

Давыдов В.С., Богомья В.И., Кожухаренко Р.В., Демичев В.В.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВАНИЯ КРУПНОТОННАЖНЫХ СУДОВ В СЛОЖНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ

В статье проведен краткий анализ существующих судовых систем, обеспечивающих безопасность плавания судов в сложных условиях. Дано обоснование необходимости применения на крупнотоннажных судах системы приемных антенн глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) разнесенных по линии диаметральной плоскости в оконечные точки судна. Предложены пути решения некоторых навигационных задач в электронных системах (ЭКНИС) относительно координат местоположения носа и кормы судна на траекториях их движения.

Ключевые слова: *судно, безопасность плавания, траектория движения, глобальная навигационная спутниковая система, электронно-картографическая навигационно-информационная система, гидроакустический абсолютный лаг.*

Об эффективности судовождения в морской практике принято судить по свойствам траекторной погрешности, ее величине и характеру изменения. Под траекторной погрешностью при этом понимают боковое отклонение центра масс судна от заданного маршрута, рассматриваемое как функцию времени. Применяются различные способы оценки эффективности судовождения [1,2]. Одним из них, связывающим погрешности в определении места судна и угле его сноса, габариты судна и среднюю угловую скорость коррекции судна, является способ М.М. Лескова, основанный на упрощенном алгебраическом соотношении, описываемом нижеприведенной формулой [2]

$$b = 2E + 2V(t_u + t_3)dc + \frac{vdc^2}{\omega} + L(c + dc) + B + 2Z,$$

где: b – эффективность, оцениваемая как необходимая величина свободного пространства;

E – наибольшая погрешность определения места судна (м);

V – скорость судна (м/сек);

t_u – промежуток времени между наблюдениями (с);

t_3 – время на определение места (с);

C – учитываемый угол сноса (рад);

dc – погрешность в угле сноса (рад);

ω – средняя угловая скорость коррекции курса судна (рад/с);

L – длина судна (м);

B – ширина судна (м);

Z – необходимый запас водного пространства (м).

Данный способ, как и другие, решает задачу определения необходимой величины свободного пространства вокруг судна относительно центра масс судна и рассматривает только его боковое отклонение от траектории движения, чего явно недостаточно для крупнотоннажных судов большой длины.

При плавании судов в сложных навигационных условиях, к которым относятся каналы, рейды и акватории портов, выполнении маневров при швартовке к причалу или другому судну зачастую расстояние до навигационных опасностей, бровок каналов, причалов или

других судов измеряется малыми величинами в пределах десятков или нескольких метров. В этих условиях судоводителей в первую очередь интересует положение носа и кормы судна относительно опасностей, а также положение диаметральной плоскости судна на траектории его движения относительно осей каналов и фарватеров.

Особенно актуальным решение этой задачи стало с переходом на перевозку грузов и пассажиров судами большого водоизмещения, как наиболее рентабельными, которое составляет сотни тысяч регистровых тонн. Длина современных суперсудов достигает 300 и более метров, осадка в пределах 10-18 метров.

В соответствии с существующей архитектурой постройки судов, надстройки с ходовым мостиком и антеннами ГНСС, РЛС и САРП находятся на грузовых судах в районе кормовой оконечности, на пассажирских судах ближе к носовой оконечности.

Принятые на вооружение во второй половине прошлого века гидроакустические абсолютные лаги (ГАЛ), гидроакустические и радиолокационные системы обеспечения швартовки судов позволили лишь частично решить задачи обеспечения более безопасного плавания в стесненных условиях и не нашли широкого применения в силу сложности систем, относительной дороговизны, но в основном за счет широкого применения ГНСС. Характеристики некоторых из них приведены в табл.1 [4,5].

