

МЕТОДЫ ВНЕШНЕГО УПРАВЛЕНИЯ СУДАМИ В СИТУАЦИИ ОПАСНОГО СБЛИЖЕНИЯ

Бурмака И. А., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой управления судном Национального университета «Одесская морская академия», e-mail: burmaka-tob@ukr.net;

Кулаков М. А., аспирант кафедры управления судном Национального университета «Одесская морская академия», e-mail: burmaka-tob@ukr.net;

Калиниченко Г. Е., аспирант кафедры управления судном Национального университета «Одесская морская академия», e-mail: burmaka-tob@ukr.net

Рассмотрены содержание и основные особенности и достоинства принципа полного управления процессом расхождения судов внешним управленцем, которым может быть, как Система управления движением судов, так и, что принципиально важно, судовая информационная система, с теми же возможностями, установленная на каждом из судов.

Показано, что основными методами внешнего управления процессом расхождения судов являются формирование и использование областей опасных значений параметров движения сближающихся судов. Наиболее предпочтительными при наличии достаточного водного пространства в районе маневрирования являются области опасных значений курсов сближающихся судов. При наличии навигационных опасностей, ограничивающих возможность изменение курсов судов, в статье предлагается применение областей опасных значений скоростей. Также рассмотрена область опасных курсов одного из судов и скоростей второго судна. Описаны процедуры оценки опасности ситуации сближения пары судов и выбора маневра расхождения с помощью рассмотренных трех типов областей опасных значений параметров движения опасно сближающихся судов.

Ключевые слова: безопасность судовождения, расхождение судов при опасном сближении, внешнее управление процессом расхождения, области опасных параметров движения.

Постановка проблемы. Одной из наиболее актуальных проблем безопасности судовождения является обеспечение безопасного расхождения судов в ситуации опасного сближения при плавании в стесненных водах. Поэтому стесненные районы плавания с особенно интенсивным движением для контроля процесса судовождения и управления движением опасно сближающихся судов оборудуются станциями управления движением судов (СУДС), которые должны располагать современными средствами предупреждения столкновения судов, использующими способы безопасного расхождения двух и более судов. Таким образом, исследование вопросов управления судами, следующих опасными курсами сближения, в районах контроля СУДС, чему посвящена настоящая статья, является актуальным и перспективным направлением.

Анализ последних достижений и публикаций. Ряд моделей формализации взаимодействия судов при расхождении и процедуры расчета безопасного маневра рассмотрены в работах [1–6]. Для описания процесса расхождения в работе [1] используются методы теории оптимальных дискретных процессов, а в работах [2, 3] в рамках теории дифференциальных игр производится формализация взаимодействия судов при расхождении. В работе [4] предлагается для описания взаимодействия судов при расхождении использовать метод нелинейной интегральной инвариантности. В работе [5] обобщено понятие взаимодействия судов при возникновении угрозы столкновения, в ней также предложена формализация МППСС-72.

Проблема предупреждения столкновений судов разносторонне исследована в работе [6] и предложен метод гибких стратегий их расхождения, позволяющий формировать оптимальную стратегию расхождения судна с несколькими опасными целями с учетом требований МППСС-72, имеющимися навигационными опасностями и инерционно-тормозными характеристиками судна.

В работе [7] рассмотрено управления тремя судами для безопасного расхождения, а результаты исследования эффективности парных маневров расхождения приведены в работе [8]. Ряд особенностей задачи расхождения судов в море освещен в монографии [9],

в которой приведен метод предупреждения столкновения судов путем смещения на параллельную линию пути.

В рассмотренных работах выбор стратегии расхождения судна производится в рамках локально-независимого принципа управления процессом расхождения, который предусматривает обязательную координацию взаимодействия между судами при опасном сближении. Однако, при управлении процессом расхождения судов с помощью СУДС исчезает необходимость во взаимном согласовании маневров судов механизмом взаимодействия, т. е. реализуется принцип внешнего управления процессом расхождения, исследование основных особенностей которого составляет содержание данной статьи.

Цель статьи. Цель настоящей статьи – анализ методов предупреждения столкновений судов при внешнем управлении процессом их расхождения.

Изложение основного материала. При полном управлении опасно сближающихся судов внешний управленец наблюдает ситуацию сближения и в случае появления ситуационного возмущения формирует общую стратегию расхождения для обоих судов.

