УДК 629.123

Давыдов В.С., Демичев В.В., Кожухаренко Р.В., Овчинникова А.И.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КРУПНОТОННАЖНЫХ СУДОВ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ECDIS

В статье рассмотрен новый способ контроля местоположения оконечностей крупнотоннажных судов с помощью подвижного курсора ЭКНИС. Предлагается автоматизировать в ЭКНИС автоматический захват концом подвижного курсора координат ориентиров, расположенных на ЭК, «привязку» и удержание их в режиме «on-line» для непрерывного контроля места судна на траектории движения по пеленгу и дистанции.

Ключевые слова: *крупнотоннажное судно, координатный курсор, пеленг, дистанция, безопасность плавания, траектория движения.*

Вступление. В последние три десятилетия наметилась устойчивая тенденция роста морских перевозок крупнотоннажными судами как наиболее эффективными и рентабельными. Только доля контейнерного тоннажа за это время выросла в целом в 8 раз. За период 2006-2011 гг. контейнерный флот увеличился на 72 %, в основном за счет ввода в эксплуатацию крупнотоннажных судов [3].

Рост дедвейта судов повлек за собой увеличение их габаритов. Размеры наиболее крупных судов за последние десятилетия выросли в 1,5-2 раза. Так, контейнеровозы типа «CSCL Globe», построенные на южнокорейской верфи «Hyundai Heavy industries», имеют размерения: длина – 399,6 м, ширина – 58,6, осадка – 12,5 м. Максимальная скорость в грузу составляет 22 узла. Один из них – «CSCL INDIAN OCEAN» 2015 г. постройки – 3.02.2016 г. сел на мель на р.Эльба на подходах к порту Гамбург и только через неделю усилием 12 буксиров на малой воде был снят с мели.

Постановка проблемы. Увеличение габаритов, массы и скорости судов привело к увеличению инерционно-тормозных и маневренных характеристик судов. Так, тормозной путь среднего по габаритам и массе контейнеровоза типа «Mepeda» (L=206.2м, B=32.2м, H=12.6м) в грузу при свободном торможении с самого полного переднего хода (СППХ) в 23,4 уз. (100 об/мин) составляет 5088 м, время – 799 с. При активном торможении с СППХ на аварийный полный задний ход (ПЗХ–75 об/мин.) этот контейнеровоз проходит 3052 м за 519 с. При скорости меньшей 4,6 уз. судно теряет способность управляться. Средние глубины значительной части портов мира и подходов к ним практически соизмеримы с осадкой крупнотоннажных судов, что стесняет их в свободе маневра на акваториях портов и подходах к ним.

Цель статьи. Предлагается новый подход к контролю местоположения судов на траектории движения с использованием возможностей ECDIS.

Изложение основного материала. Управление крупнотоннажными судами в стесненных условиях представляют собой достаточно сложную задачу, требующую учета большого количества переменных величин в ограниченный промежуток времени. Наиболее сложным является плавание крупнотоннажных судов в опасных районах стесненных водных акваторий, на которых:

- ✓ ширина полосы, занимаемая судном, соизмерима с шириной фарватера при наличии на нем крутых поворотов;

- ✓ траектория движения судна проходит вблизи навигационных опасностей: малых глубин, рифов, скал, затонувших судов и др.;
- ✓ действуют экстремальные природные условия плавания – сильные приливо-отливные и резко-переменные прибрежные течения, шторма и ветры большой бальности;
- ✓ проходит интенсивный судопоток, плавание по системам разделения движения и местам прибрежной рыбной ловли;
- ✓ расположены районы якорных стоянок вблизи входов в проливы, узкости или каналы, а также акватории портов и рейды с большим грузопотоком.

По статистике, на такие районы приходится до 10% от общего времени нахождения судна в рейсе и около 70% всех аварийных случаев, связанных с посадкой на мель, касаниями грунта, столкновениями или навалами судов.