Таблица 1

Характеристика некоторых типов ГАЛ и систем обеспечения швартовки судов

| Шифр, название системы | Фирма, страна производитель | Назначение системы | Диапазон измер. скоростей | Точность измер. скорости (%) | Рабочая глубина, расстояние (м) | Кол-во лучей (шт) |
|-------------------------------|--------------------------------|---|---|------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| ЛА-53 (ГАЛ) | Морфизприбор (Россия) | Измерение составляющих вектора абсолютной скорости. Режим «Швартовка» | Прод. -10...+50 Попер. -10...+10 (узл) | 0,3...0.7 | 3-400 | 3 |
| МХ-600 (ГАЛ) | Magnavox Marine Products (США) | Измерение абсолютной скорости | 0...+40 (узл) | 0,1 | 3-300 | 4 |
| МФ-100 (гидро-акуст. система) | Фуруно (Япония) | Измерение поперечной составляющей скорости перемещения носа и кормы судна при швартовке | 0...+30 (узл) | 1,0 | 0,5-150 | 6 |
| Истра (радио-локац система) | Россия | Определение скорости и направления перемещения носа и кормы судна при швартовке | 0...150 (м/мин) | 10 | 0,5-800 | 2 |

При определении места судна с помощью ГНСС или РЛС с использованием электронных карт (ЭК) ЭКНИС на мониторе видеопрокладчика обсервованное место судна наблюдается относительно места установки антенн[3]. Положение носа и кормы судна относительно опасностей, а это на судах сотни метров от мест установки антенн, судоводители как правило оценивают глазомерно лодманскими приемами. Погрешность оценки расстояния при этом составляет до четверти от расстояния до этих опасностей.

Гидроакустические и радиолокационные системы других производителей имеют схожие характеристики.

ГАЛ позволили с более высокой точностью, в сравнении с относительными лагами, определять составляющие вектора скорости судна, в режиме «Швартовка» величину и направление поперечной составляющей абсолютной скорости перемещения носа и кормы судна.

Несмотря на то, что при резкопеременном маневрировании вырабатываемые параметры перемещения судна имеют пониженную точность, ГАЛ впервые позволили измерять их относительно дна моря с учетом всех факторов вызывающих снос судна. Тем не менее применение ГАЛ и систем обеспечения швартовки судна не дает судоводителю такой важной информации как:

- высокоточного определения положения оконечностей судна относительно опасностей и измерения расстояния до них с использованием возможностей ЭКНИС ;
- положения диаметральной плоскости судна относительно осей канала и рекомендованных курсов, запланированной траектории движения;
- возможности визуального пространственного определения на крупномасштабной электронной карте положения своего судна, изображенного в масштабе карты, относительно навигационных и прочих опасностей на море;
- звуковой и световой сигнализации при опасном приближении носа или кормы судна к опасностям.

Одной из причин посадки носом на рифы, разрушения и гибели вблизи берегов Новой Зеландии в октябре 2011 г. контейнеровоза “Rena” (L=236м, В=32,2м, h=12м) под флагом Либерии, касания левым бортом подводной скалы с последующей гибелью возле итальянского острова Джильо в январе 2012 г. пассажирского суперлайнера “Costa Concordia” (L=290,2м, В=35,5м, h=8,3м) под флагом Италии стали отсутствие или недостаток именно этой информации.

Несмотря на то, что эти суда были оснащены самым современным и высокоточным штурманским оборудованием, электронными информационными системами и системами автоматического управления, имели высокую степень автоматизации управления судовой энергетической установкой это не помогло им избежать катастроф. Автоматизированные системы контроля за местом судна и предупреждения об опасном приближении к подводным скалам в достаточно глубоководных районах не смогли заблаговременно проинформировать судоводителей о приближении к опасности и в автоматическом режиме изменить курс судна, исключив тем самым грубые промахи судоводительского состава.

Одним из путей повышения безопасности плавания крупнотоннажных судов в стесненных условиях с использованием высокоточных режимов ГНСС предлагается использование способа разнесения по линии диаметральной плоскости в кормовые оконечности судна антенн и приемников ГНСС в целях определения текущих координат местоположения носа и кормы судна, передачу координат этих точек в видеопрокладчик для отображения на электронной карте, графического построения между этими точками силуэта судна. Упрощенная структурная схема построения данного способа приведена на рис.1.