Таким управленцем может быть, как СУДС, так и, что принципиально важно, судовая информационная система, с теми же возможностями, установленная на каждом из судов, решающая задачу коллективной компенсации ситуационного возмущения и реализующая полученную в результате решения индивидуальную стратегию. Внешний управленец Ξ наблюдает вектор состояния F пары сближающихся судов и производит анализ наличия ситуационного возмущения, при появлении которого производится выбор оптимальной стратегии (G_1, G_2) . Маневры G_1 и G_2 , как показано на рис. 1, адресуются судам c_1 и c_2 , которые осуществляют их реализацию.

Достоинством полного управления судов внешним управленцем является одинаковая интерпретация ситуационного возмущения при выборе маневров расхождения G_1 и G_2 .

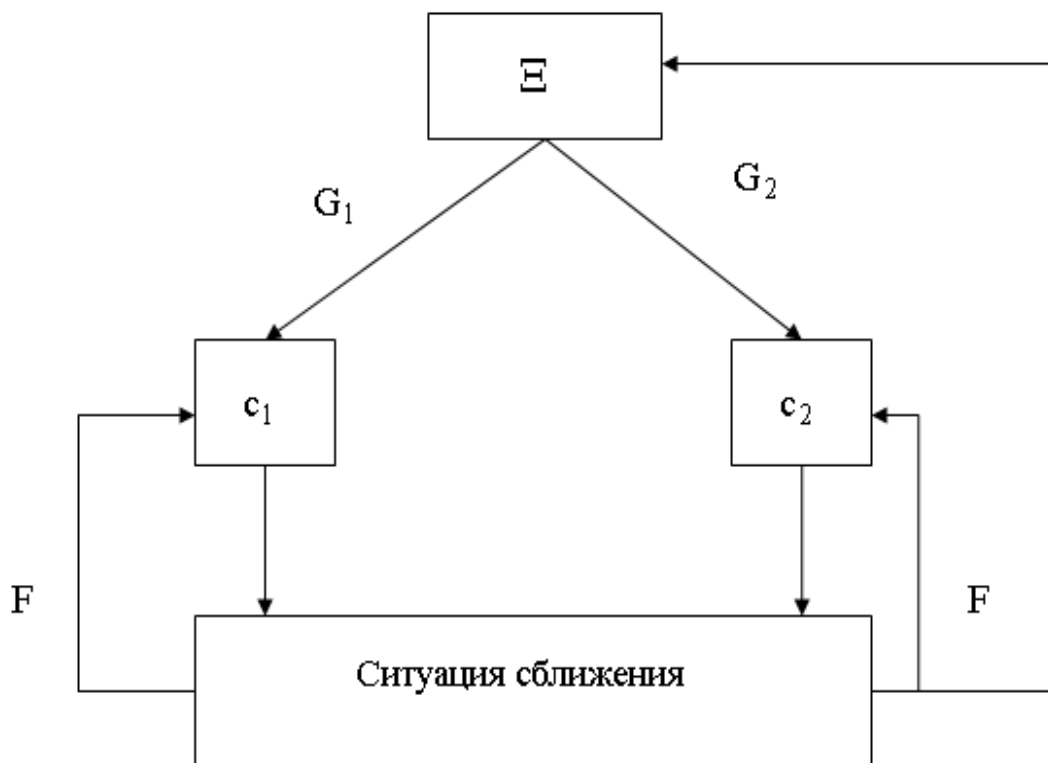


Рисунок 1 – Принцип полного управления процессом расхождения внешним управленцем

При управленні процесом расхождения внешний управленец наблюдает ситуацию сближения пары судов и в случае появления угрозы столкновения формирует общую стратегию расхождения для обоих судов, предупреждая их столкновение. Таким управленцем может быть, как СУДС, так и судовая информационная система, с теми же возможностями, установленная на каждом из судов, решающая задачу коллективного расхождения и реализующая полученную в результате решения индивидуальную стратегию. Достоинством полного управления процессом расхождения внешним управленцем является одинаковая интерпретация ситуации опасного сближения при выборе маневров расхождения. Так как при полном управлении в случае опасного сближения выбор стратегии расхождения производится не опасно сближающимися судами, а внешним управленцем, то отсутствует система координации, регламентирующая взаимодействие опасно сближающихся судов (МППСС-72).