Наиболее существенное влияние на безопасное плавание судна имеет соотношение радиуса кривизны поворота к длине судна: R/L. Статистические исследования [5] показывают, что наибольшее количество аварий происходит при R/L ≤3,6. Аварийность при следовании судна на траектории циркуляции уменьшается:

- ✓ при R/L ≈ 8, в 4 раза;
- ✓ при R/L ≈ 12, в 10 раз.

Несмотря на то, что современные суда вооружены высокоточными средствами навигации и управления, автоматизированными машинными отделениями, аварийность при их эксплуатации остается достаточно высокой.

Основными причинами, которые оказывают влияние на аварийность крупнотоннажных судов при плавании в стеснённых условиях, являются:

1. Неточный учёт инерционно-тормозных характеристик судна и элементов поворотливости традиционными штурманскими и лоцманскими методами, а также местонахождения полюса (центра) поворота в той или иной ситуации.
2. Отсутствие на судах технических средств, которые позволили бы прогнозировать наперёд их местонахождение на траектории движения с учётом непрерывно изменяющихся инерционно-тормозных характеристик или изменении элементов циркуляции при повороте судна.

Анализ большого количества аварийных случаев с судами различных типов дает основание сделать следующие выводы.

1. Высокоточное знание текущих географических координат места судна (по ГНСС GPS в режиме DGPS – Mo = ± 5м, по ГНСС Галилео – Mo = ± 1м) является важной, но не абсолютной составляющей обеспечения безопасной эксплуатации судов при плавании в стесненных условиях;
2. Наибольшее количество навигационных аварийных происшествий, столкновений и навалов судов происходит с повреждением оконечностей судов, т.е. нос и корма являются наиболее уязвимыми частями корпуса судна;
3. Глазомерные (лоцманские) способы оценки расстояний до разного рода навигационных опасностей, погрешность которых достигает до 25% от расстояния, не подкрепленные высокоточными замерами дистанций до опасностей, не позволяют точно учитывать инерционно-тормозные характеристики и элементы поворотливости судна;
4. Точность измерения дистанций с помощью РЛС и САРП до навигационных ориентиров и опасностей на акваториях портов не соответствует требованиям МАМС, определившей ее в M = ± 1,0м (P = 95%). При плавании судов в прибрежных опасных районах, где Резолюция ММО A.953(23)-2003г. определяет точность знания текущих координат места судна с M = ± 10м (P = 95%), на циркуляции судна РЛС и САРП также не обеспечивают требуемой точности контроля места судна по причине «смазывания» радиолокационного изображения и срыва автоматического сопровождения.
5. Для крупнотоннажных судов определяющим фактором безопасности является точное знание относительного положения оконечностей судна к навигационным и прочим опасностям. Контроль местоположения судна в системе полярных координат по П и Д

наиболее удобен для восприятия и контроля судоводителем, так как дистанция измеряется в метрической системе единиц, в которой измеряются и инерционно-тормозные характеристики судна.

6. Использование возможностей ЭКНИС для контроля местоположения носа и кормы судна в полярной системе координат (П и Д) относительно навигационных опасностей и ориентиров с помощью подвижного курсора в значительной степени дополнит возможности РЛС и САРП по контролю дистанции, увеличит точность ее определения за счет более точного знания текущих географических координат носа и кормы судна по ГНСС GPS и ГЛОНАСС.

Комплексное использование возможностей ЭКНИС и системы разнесенных в оконечности судна приемников ГНСС позволяет решить эту задачу. Для этого необходимо автоматизировать в ЭКНИС процесс автоматической координатной привязки, захвата и сопровождения концами подвижных координатных курсоров, исходящих из высокоточных позиций носа и кормы судна на электронной карте (ЭК), навигационных ориентиров, имеющих высокоточную геодезическую основу и координаты которых внесены в электронную базу ЭКНИС, а также координат реперных точек, выставленных судоводителем самостоятельно на ЭК. При точном совпадении координат навигационных ориентиров или реперных точек с координатами концов подвижных координатных курсоров судоводитель получает с достаточно высокой точностью положение носа и кормы своего судна на траектории движения по пеленгу и дистанции относительно ориентиров или навигационных опасностей в режиме «on-line».