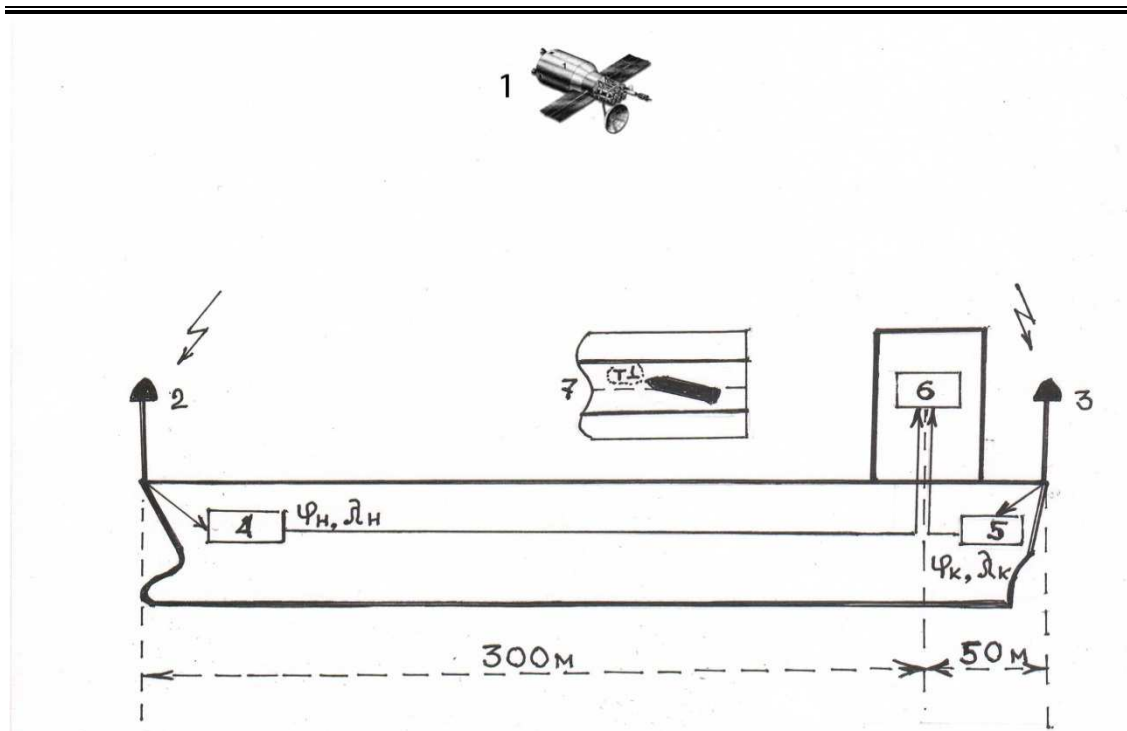


Рис.1. Упрощенная структурная схема способа определения координат носа и кормы судна:

- 1 – КА ГНСС;
- 2, 3 – антенны приемников ГНСС;
- 4,5 – приемники ГНСС;
- 6 – видеопрокладчик с ЭК;
- 7 – фрагмент электронной карты.

Для обеспечения безопасности плавания судов в сложных навигационных условиях широкое применение нашли ГНСС GPS и ГЛОНАСС, работающие в дифференциальном режиме. По данным английского “Admiralty list of radio signal” (Vol2) по состоянию на 2011 г. в мире существует 298 районов радиусом от 54 до 300 миль, в которых дифференциальный режим ГНСС позволяет определять место судна с среднеквадратической погрешностью ± 5 м [6]. После ввода в эксплуатацию в полном объеме европейской ГНСС «Галилео» станет возможным во всем Мировом океане определять место судна в пределах $0,3 \div 1,0$ м с вероятностью $P=95\%$.

Точность нанесения навигационной информации на электронных картах-планах соизмерима с точностью дифференциального режима ГНСС. На основании этого можно сделать вывод о том, что с помощью электронного визира ЭКНИС можно измерять расстояние от носа и кормы судна до навигационных и прочих опасностей в пределах точности работы DGPS. Так для стандартного суперконтейнеровоза компании “Maersk Line” длиной 300 м положение носа судна относительно навигационных опасностей можно определить на электронной карте М 1:10000 с точностью около $1/60$ его длины.

