

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ СБЛИЖЕНИЯ СУДОВ

*Бень А.П., Плющ В.Н.,
Херсонский государственный морской институт*

Введение. Повышение безопасности судоходства и снижение уровня аварийности судов являются одной из актуальнейших задач в современном судоходстве. Ее решение требует разработки новых и совершенствования существующих критериев оценки опасности столкновения по имеющимся параметрам движения собственного судна и судов-целей.

Актуальность исследования. Методы оценки опасности сближения судов достаточно детально представлены в работах [1-5, 7, 8]. Используемые подходы к количественной оценке безопасности расхождения чаще всего рассматривают изменения пеленга [1] и дистанции до объектов возможного столкновения, а также скоростей их движения и основаны на расчете расстояния кратчайшего сближения $D_{кр}$ [2, 3] или времени кратчайшего сближения $t_{кр}$ [2, 4, 5]. Анализ указанных работ позволяет сделать вывод, что при оценке уровня безопасности, наиболее эффективным методом становится использование комплексных критериев, учитывающих одновременно динамику изменения нескольких параметров движения, а также погрешности определения этих параметров навигационными системами, с учетом собственных размерений судов.

Основная часть. Предлагаемый комплексный критерий оценки опасности сближения судов учитывает такие параметры, как: собственные размерения судов (L_{max}), боковое смещение при рыскании R_p , радиальную среднеквадратическую погрешность оценки места судна $R_{скп}$ и счислимый радиус круга погрешностей $R_{сч}$. Величина дистанции $D_{зад}$ допустимого кратчайшего сближения должна быть больше значения суммы указанных величин:

$$D_{зад} \geq D_{кр} + (L_{max1} / 2) + (L_{max2} / 2) + R_{об} + R_{сч} + R_p \quad (1)$$

где: L_{max1} , L_{max2} – диаметры окружностей, характеризующие максимальные размерения первого и второго судна.

Для определения радиусов кругов погрешностей используем уравнения из теории ошибок (погрешностей). Радиус круга погрешностей обсервованного места может быть получен из выражения:

$$R_{об} = \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{\Delta n_1^2 + \Delta n_2^2} \quad (2)$$

где: θ – угол между линиями положения, а Δn_1 и Δn_2 – смещение линии пеленга за счёт погрешностей определения навигационных параметров.

При определении места по расстояниям смещение линии положения равно средней квадратической погрешности определения дистанции, то есть $\Delta n = m_D$ где m_D – средняя квадратическая погрешность измерения навигационных параметров. При определении места по пеленгам смещение $\Delta n = \frac{m_n^\circ}{57^\circ3} * D$, где m_n° – средняя квадратическая ошибка измерения пеленга, а D – расстояния до ориентира.

Счислимый радиус круга погрешностей определяется из уравнения:

$$R_{сч} = \frac{S}{10} \sqrt{\frac{\Delta^2 k}{36} + \frac{\Delta^2 \Lambda}{100}} \quad (3)$$

где: Δk – погрешность в поправке компаса, $\Delta \Lambda$ – погрешность в поправке лага.

Величина $R_{сч}$ будет зависеть от расстояния, проходимого судном за период между наблюдениями S и точности определения поправок лага и компаса. Максимальный радиус рыскания судна может быть получен из геометрического построения, представленного на рисунке 1.

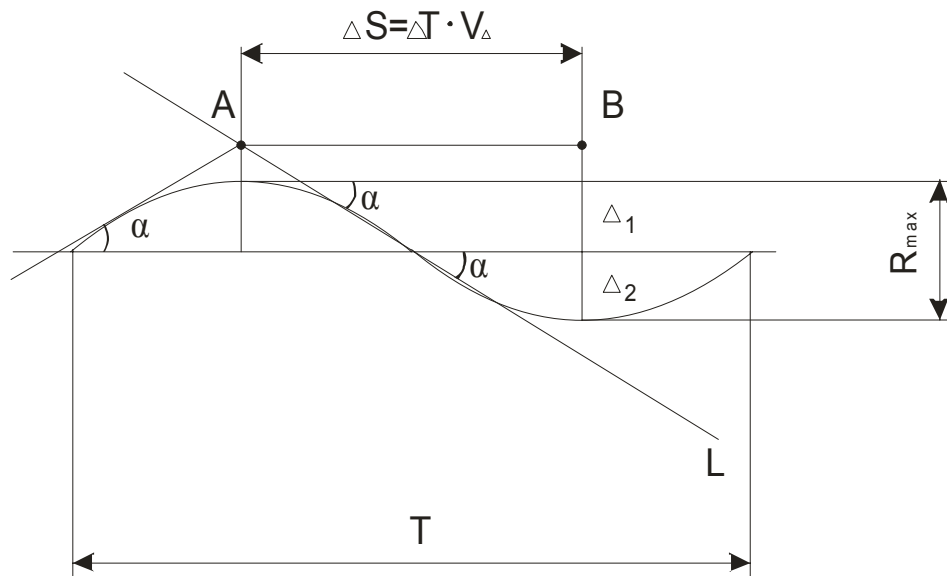


Рисунок 1. Максимальный радиус уклонения судна от линии пути (ЛП) за полупериод рыскания судна

Приняв величину ΔS за расстояние, проходимое судном за полупериод рыскания, а величину α – за угол рыскания, можем рассчитать максимальный радиус рыскания судна из соотношения: $R_{max} = \Delta_1 + \Delta_2 = \Delta S * tg \alpha$.