Для повышения точности предложенного способа контроля местоположения носа и кормы крупнотоннажного судна по полярным координатам относительно навигационных опасностей и ориентиров с использованием высокоточных координат ЭКНИС необходима привязка навигационных опасностей и ориентиров (реперных точек) на электронных картах с точностью работы ГНСС «Галилео» ± 1,0м.

Как правило, предельные погрешности (P=95%) измерения этих навигационных параметров с помощью САРП не превышают:

– радиолокационного пеленга – не более 1,0˚ ($\hat{m}_{\text{рлп}} \leq 1{,}0^{\circ}$);
– радиолокационной дистанции – не более 1% от расстояния до ориентира ($m_D \leq 0{,}01\ D$).

Точность определения места судна по радиолокационным пеленгу и дистанции, определяется по формуле:

$$\hat{M}_o = \sqrt{\left(\frac{D \cdot \hat{m}_{\text{рлп}}}{57{,}3}\right)^2 + \hat{m}_D^2}\text{, где}$$

– $\hat{M}_O$ – предельная погрешность обсервации,
– D – дистанция до ориентира,
– $\hat{m}_{\text{рлп}}$, m_D – предельные погрешности измерения радиолокационного пеленга и дистанции.

Так, при плавании судна в прибрежной пятимильной зоне предельная погрешность определения места может достигать 0,1 мили или 185 м, что соизмеримо с длинной большинства крупнотоннажных судов. Такой точности явно недостаточно для контроля местоположения судна на траектории движения с помощью РЛС (САРП) при плавании в стесненных условиях, тем более на циркуляции.

Наиболее очевидным становится использование подвижного курсора в ЭКНИС для определения местоположения носа или кормы крупнотоннажного судна на траектории движения в полярной системе координат относительно неподвижных объектов, которые нанесены на электронную карту с высокой точностью. Точность определения текущих полярных координат судна таким способом будет зависеть в основном от двух факторов:

- ✓ точности нанесения неподвижных объектов на электронную карту;
- ✓ точности знания текущих географических координат места судна на траектории движения.

Точность нанесения неподвижных объектов на электронную карту (маяков, знаков, реперных точек) зависит от масштаба карты. Предельная точность масштаба ($\hat{M}_{ПТМ}$) в метрах для путевых карт приведена в таблице 1.

Таблица 1

Предельная точность масштаба

Масштаб карты	1:500000	1:200000	1:100000	1:50000	1:25000	1:10000	1:500
$\hat{M}_{ПТМ}$	100	40	20	10	5	2	0,1

Предельная погрешность определения текущих географических координат места судна (P=95%) по ГНСС с использованием режима DGPS в прибрежном плавании составит $\hat{M}_{DGPS}$ = +10 м [2].

Таким образом, предельную погрешность определения расстояния ($\hat{M}_D$) до неподвижных объектов с помощью подвижного курсора можно рассчитать по формуле:

$$\hat{M}_D = \sqrt{\hat{M}_{ПТМ}} + \hat{M}^2_{DGPS}$$

Так, для путевой ЭК масштаба 1:25000 она будет составлять $\hat{M}_D$ = ±12,0 м.

Следовательно, точность контроля местоположения судна на траектории движения по дистанции относительно береговых ориентиров данным способом практически соизмерима с точностью DGPS и почти на порядок точнее контроля дистанции с помощью САРП (РЛС). Знание текущих полярных координат места носа и кормы судна при использовании системы разнесенных приёмников ГНСС, совмещенных с ЭКНИС, позволит наиболее точно учитывать тормозные характеристики судна или положение его на циркуляции и своевременно вносить корректуры в маневр судна при прохождении навигационных опасностей, контролировать изменение пеленга и дистанции до контрольных ориентиров или точек при подходе судна к причалу способом «по пеленгу на приметный ориентир».

