

УДК 656.6

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИСТАНЦИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПРИ РАСХОЖДЕНИИ СУДОВ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ

Кубарев Иван Михайлович¹, студент

e-mail: kubareknn@mail.ru

Домнин Алексей Васильевич¹, доцент кафедры судовождения и безопасности судоходства

e-mail: aleks.dav65@yandex.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В статье рассмотрен способ оперативной оценки аварийной обстановки при пересечении курсов судов на внутренних водных путях в районах переправ и пересечений судовых ходов. Основа метода заключается в последовательном измерении двух курсовых углов на пересекающее судно, определении расстояния, пройденного судном за интервал между наблюдениями, и последующем расчете дистанции пересечения. Показано, что подход может использоваться как резервный безрадиолокационный инструмент в условиях, когда требуется быстро оценить степень опасности по визуальным данным. Уточнены допущения, при которых метод дает практически приемлемый результат, и приведен пример интерпретации расчетной зависимости. Материал ориентирован на использование в учебных целях, в навигационной подготовке и в составе простых программных средств поддержки принятия решений.

Ключевые слова: внутренние водные пути, расхождение судов, дистанция пересечения, курсовой угол, безопасность судовождения, безрадиолокационный метод.

METHOD FOR DETERMINING THE CROSSING DISTANCE WHEN VESSELS DIVERGE ON INLAND WATERWAYS

Ivan M. Kubarev¹, Student

e-mail: kubareknn@mail.ru

Aleksey V. Domnin¹, Associate Professor

e-mail: aleks.dav65@yandex.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article considers a method of operational assessment of the emergency situation when crossing the courses of ships on inland waterways in the areas of crossings and intersections of ship passages. The basis of the method consists in sequentially measuring two heading angles to the crossing vessel, determining the distance traveled by the vessel during the interval between observations, and then calculating the crossing distance. It is shown that the approach can be used as a backup radar-free tool in conditions where it is necessary to quickly assess the degree of danger based on visual data. The assumptions under which the method gives a practically acceptable result

are clarified, and an example of the interpretation of the calculated dependence is given. The material is intended for educational purposes, navigation training, and as part of simple decision support software.

Keywords: inland waterways, vessel divergence, crossing distance, heading angle, navigation safety, radar-free method.

Введение

Безопасность судовождения на внутренних водных путях во многом определяется своевременным выявлением ситуации опасного сближения. Особенно сложными с точки зрения оценки обстановки являются районы паромных переправ, пересечений судовых ходов и участки, где одно из судов выполняет пересечение основного направления движения под углом, близким к прямому.

Практика показывает, что в подобных условиях судоводителю требуется не только качественная, но и количественная оценка опасности. Если по какой-либо причине судно, следующее по основному судовому ходу, не может своевременно изменить курс, значение приобретает приближенное определение расстояния между судами в момент выхода пересекающего судна на ось судового хода. Именно эта задача положена в основу рассматриваемого исследования.

Постановка задачи

Требуется получить расчетную зависимость, позволяющую определить величину l_0 — расстояние между судами в момент пересечения траекторий — без использования радиолокационной станции. В качестве исходных данных используются два последовательно измеренных курсовых угла α_0 и α_1 на пересекающее судно, угол пересечения курсов Θ , относительная скорость $W = V_c / V_p$ и расстояние S_c , пройденное судном по основному ходу между измерениями.

Такой набор параметров делает метод удобным для практики: часть данных может быть определена визуально, часть — снята с атласов и навигационных материалов, а вычисления легко реализуются на калькуляторе или в несложной компьютерной программе.

Материалы и метод

Исходный подход основан на последовательном решении треугольников расхождения, соответствующих двум моментам наблюдения. Положение судов рассматривается в предположении, что за интервал измерений их скорости и курсы остаются постоянными. Курсовые углы рекомендуется снимать на кормовую оконечность пересекающего судна, что снижает субъективность наблюдения и повышает повторяемость результата.

Важным достоинством метода является возможность привязать расчет к реальной геометрии конкретного участка. Угол Θ может быть задан по данным атласа Единой глубоководной системы с учетом фактической обстановки на участке, а отношение скоростей W вводится в виде безразмерного коэффициента. В результате судоводитель получает не просто качественную оценку «опасно/неопасно», а численную величину, которую можно сопоставить с тормозным путем, шириной полосы движения и другими эксплуатационными параметрами.