В силу малости угла рыскания ($2^\circ - 3^\circ$), $tg \alpha$ можно заменить углом α в радианной мере $tg \alpha = \alpha^\circ * arc1^\circ$ и тогда $R_p = \Delta S * \alpha^\circ arc1^\circ$ или:

$$R_p = \Delta S * \frac{\alpha^\circ}{57^\circ3} \quad (4)$$

Необходимо отметить, что время, требуемое для набора информации, составляет 3-6 минут, поэтому все вычисления, связанные с определением значений радиусов кругов погрешностей, относятся именно к этим промежуткам времени. В связи с этим определение текущих значений и динамики изменения величин, входящих в состав критерия (1), на практике сопряжено с рядом технических проблем, и более эффективным методом оценки опасности столкновения становится использование обобщенного параметра, характеризующего это движение, а именно – изменения курсового угла (КУ) линии относительного движения (ЛОД) цели.

В отличие от существующего способа оценки опасности столкновения по постоянному значению допустимого расстояния кратчайшего сближения $D_{заб}$, параметры КУ и α требуют расчета на каждом обороте антенны и могут быть рассчитаны даже при криволинейном движении судна. Использование такого критерия оценки опасности столкновения предложено в [6].

В этом случае для оценки опасности сближения судов рассматривается неравенство:

$$\alpha - (\Delta\alpha' + \Delta\alpha'') \leq КУ \leq \alpha + (\Delta\alpha' + \Delta\alpha'') \quad (5)$$

где: КУ – курсовой угол цели, α – курсовой угол ЛОД судна-цели, $\Delta\alpha'$ – приращение угла α за счет размерений судов, $\Delta\alpha''$ – приращение угла α за счет радиусов кругов погрешностей обсервации, счисления и рыскания судов.

Необходимо отметить, что величина $\Delta\alpha'$ – является постоянной величиной для конкретного случая расхождения, а величина $\Delta\alpha''$ – зависит от многих факторов, доминирующими среди которых являются случайные и систематические погрешности определения места судна.

Если информация о скорости измерения КУ и α поступает от судовых автоматических навигационных систем (GPS, БРЛС, АИС), основным критерием для оценки опасности столкновения или опасного сближения будет неравенство вида:

$$\alpha - \Delta\alpha' \leq КУ \leq \alpha + \Delta\alpha' \quad (6)$$

Связано это с тем, что слагаемые $R_{об}, R_{сч}, R_p$, а, следовательно, и величина $\Delta\alpha''$, постоянно уточняются и фильтруются и поэтому имеют относительно малую величину, которой при определенных условиях можно пренебречь.

Как следует из неравенства (6), наиболее значимым фактором, влияющим на погрешность определения опасности сближения при использовании автоматизированных систем судовождения, становится учет собственных размерений судов.

Выводы. Предложенные критерии оценки опасности столкновения могут быть использованы как при ручном решении задачи расхождения, так и в средствах автоматизированной радиолокационной прокладки и системах управления движением судов [5, 7]. Использование автоматизированных систем определения места судна и прокладки курса позволяет свести к

минимуму погрешности, обусловленные определением радиусов кругов обсервации, счисления и рыскания, но, вместе с тем, обуславливает важность учета при анализе ситуации возможного столкновения, собственных размерений судов. Величина L_{max} для современных судов может достигать сотен метров, что требует при определении места обязательного учета такого параметра, как взаимное расположение приемной антенны спутниковой навигационной системы относительно корпуса судна.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ажнин Б.П. Разность пеленгов между наблюдениями – критерий оценки опасности столкновения // Морской транспорт. Серия «Судовождение и связь» экспресс-информация М. В/о «МТИР». – 1986. – Вып. 3 (188). – С. 11–22.
2. Алексишин В.Г., Алексишин А.В. Зависимость параметров судовой безопасной зоны от стохастических позиционных погрешностей // Судовождение. – 2006. – № 12. – С. 3–10.
3. Алексишин А.В. Плавание в стесненных водах с учетом судовой безопасной зоны // Судовождение. – 2007. – № 13. – С. 3–8.
4. Алексейчук М.С. Основные принципы системы принятия оптимального решения при расхождении судов // Судовождение : Сб. науч. трудов ОГМА. – 1999. – Вып. 1. – С. 7–14.
5. Мальцев А.С. Маневрирование судов при расхождении. – Одесса : Морской тренажерный центр, 2008. – 235 с.
6. Мальцев А.С., Бень А.П., Нгуен Тхан Шон. Пристрій оцінки небезпеки зіткнення суден за курсовим кутом лінії відносного руху. / Деклараційний патент на корисну модель G08G 3|00 № u 2008 12021, пріоритет 10.10.2008.
7. Мальцев А.С., Орлов Е.О. Некоторые особенности применения АИС для предупреждения столкновений судов // Судовождение. – 2007. – № 14. – С. 71–78.
8. Цымбал Н.Н., Бурмака И.А., Тюпиков Е.Е. Гибкие стратегии расхождения судов. – Одесса : КП ОГТ, 2007. – 424 с.