В работе [10] показано, что множество состояний пары сближающихся судов целесообразно представлять областью опасных курсов Q_k , которая отображается на расширенной плоскости курсов судов, как показано на рис. 2.

Границами области Q_k являются точки курсов судов (K_1, K_2) , удовлетворяющие следующему уравнению:

$$\sin(K_2 - \theta) = \frac{V_1}{V_2} \sin(K_1 - \theta),$$

где $\theta = \alpha \pm \arcsin \frac{D_d}{D}$; α и D – соответственно пеленг и дистанция между судами;

D_d – предельно-допустимая дистанция сближения судов.

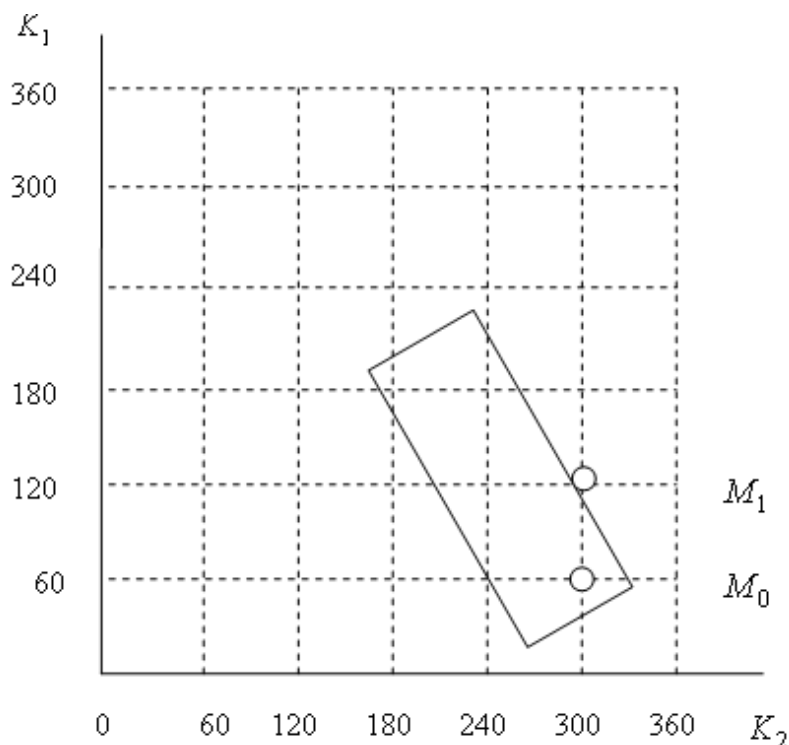


Рисунок 2 – Область опасных курсов Q_k судов

При нахождении точки $M_0(K_1, K_2)$ (рис. 1) внутри области опасных курсов Q_k дистанция кратчайшего сближения D_{\min} меньше предельно-допустимой дистанции D_d , и сближение судов является опасным. Угроза столкновения отсутствует, если точка $M_1(K_1, K_2)$ находится на границе или вне области Q_k . Если для пары судов точка с

программними курсами (K_{10} , K_{20}) знаходиться в області Q_k , то необхідно при незмінних швидкостях судів змінити їх курси на значення K_{1y} і K_{2y} , при яких точка (K_{1y} , K_{2y}) не належить області небезпечних курсів, а знаходиться на її границі. Перехід із точки (K_{10} , K_{20}) області Q_k в точку (K_{1y} , K_{2y}), повинен відповідати мінімальним змінам курсів судів.

В ситуації, коли небезпечно зближуються судна не можуть змінювати свій курс, попередити зіткнення можна зміною їх швидкостей. В цьому випадку множина станів пари зближуються судів слід графічно представити областю небезпечних швидкостей Q_v , яка аналогічна області небезпечних курсів Q_k , з тією лише різницею, що кожній точці (V_1, V_2) парних швидкостей судів відповідає відстань найкоротшого зближення між судами D_{\min} . Границя небезпечної області швидкостей, кожна точка якої відповідає відстані найкоротшого зближення рівній гранично-допустимій відстані, т. є. $D_{\min} = D_d$, формалізується вираженнями [11]:

$$V_1^* = V_2 \frac{\sin(K_2 - \theta^*)}{\sin(K_1 - \theta^*)};$$

$$V_{1*} = V_2 \frac{\sin(K_2 - \theta_*)}{\sin(K_1 - \theta_*)},$$

де $\theta^* = \alpha - \arcsin \frac{D_d}{D}$, $\theta_* = \alpha + \arcsin \frac{D_d}{D}$.