Линия соединяющая координаты местоположения точек кормы (φ_k, λ_k) и носа (φ_n, λ_n) на электронной карте определяет направление диаметральной плоскости судна, а ее длина в масштабе карты длину судна. Погрешность расчета направления диаметральной плоскости суперсудов длиной 300 м и более за счет погрешностей определения его места по DGPS (± 5 м) [7] не превысит при данном способе $\pm 1,5^\circ$ с $P=63\%$.

Ширина крупнотоннажных судов уже находится в пределах 30-40 м и имеет тенденцию к увеличению, поэтому для судоводителя важно наблюдать символ судна на электронной карте в виде его силуэта по горизонтальному сечению главной палубы в масштабе карты. Это позволит, при использовании монитора видеопрокладчика с большой диагональю и разрешающей способностью, наблюдать на электронной карте положение своего судна

относительно опасностей и прохождение их оконечностями судна. Так на электронной карте-плане М 1:5000 длина силуэта судна длиной 300 м будет составлять 6 см. Такое одинаковое восприятие реальной обстановки и воспроизведенной на электронной карте позволяет судоводителю быстро ориентироваться в обстановке при переходе от ее визуального восприятия к электронному и наоборот.

Одним из достоинств данного способа является простота выработки сигналов предупреждения о приближении носа или кормы судна к опасностям путем непрерывного сличения географических координат опасностей и текущих координат перемещения носа и кормы судна по траектории движения. Самыми простыми ограждающими изолиниями могут служить параллель (широта) и меридиан (долгота) при пересечении которых автоматически срабатывает звуковая и световая сигнализация на ходовом мостике, предупреждающая о приближении судна к опасности.

Выводы:

1. Применение предложенного способа позволит значительно повысить эффективность обеспечения безопасности плавания крупнотоннажных судов в сложных навигационных условиях, рейдах и акваториях портов, каналах и фарватерах, в значительной степени снизит влияние человеческого фактора на аварийность судов.

2. Техническое решение применения данного способа не представляет большой сложности, так как оно уже решено в существующих ЭКНИС для одной точки непрерывного обсервационного счисления пути судна с использованием ГНСС.

3. Важной функцией предлагаемого способа является возможность измерения с помощью электронного визира направлений и расстояний до различного рода опасностей и объектов, информация о которых на ЭК поступает от РЛС, САРП, НИС, относительно оконечностей судна и решения задачи расхождения не относительно места установки антенн этих систем, а относительно носа или кормы судна.

4. Дальнейшим развитием данного способа является выработка ЭКНИС рекомендаций или управляющих сигналов на авторулевой или систему автоматического управления судовой энергетической установкой (СЭУ) для изменения курса судна ведущего к опасности или изменения режима работы СЭУ в автоматическом режиме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богом'я В.І. Навігаційне забезпечення управління рухом суден. /Богом'я В.І., Давидов В.С., Доронін В.В., Пашков Д.П., Тіхонов І.В. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів// Київ, Компас, 2012. – 335с.
2. Вагущенко Л.Л., Кошовий А.А. Автоматизовані комплекси судноводіння. /Вагущенко Л.Л., Кошовий А.А. Підручник для морських академій./ Київ, Видавництво «Квіц», 200. – 292с.
3. Гагарский Д.А. Электронные картографические системы в современном судовождении – С-Пб.: ГМА им.Макарова, 2007. – 254 с.
4. Смирнов Е.Л. Технические средства судовождения. Том 2. Конструкция и эксплуатация. /Смирнов Е.Л., Яловенко А.В., Перфильев В.К., Воронов В.В., Сизов В.В. Учебник для вузов.// С-Пб, Элмор, 2000.-656с.
5. Хребтов А.А. Судовые измерители скорости. /Хребтов А.А., Кошкарев В.Н., Осюхин Б.А., Виноградов К.А., Чернявец В.В. Справочник.// Л.: Судостроение, 1978. - 286 с.
6. Руководство МАМС по средствам навигационного оборудования /Перевод с английского ГНПП «Укрморкартография» // Киев, 1998. – 228 с.
7. Интернет ресурс: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Галилео>.