

ФОРМАЛИЗАЦІЯ СИТУАЦІЇ ЧРЕЗМЕРНОГО СБЛИЖЕННЯ СУДОВ

Бурмака А.И.,

Одесская национальная морская академия

В работе рассмотрена ситуация чрезмерного сближения судов, которая упоминается в Правиле 17 МППСС-72, и произведена ее формализация. Получены аналитические выражения, позволяющие по параметрам движения судна и цели, а также по их относительному положению рассчитать максимальную дистанцию кратчайшего сближения и определить наличие ситуации чрезмерного сближения.

Ключевые слова: безопасность судовождения, расхождение судов, чрезмерное сближение, максимальная дистанция кратчайшего сближения.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами. Обеспечение безаварийного расхождения судов является одной из наиболее актуальных проблем безопасности судовождения. Риск столкновения судов возрастает в стесненных водах, где повышена интенсивность их движения, ограничено пространство для маневра и нередко возникают ситуации чрезмерного сближения с угрозой столкновения. Развитие таких ситуаций зачастую заканчиваются столкновением судов. В ситуациях чрезмерного сближения МППСС-72 предписывает обоим судам предпринимать должные меры, обеспечивающие безопасное расхождение. Практически в таких ситуациях оба судна принимают решения в условиях неопределенности относительно предстоящих действий партнера. Из-за дефицита времени, в принципе, невозможна взаимная координация действия судов по предупреждению столкновения. Поэтому безопасный исход в таких ситуациях в большей мере определяется везением и интуицией капитана, чем рациональным принятием решения.

Однако аналитическое описание ситуации расхождения в условиях чрезмерного сближения и ее корректный анализ позволяют получить необходимые рекомендации, минимизирующие риск столкновения.

Важным аспектом рассматриваемой задачи является определение ситуации чрезмерного сближения судов.

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Вопросы учета динамики судна при маневрировании были рассмотрены в работах [1-4].

В работе [1] изложен инверсный метод планирования траектории движения объектов управления, согласно которому в кинематические уравнения движения объекта вводится отрицательное время, а в качестве начальных условий выбирается желаемое финальное состояние объекта. Решение уравнений дает момент времени начала маневра и его параметры.

Проблема учета маневренных характеристик судна для обеспечения безопасности плавания в стесненных условиях освещается в работе [2].

Результаты теоретического исследования проблемы расхождения при чрезмерном сближении судов приведены в работе [3], в которой экстренное расхождение в такой ситуации называется маневром последнего момента. Приведенные результаты носят частный характер, так как касаются ограниченного множества начальных позиций сближающихся судов.

Формулировка целей статьи. Целью предлагаемой статьи является процедура формального определения ситуации чрезмерного сближения судов.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. В ситуации чрезмерного сближения для предотвращения столкновения необходим маневр обоих судов, что указывается в Правиле 17 МППСС-72.

При сближении судов для оценки степени его опасности целесообразно ввести два значения предельно допустимой дистанции кратчайшего сближения D_{dop1} и D_{dop2} . Если дистанция кратчайшего сближения D_{min} больше значения D_{dop1} , то сближение судов не является опасным. В противном случае необходимо сравнить величину D_{min} со значением D_{dop2} . Если имеет место неравенство $D_{min} > D_{dop2}$, то суда находятся в первой области взаимных обязанностей и судно, имеющее приоритет, продолжает следовать с неизменными параметрами движения, а второе судно предпринимает маневр расхождения. В случае $D_{min} < D_{dop2}$ необходимо проверить, не является ли сближение судов чрезмерным. Если это так, то суда находятся в третьей области взаимных обязанностей, и каждое из них должно предпринять маневр расхождения, предупреждающий столкновение. В противном случае реализуется вторая область взаимных обязанностей, когда судно, обладающее приоритетом, может предпринять маневр расхождения.