При постійних значеннях курсів судів K_1 і K_2 границі небезпечної області швидкостей є лінійними, як показано на рис. 3.

На рис. 3 показана область недопустимих швидкостей для пари небезпечно зближуються судів, курси яких є незмінними. В якості прикладу вибрана ситуація небезпечного зближення судів з параметрами: $\alpha = 90^\circ$, $D = 3,0$ миль, $D_d = 1,0$ миль, $K_1 = 45^\circ$, $K_2 = 315^\circ$, з початковими швидкостями $V_1 = 15$ вузлів і $V_2 = 15$ вузлів. В цьому випадку $\gamma^* = 70,5^\circ$ і $\gamma_* = 109,5^\circ$, а вираження для верхньої $Gr^*(V_1, V_2)$ і нижньої $Gr_*(V_1, V_2)$ границь:

$$V_1^* = 2,097V_2 \text{ і } V_{1*} = 0,477V_2.$$

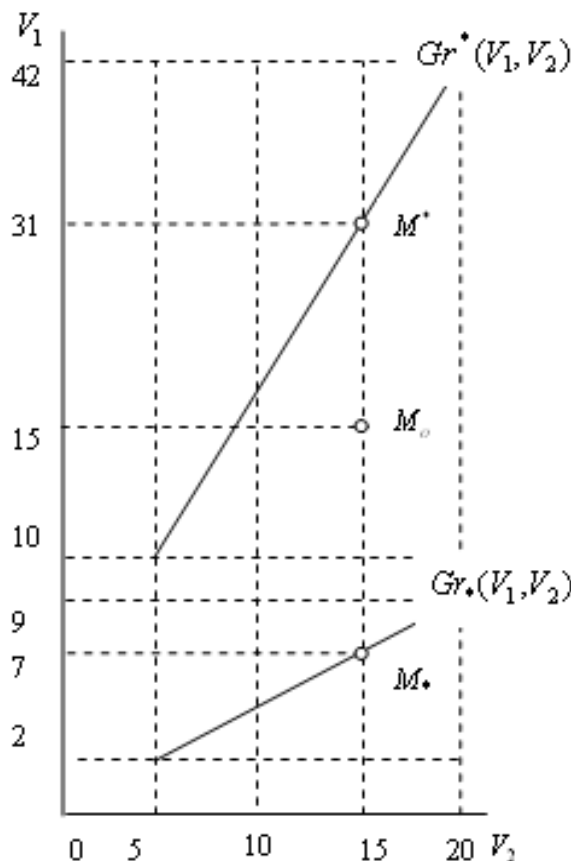


Рисунок 3 – Область опасных скоростей Q_v судов

Как следует из приведенного рисунка, точка с начальными скоростями M_0 принадлежит области недопустимых скоростей и сближение судов опасно. Если судно, имеющее скорость V_2 следует с неизменными параметрами, а судно со скоростью V_1 будет маневрировать изменением скорости, то безопасное расхождение на дистанции $D_d=1,0$ мили возможно при увеличении скорости V_1 до значения 31,5 узла (точка M^*) или ее уменьшении до значения 7,2 узла (точка M_*). Указанные точки находятся на верхней $Gr^*(V_1, V_2)$ и нижней $Gr_*(V_1, V_2)$ границах области опасных скоростей.

Однако возможности безопасного расхождения опасно сближающихся судов возрастают при использовании еще одного типа расхождения, при котором одно из судов изменяет курс, сохраняя неизменной скорость, а второе судно на постоянном курсе может снижать свою скорость. В указанном случае необходимо рассмотреть область опасных курсов одного судна и скоростей другого судна, при сочетании которых дистанция кратчайшего сближения меньше предельно-допустимой дистанции, т. е. сближение судов является опасным. Рассмотрим принцип формирования такой области, которую обозначим Ω_{KV} . Очевидно, что границу области Ω_{KV} на плоскости $K_1 \times V_2$ составляют точки (K_1, V_2) , удовлетворяющие условию $\min D(K_1, V_2) = d_d$. С учетом обозначения

