system for safety navigation/ Lisowski J. // Advances in Safety and Reliability. – 2005. – Vol. 2. – London-Singapore, Balkema Publishers. – P. 1285–1292.

9. Lisowski J. Game control methods in navigator decision support system / Lisowski J. // The Archives of Transport. – 2005. – No 3–4, Vol. XVII. – P. 133–147.

10. Lisowski J. Game and computational intelligence decision making algorithms for avoiding collision at sea/ Lisowski J. // Proc. of the IEEE Int. Conf. on Technologies for Homeland Security and Safety. – 2005. – Gdańsk. – P. 71–78.

11. Statheros Thomas. Autonomous ship collision avoidance navigation concepts, technologies and techniques / Statheros Thomas, Howells Gareth, McDonald-Maier Klaus. // J. Navig. – 2008. – 61, № 1. – P. 129–142.

REFERENCES

1. Burmaka I. Management by vessels in the situation of dangerous rapprochement / I. Burmaka, E. Pyatakov, A. Bulgakov. – LAP LAMBERT Academic Publishing, – Saarbrücken (Germany), – 2016. – 585 p.

2. Tsimbal N. N. Flexible strategies of divergence of vessels/ N. N. Tsimbal, I. A. Burmaka and E. E. Tyupikov. – Odessa: KP OGT, 2007. – 424 p.

3. Pyatakov E. N. Cooperation of vessels at divergence for warning of collision / E. N. Pyatakov, R. Y. Buzhbeckij, I. A. Burmaka, A. Y. Bulgakov. – Kherson: Grin D. S. – 2015. – 312 p.

4. Burmaka I. Urgent strategy of divergence at excessive rapprochement of vessels / I. Burmaka, A. Burmaka, R. Buzhbetskiy. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 p.

5. Safin I. V. Choice of optimum maneuver of divergence / I. V. Safin // Avtomatizatsiya sudovykh tekhnicheskikh sredstv. – 2002. – №7. – P. 115–120.

6. Burmaka Y. A. Results of imitation design of process of divergence of vessels taking into

account their dynamics / Y. A. Burmaka // Sudovozhdenye: sb. nauchn. trudov. – 2005. – №10. – P. 21–25.

7. Petrichenko E. A. Conclusion of condition of existence of great number of possible manoeuvres of divergence taking into account navigation dangers/ E. A. Petrichenko // Sudovozhdenie. – 2003. – №6. – P. 103–107.

8. Lisowski J. Dynamic games methods in navigator decision support system for safety navigation/ Lisowski J. // Advances in Safety and Reliability. – 2005. – Vol. 2. – London-Singapore, Balkema Publishers. – P. 1285–1292.

9. Lisowski J. Game control methods in navigator decision support system / Lisowski J. // The Archives of Transport. – 2005. – No 3–4, Vol. XVII. – P. 133–147.

10. Lisowski J. Game and computational intelligence decision making algorithms for avoiding collision at sea/ Lisowski J. // Proc. of the IEEE Int. Conf. on Technologies for Homeland Security and Safety. – 2005. – Gdańsk. – P. 71–78.

11. Statheros Thomas. Autonomous ship collision avoidance navigation concepts, technologies and techniques / Statheros Thomas, Howells Gareth, McDonald-Maier Klaus. // J. Navig. – 2008. – 61, № 1. – P. 129–142.