Рассмотрим ситуацию чрезмерного сближения судов, которая определяет третью область взаимных обязанностей. Формально такую ситуацию можно определить, когда максимально возможная дистанция кратчайшего сближения $\max D_{min}$, которая может быть достигнута наиболее эффективным маневром судна, окажется меньшей, чем предельно допустимая дистанция кратчайшего сближения D_{dop2} . Следовательно, условие принадлежности судна к области чрезмерного сближения аналитически можно записать следующим образом:

$$\max D_{min} = D_n |\sin(K_{otextr} - \Pi_n)| < D_{dop2},$$

где D_n и Π_n – соответственно начальные дистанция и пеленг с судна на цель; K_{otextr} – экстремальный относительный курс, обеспечивающий максимальное значение дистанции кратчайшего сближения.

Экстремальные значения относительного курса, т.е. его максимальное $K_{отmax}$ и минимальное $K_{отm}$ значения, существуют при скорости судна меньшей скорости цели и определяются следующими выражениями [4]:

$$K_{отm} = K_c - \arcsin p + \pi \quad \text{и}$$

$$K_{отmax} = K_c + \arcsin p + \pi,$$

где $p = V_o / V_c$ – отношение скорости судна к скорости цели; K_c – курс цели.

Причем экстремальные значения относительного курса, как показано в работе [4], достигаются на соответствующих курсах судна:

$$K_{отmin} = K_c + \arccos p \quad \text{и} \quad K_{отmax} = K_c - \arccos p.$$

Выводы и перспектива дальнейшей работы по данному направлению. Таким образом, в ситуации опасного сближения судна с целью необходимо, исходя из параметров движения, рассчитать значения экстремального истинного и относительного курсов, а также максимальное значение дистанции кратчайшего сближения. Сравнивая максимальное значение дистанции кратчайшего сближения с предельно допустимым значением дистанции кратчайшего сближения, делается вывод о принадлежности ситуации к чрезмерному сближению судов. В дальнейшем целесообразно рассмотреть учет инерционности судна при определении ситуации чрезмерного сближения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мальцев А. С. Инверсный метод планирования траектории движения объектов управления / А. С. Мальцев // Судовождение : сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 13. – Одесса : «ИздатИнформ», 2007. – С. 124-130.
2. Мальцев А. С. Учет маневренных характеристик для обеспечения безопасности плавания / А. С. Мальцев // Судостроение и ремонт. – 1989. – №5. – С. 29-31.
3. Мальцев А. С. Маневрирование судов при расхождении / А. С. Мальцев. – Одесса : Морской тренажерный центр, 2002. – 208 с.
4. Цымбал Н. Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н. Н. Цымбал, И. А. Бурмака, Е. Е. Тюпиков. – Одесса : КП ОГТ, 2007. – 424 с.

Бурмака А.И. ФОРМАЛІЗАЦІЯ СИТУАЦІЇ НАДМІРНОГО ЗБЛИЖЕННЯ СУДЕН

В роботі розглянута ситуація надмірного зближення суден, яка згадується в Правилі 17 МППЗС-72, та проведена її формалізація. Отримані аналітичні вирази, що дозволяють за параметрами руху судна і цілі, а також за їхнім відносним положенням розрахувати максимальну дистанцію найкоротшого зближення і визначити наявність ситуації надмірного зближення.

Ключові слова: безпека судноводіння, розходження суден, надмірне зближення, максимальна дистанція найкоротшого зближення.

Burmaka A.I. FORMALIZATION OF THE SITUATION OF EXCESSIVE VESSELS' CONVERGENCE

The situation of excessive convergence of vessels was considered in the work which refers to the Rule 17 and was perform its formalization. The analytical results were received. They are allowed by the parameters of the vessel and targets, and also by their relative position to calculate the maximum distance the shortest convergence and determine whether the situation of excessive convergence.

Keywords: safety of navigation, divergence of vessels, excessive convergence, maximum distance of the shortest convergence.