$\gamma^{(1,2)} = \alpha \mp \arcsin\left(\frac{d_d}{D}\right)$, граница области Ω_{KV} аналитически формализуется с помощью выражения [11]:

$$\sin K_1 \cos \gamma^{(1,2)} - \cos K_1 \sin \gamma^{(1,2)} = \frac{V_2}{V_1} (\sin K_2 \cos \gamma^{(1,2)} - \cos K_2 \sin \gamma^{(1,2)}),$$

или

$$\sin(K_1 - \gamma^{(1,2)}) = \frac{\sin(K_2 - \gamma^{(1,2)})}{V_1} V_2.$$

Если обозначить $\mu^{(1,2)} = \frac{\sin(K_2 - \gamma^{(1,2)})}{V_1}$, то $V_2^{(1,2)} = \frac{\sin(K_1 - \gamma^{(1,2)})}{\mu^{(1,2)}}$. Следовательно, существует две границы, на которых достигается равенство $\min D = d_d$:

$$\begin{aligned} V_2^{(1)} &= \frac{\sin(K_1 - \gamma^{(1)})}{\mu^{(1)}} = \frac{V_1}{\sin[K_2 - (\alpha + \arcsin \frac{d_d}{D})]} \sin[K_1 - (\alpha - \arcsin \frac{d_d}{D})], \\ V_2^{(2)} &= \frac{\sin(K_1 - \gamma^{(2)})}{\mu^{(2)}} = \frac{V_1}{\sin[K_2 - (\alpha - \arcsin \frac{d_d}{D})]} \sin[K_1 - (\alpha + \arcsin \frac{d_d}{D})]. \end{aligned} \quad (1)$$

Так как рассматриваем изменение скорости торможением, то значения скоростей $V_2^{(1,2)}$ должны удовлетворять условию $V_{2n} > V_2^{(1,2)} \geq 0$, где V_{2n} – начальная скорость судна.

Рассмотрим, какие значения курса K_1 соответствуют граничным значениям 0 и V_{2n} скорости $V_2^{(1,2)}$. Прежде всего, отмечаем, что границы не могут быть определены для ситуации, когда $K_2 = \alpha \pm \arcsin \frac{d_d}{D}$. Очевидно, из уравнений границ (1):

$$K_1(V_2^{(1,2)} = 0) = \alpha \mp \arcsin \frac{d_d}{D} = \gamma^{(1,2)}.$$

Для определения второго значения $K_1(V_2^{(1,2)} = V_{2n})$ рассмотрим уравнение:

$$V_2^{(1,2)} = \frac{\sin(K_1 - \gamma^{(1,2)})}{\mu^{(1,2)}},$$

в которое подставляем $V_2^{(1,2)} = V_{2n}$:

$$V_{2n} = \frac{\sin(K_1 - \gamma^{(1,2)})}{\mu^{(1,2)}},$$

откуда

$$\sin(K_1 - \gamma^{(1,2)}) = \frac{V_{2n}}{V_1} \sin(K_2 - \gamma^{(1,2)}),$$

поэтому

$$K_1 = \gamma^{(1,2)} + \arcsin\left[\frac{V_{2n}}{V_1} \sin(K_2 - \gamma^{(1,2)})\right],$$

или

$$K_1(V_2^{(1,2)} = V_{2n}) = \gamma^{(1,2)} + \arcsin\left[\frac{V_{2n}}{V_1} \sin(K_2 - \gamma^{(1,2)})\right].$$

В случае $V_1 > V_{2n}$ существуют значения $K_1(V_2^{(1,2)} = V_{2n})$ для обеих границ, а если $V_1 < V_{2n}$, то необходимо учитывать соотношения между величиной $\gamma^{(1,2)}$ и экстремальными относительными курсами K_{otmax} и K_{otmin} .