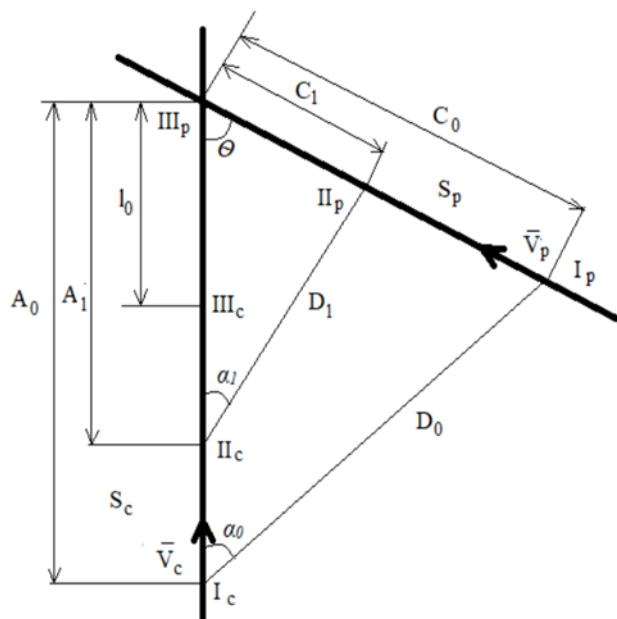


Рисунок 1 – Схема расхождения судов, используемая при построении расчетной модели

Расчетная зависимость для определения дистанции пересечения:

$$l_0 = \frac{S_c([W \cdot \sin(\alpha_1 + \theta) - \sin \alpha_1] \cdot [W \cdot \sin(\alpha_0 + \theta) - \sin \alpha_0])}{(W \cdot \sin \theta)}, \quad (1)$$

где l_0 — расстояние между судами в момент пересечения траекторий;

W — относительная скорость $W = V_c / V_p$ и расстояние;

S_c — расстояние, пройденное судном по основному ходу между измерениями;

θ — угол пересечения курсов;

α_0 и α_1 — два последовательно измеренных курсовых угла на пересекающее судно.

Результаты и интерпретация

После тригонометрических преобразований расчет сводится к компактной формуле, связывающей дистанцию пересечения с четырьмя основными параметрами наблюдения. Полученная зависимость особенно полезна в тех случаях, когда пересечение выполняется по носу судна, следующего по основному судовому ходу, а времени на углубленный анализ обстановки недостаточно.

Для иллюстрации возможностей модели рассмотрим условный пример. Пусть судно по основному ходу прошло между двумя отсчетами $S_c = 100$ м, угол пересечения составляет $\theta = 120^\circ$, отношение скоростей $W = 1,0$, а курсовые углы изменились с $\alpha_0 = 60^\circ$ до $\alpha_1 = 70^\circ$. Подстановка этих данных в расчетную зависимость дает $l_0 \approx 111$ м. Это означает, что в момент выхода пересекающего судна на ось судового хода дистанция между судами сохранится, но запас безопасности не является большим и требует соотнесения с тормозным путем и маневренными возможностями конкретного состава.

Практическая ценность такой оценки состоит в том, что она позволяет перейти от субъективного впечатления к аргументированному решению: продолжать движение, снижать скорость, заблаговременно подготавливать торможение или ограничивать развитие опасной ситуации иными действиями.

Ограничения применения

Применимость метода определяется рядом допущений. Во-первых, скорости и курсы обоих судов на интервале расчета принимаются постоянными. Во-вторых, предпочтительной областью применения являются озерные участки и водохранилища внутренних водных путей, где влиянием течения можно пренебречь. В исходном исследовании также отмечено, что ширина русла должна составлять не менее 800 м.

Кроме того, рассмотрен только случай пересечения по носу судна, следующего по основному судовому ходу. Следовательно, метод не заменяет полноценный анализ навигационной обстановки, а выступает как локальный инструмент быстрой оценки в конкретной геометрии движения.

Выводы

Предложенный способ определения дистанции пересечения обладает научной и прикладной значимостью. Его основное преимущество заключается в возможности получить количественную оценку опасности без радиолокационных средств, используя ограниченный набор наблюдаемых параметров.

Метод целесообразно использовать в учебном процессе, при разработке тренажерных сценариев и как основу для простых программных модулей поддержки судоводителя. Дальнейшее развитие темы может быть связано с учетом течения, уточнением ошибок визуального определения курсовых углов и адаптацией модели к более широкому набору схем расхождения.

Список литературы:

1. Кодекс внутреннего водного транспорта Российской Федерации: федеральный закон от 07.03.2001 № 24-ФЗ — Москва — 2001г.
2. Правила плавания судов по внутренним водным путям Российской Федерации — Москва: Минтранс России — 2018г.
3. Атлас Единой глубоководной системы европейской части Российской Федерации — Санкт-Петербург: ГБУ «Волго-Балт» — 2000г.
4. Предупреждение аварийных ситуаций при расхождении судов на переправах и пересечениях судовых ходов на внутренних водных путях: авторский исследовательский материал.