Выводы. Появление высокоточных средств определения местонахождения судов на траектории движения с использованием дифференциального режима работы ГНСС (ГЛОНАСС, 6PS, Галилео), которые позволяют определять место судна с погрешностью в пределах ±1÷5 м, дало судоводителям высокоточный «инструмент» для непрерывного контроля нахождения своего судна в полярной системе координат (П и Д) относительно навигационных и прочих опасностей на море и внутренних водных путях с помощью координатного курсора.

Автоматизация этого процесса путём введения в ЭКНИС опции автоматического захвата береговых или морских ориентиров координатным курсором и последующим отслеживанием на судне своего местоположения по П и Д относительно опасностей позволит иметь на судне более высокоточное по сравнению с радиолокационными способами средство контроля для решения различных навигационных задач позиционирования своего судна на траектории движения в метрической системе, применяемой судоводителями в прибрежном плавании и лоцманской проводке в сложных навигационных условиях, а также при плавании по внутренним водным путям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по организации штурманской службы на морских судах Украины (РШСУ- 98) – Одесса, ЮжНИИМФ, 1998. – 96 с.
2. Резолюция ММО.А.953 (23)-2003 г. – [Электронный ресурс]
3. Богомья В. И., Давыдов В. С., Кожухаренко Р. В. Анализ некоторых эксплуатационных свойств современных крупнотоннажных судов, методов и систем их обеспечения при плавании в стеснённых условиях. Водный транспорт. Збірник наукових праць КДАВТ. – К.: КДАВТ, 2014. – №3 (21). – 122 с.
4. Мальцев А. С., Тюпиков Е. Е., Ворохобин И. И. Маневрирование судов при расхождении: 3-е изд. – ОНМА, 2013. – 304 с.
5. Удалов В. И. Управление крупнотоннажными судами. – М.: Транспорт, 1986. – 228 с.

Давидов В.С., Демичев В.В., Кожухаренко Р.В., Овчиннікова А.І.

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВЕЛИКОТОННАЖНИХ СУДЕН ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ECDIS

У статті розглянуто новий спосіб контролю місця розташування країв великотоннажних суден за допомогою рухомого курсору ЕКНІС. Пропонується автоматизувати в ЕКНІС автоматичний захват кінцем рухомого курсору координат орієнтирів, розташованих на ЕК, «прив'язку» і утримання їх в режимі «on-line» для безперервного контролю місця судна на траєкторії руху по пеленгу і дистанції.

Ключові слова: *великотоннажне судно, координатний курсор, пеленг, дистанція, безпека плавання, траєкторія руху.*

Davydov V., Demichev V., Kozhuharenko R., Ovchinnikova A.

IMPROVING SAFETY INSTRUCTIONS LARGE VESSELS BY OPTIMIZING THE USE ECDIS

The article describes a new way to control the location of the extremities of large vessels with a movable cursor ECDIS. It is proposed to automate the ECDIS automatically capture the end of the movable cursor coordinates of landmarks located in the EC, "binding" and hold them in the "on-line» mode for continuous monitoring of the vessel on the trajectory in bearing and distance.

Keywords*: large-capacity vessel, coordinate pointer, bearing, distance, safety of navigation, trajectory.*

656.61:629.5.07

Майборода А.Н., Сушко В.Г.

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СУДОВОЖДЕНИЯ В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЧАСТИ ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

В работе на примере гирокомпаса Курс-4М рассмотрена методика оценки надежности технических средств судовождения как возможной темы исследовательской части дипломной работы студентов факультета судовождения.

Ключевые слова*: вероятность безотказной работы, средняя наработка на отказ, надежность прибора, регламентные работы.*