Рассмотрим случай, когда $V_1 > V_{2n}$ и находим граничные значения курса первого судна:

$$K_1(V_2^{(1)} = 0) = \alpha - \arcsin \frac{d_d}{D} = \gamma^{(1)};$$

$$K_1(V_2^{(2)} = 0) = \alpha + \arcsin \frac{d_d}{D} = \gamma^{(2)};$$

$$K_1(V_2^{(1)} = V_{2n}) = \gamma^{(1)} + \arcsin \left[\frac{V_{2n}}{V_1} \sin(K_2 - \gamma^{(1)}) \right];$$

$$K_1(V_2^{(2)} = V_{2n}) = \gamma^{(2)} + \arcsin \left[\frac{V_{2n}}{V_1} \sin(K_2 - \gamma^{(2)}) \right].$$

Введем обозначения:

$$K_{1min}^{(1)} = K_1(V_2^{(1)} = 0), \quad K_{1min}^{(2)} = K_1(V_2^{(2)} = 0);$$

$$K_{1max}^{(1)} = K_1(V_2^{(1)} = V_{2n}), \quad K_{1max}^{(2)} = K_1(V_2^{(2)} = V_{2n}).$$

С учетом принятых обозначений:

$$K_{1min}^{(1)} = \alpha - \arcsin \frac{d_d}{D} = \gamma^{(1)};$$

$$K_{1min}^{(2)} = \alpha + \arcsin \frac{d_d}{D} = \gamma^{(2)};$$

$$K_{1max}^{(1)} = \gamma^{(1)} + \arcsin \left[\frac{V_{2n}}{V_1} \sin(K_2 - \gamma^{(1)}) \right];$$

$$K_{1max}^{(2)} = \gamma^{(2)} + \arcsin \left[\frac{V_{2n}}{V_1} \sin(K_2 - \gamma^{(2)}) \right].$$

Обращаем внимание, что изменение скорости второго судна V_2 на участке $V_2 \in (0, V_{2n})$ для первой границы происходит на участке курсов $K_1 \in (K_{1min}^{(1)}, K_{1max}^{(1)})$, т. е. на интервале $\Delta K_1^{(1)} = K_{1max}^{(1)} - K_{1min}^{(1)}$ или с учетом полученных выражений $\Delta K_1^{(1)} = \arcsin \left[\frac{V_{2n}}{V_1} \sin(K_2 - \gamma^{(1)}) \right]$. Аналогично для второй границы: $K_1 \in (K_{1min}^{(2)}, K_{1max}^{(2)})$ и $\Delta K_1^{(2)} = \arcsin \left[\frac{V_{2n}}{V_1} \sin(K_2 - \gamma^{(2)}) \right]$. Заметим, что интервалы $\Delta K_1^{(1)}$ и $\Delta K_1^{(2)}$ меньше $\pi/2$, поэтому на этих интервалах значение скорости V_2 для обеих границ монотонно возрастает. С учетом полученных результатов область Ω_{KV} опасных параметров курса одного судна и скорости второго судна, заключенная между первой G_{1KV} и второй G_{2KV} границами для

случая $V_1 > V_{2n}$ выглядит, как показано на рис. 3. Поэтому, если точка с начальными параметрами движения судов $M_n(K_{n1}, V_{2n})$ находится между первой G_{1KV} и второй G_{2KV} границами, т. е. $(K_{n1}, V_{2n}) \in \Omega_{KV}$, то имеет место неравенство $\min D(K_{n1}, V_{2n}) < d_d$, и сближение судов является опасным. В этом случае необходимо выбрать параметры уклонения судов K_{1y} и V_{2y} , таким образом, чтобы соответствующая им точка $M_y(K_{1y}, V_{2y})$ находилась на ближайшей к точке $M_n(K_{n1}, V_{2n})$ границе области Ω_{KV} и расстояние между точками M_n и M_y было минимальным как показано на рис. 4.

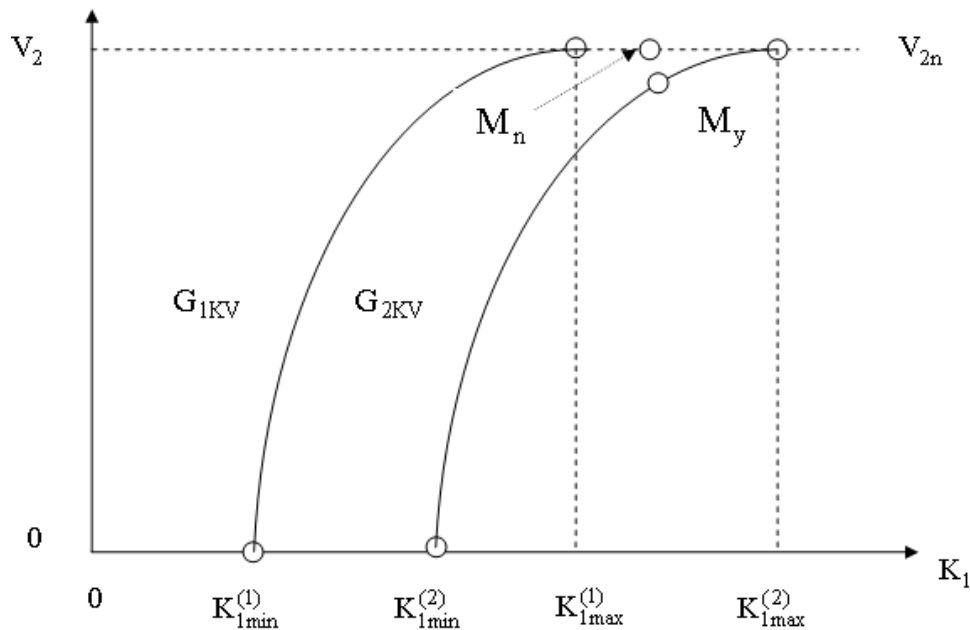


Рисунок 4 – Область Ω_{KV} опасных параметров судов

Выводы:

1. Рассмотрен принцип внешнего управления процессом расхождения судов и показано, что главными его достоинствами являются одинаковая интерпретация ситуации опасного сближения при выборе маневров расхождения и отсутствие система координации, регламентирующей взаимодействие опасно сближающихся судов.

2. Приведены основные методы оценки опасности сближения судов и выбора в случае необходимости маневра их расхождения. Показано, что основными методами внешнего управления процессом расхождения судов являются область опасных курсов сближающихся судов и область их опасных скоростей, причем приведены аналитические выражения их границ.

3. Получены выражения для формализации границ области недопустимых значений курсов одного судна и скоростей второго судна и предложена процедура ее графического отображения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов А. М. Оптимальное управление расхождением судов / А. М. Куликов, В. В. Поддубный // Судостроение. – 1984. – № 12. – С. 22–24.
2. 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.
3. Кудряшов В. Е. Синтез алгоритмов безопасного управления судном при расхождении с несколькими объектами / В. Е. Кудряшов // Судостроение. – 1978. – № 5. – С. 35–40.

4. Павлов В. В. Некоторые вопросы алгоритмизации выбора маневра в ситуациях расхождения судов / В. В. Павлов, Н. И. Сеньшин // Кибернетика и вычислительная техника. – 1985. – № 68. – С. 43–45.
5. 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.
6. Цымбал Н. Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н. Н.Цымбал, И. А.Бурмака, Е. Е. Тюпиков. – Одесса : КП ОГТ, 2007. – 424 с.
7. Бурмака И. А. Маневр расхождения трех судов изменением курсов / И. А. Бурмака, А. Ю. Булгаков // Автоматизация судовых технических средств : науч. -техн. сб. – 2014. – Вып. 20. – Одесса : ОНМА. – С. 18–23.
8. Пятаков Э. Н. Оценка эффективности парных стратегий расходящихся судов / Э. Н. Пятаков., С. И. Заичко // Судовождение: сб. научн. трудов. / ОНМА. – Вып.15. – Одесса : ИздатИнформ, 2008. – С. 166–171.
9. Вагущенко Л. Л. Расхождение с судами смещением на параллельную линию пути / Л. Л. Вагущенко. – Одесса : Фенікс, 2013. – 180 с.
10. Булгаков А.Ю. Использование опасной области курсов двух судов для выбора допустимого маневра расхождения / А. Ю Булгаков // Водный транспорт. – 2014. – № 2 (20). – С. 12–17.
11. Бурмака И. А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И. А Бурмака., Э. Н Пятаков., А. Ю. Булгаков – Саарбрюккен (Германия) : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 585 с.

REFERENCES

1. Kulikov, A. M. and Poddubnyy. V.V. (1984). Optimum management by divergence of vessels. *Sudostroenie*, 12, 22–24.
2. Lisowski, J. (2005). Dynamic games methods in navigator decision support system for safety navigation. *Advances in Safety and Reliability*, Vol. 2. London-Singapore : Balkema Publishers. 1285-1292.
3. Kudryashov, V. E. (1978). Synthesis of algorithms of safe management by a ship at divergence with a few objects. *Sudostroenie*, 5. 35–40.
4. Pavlov, V. V., Senshin, N. I. (1985). Some questions of choice of maneuver in the situations of divergence of vessels. *Kibernetika i vychislitel'naya tekhnika*, 8. 43–45.
5. Pyatakov E. N., Buzhbeckij R. Y., Burmaka I. A., Bulgakov A. Y. (2015). *Cooperation of vessels at divergence for warning of collision*. Kherson : Grin D. S. 312 p.
6. Tsimbal, N. N., Burmaka, I. A. and Tyupikov, E. E. (2007). Flexible strategies of divergence of vessels. Odessa : KP OGT. 424 p.
7. Burmaka, I. A., Bulgakov, A. Y. (2014). Maneuver of divergence of three vessels by the change of courses. *Avtomatizatsiya sudovykh tekhnicheskikh sredstv*, 20. 18–23.
8. Pyatakov E. N., Zaichko S. I. (2008). Estimation of efficiency of pair strategies of going away vessels. *Sudovozhdenie*, 15. 166–171.
9. Vagushchenko, L. L. (2013). *Divergence with vessels by displacement on the parallel line of way*. Odessa : Feniks. 180 p.
10. Bulgakov, A. Y. (2014). Use of dangerous region of courses of two vessels for the choice of possible manoeuvre of divergence. *Vodnyy transport*, 2 (20). 12–17.
11. Burmaka I., Pyatakov E., Bulgakov A. (2016). *Management by vessels in the situation of dangerous rapprochement*. Saarbryukken (Germany) : LAP LAMBERT Academic Publishing. 585 p.

Бурмака І. А., Кулаков М. О., Калініченко Г. Є. МЕТОДИ ЗОВНІШНЬОГО УПРАВЛІННЯ СУДНАМИ В СИТУАЦІЇ НЕБЕЗПЕЧНОГО ЗБЛИЖЕННЯ

Розглянуті зміст і основні особливості і переваги принципу повного управління процесом розходження суден зовнішнім управлінцем, яким може бути, як Система управління рухом суден, так і, що принципово важливо, суднова інформаційна система, з тими ж можливостями, яка встановлена на кожному із суден.

Показано, що основними методами зовнішнього управління процесом розходження суден є формування і використання областей небезпечних значень параметрів руху суден, що зближуються. Найбільш переважними за наявності достатнього водного простору в районі маневрування є області небезпечних значень курсів суден, що зближуються. За наявності навігаційних перешкод, що обмежують можливість зміни курсів суден, в статті пропонується застосування областей небезпечних значень швидкостей. Також розглянута область небезпечних курсів одного з суден і швидкостей другого судна. Описані процедури оцінки небезпеки ситуації зближення пари суден і вибору маневру розходження за допомогою розглянутих трьох типів областей небезпечних значень параметрів руху суден, що небезпечно зближуються.

Ключові слова: безпека судноводіння, розходження суден при небезпечному зближенні, зовнішнє управління процесом розходження, області небезпечних параметрів руху.

Burmaka I. A., Kulakov M. A., Kalinichenko G. Y. METHODS OF EXTERNAL MANAGEMENT BY VESSELS IN THE SITUATION OF DANGEROUS RAPPROCHEMENT

Maintenance and basic features and dignities of principle of complete process control of divergence of vessels by external management which can be is considered, both traffic control system of vessels and, that is on principle important, ship informative system, with those possibilities, set on each of ships.

It is shown that forming and use of regions of dangerous values of parameters of motion of the drawn together vessels are the basic methods of external process control of divergence of vessels. At presence of sufficient water space in the district of maneuvering the regions of dangerous values of courses of the drawn together vessels are most preferable. At presence of navigation dangers limiting possibility change of courses of vessels, application of regions of dangerous values of speeds is offered in the article. The region of dangerous courses of one of ships and speeds of the second ship is also considered. Procedures of estimation of danger of situation of rapprochement of pair of vessels and choice of maneuver of divergence by the considered three types of regions of dangerous values of parameters of motion of the dangerously drawn together vessels are described.

Keywords: safety of navigation, divergence of vessels at dangerous rapprochement, external process control of divergence, region of dangerous parameters of motion.

© Бурмака І. А., Кулаков М. О., Калініченко Г. Є.

Статтю прийнято
до редакції 23.10.17