

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОВОЖДЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ СУДОВ И СОСТАВОВ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ПЛАВАНИЯ И УСТЬЯХ РЕК ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КООРДИНАТНОГО КУРСОРА ЭКНИС В РЕЖИМЕ ВЫСОКОТОЧНОГО УГЛОМЕРНО- ДАЛЬНОМЕРНОГО УСТРОЙСТВА

Давыдов В. С., к.т.н., доцент, профессор кафедры судовождения и управления судном Государственного университета инфраструктуры и технологий (г. Киев), e-mail: vladimir.s.davydov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7417-2521;

Овчинникова А. И., аспирант кафедры судовождения и управления судном Государственного университета инфраструктуры и технологий (г. Киев), e-mail: nastyonask92@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4121-2336

Проводимые авторами исследования по вопросам повышения безопасности судовождения в прибрежной зоне плавания и устьях рек и анализ последних публикаций по данной тематике позволяют констатировать о том, что основными причинами аварийности судов и составов являются следующие факторы:

- 1. Ошибки судоводителей в учете постоянно растущих инерционно-тормозных характеристик и элементов поворотливости судна. Отсутствие на судах технических устройств, позволяющих учитывать динамику их изменения и после сопоставления ее с текущей дистанцией до навигационных опасностей выдавать рекомендации капитану по управлению судном для удержания его на заданной траектории движения.*
- 2. Отсутствие на судах высокоточных средств контроля их положения на траектории движения относительно надводных и одиночных (риффы, банки) подводных навигационных опасностей с точностью совместимой с точностью определения их места по ГНСС.*
- 3. Следование судов, обладающих высокой парусностью и осадкой, скоростью не позволяющей удерживать их на заданной линии пути.*

В статье авторами путем компьютерного моделирования экспериментально подтверждена гипотеза о возможности использования подвижного координатного курсора ЭКНИС в режиме высокоточного угломерно-дальномерного устройства в целях измерения дистанций и пеленгов способом автоматического захвата им различных навигационных объектов.

Ключевые слова: судовождение, прибрежная зона, угломерно-дальномерное устройство, координатный курсор, эксперимент, навигационный объект.

Постановка проблемы и анализ последних исследований и публикаций.

Проблема состоит в том, как показали исследования проведенные авторами в рамках данной и предыдущих работ [1, 3], а также при анализе последних публикаций и исследований по данной тематике [2, 4, 5, 6, 8, 10], что существует противоречие между знанием высокоточного места судна на траектории его движения с помощью специальных режимов работы ГНСС и недостаточно высокой точностью контроля положения судна относительно навигационных опасностей по пеленгам и дистанциям с помощью судовых РЛС (САРП) и пеленгаторов курсоуказателей. В существующих ЭКНИС не предусмотрены опции или функции, позволяющие реализовать эти возможности высокоточного места судна для измерения направлений и дистанций до навигационных объектов.

Цель статьи. Экспериментальное подтверждение, выдвинутой авторами в 2016 году, научной гипотезы о возможности высокой точности измерения дистанций и пеленгов способом автоматического захвата (и последующего автоматического слежения) подвижным координатным курсором ЭКНИС навигационных объектов, координаты которых имеются (введены) в электронной базе данных ЭКНИС.

Изложение основного материала. Прибрежное и речное судовождение в силу его навигационно-гидрографических и гидрометеорологических особенностей является наиболее сложным этапом плавания судов всех типов. Извилистость судового хода, сильные резко переменные течения в совокупности с малыми глубинами и ограниченными возможностями для контроля места судна на траектории движения относительно оси

судового хода и навигационных опасностей требуют от судоводителей особых навыков в управлении судном и обеспечении его навигационной безопасности плавания. Наиболее сложным в этих условиях является обеспечение судовождения больших составов и крупногабаритных судов. Международной морской организацией (ИМО) предъявляются высокие требования к точности навигационного обеспечения плавания судов на подходах к портам и в прибрежной зоне.

Так согласно Резолюции А.953(23) – 2003г., местоположение судов при плавании в этих районах должно определяться с погрешностью не превышающей 10 м с вероятностью 95 %. Этими требованиями руководствуются в настоящее время и при плавании в устьях рек при речном судовождении, так как они гарантированы высокоточными дифференциальными режимами работы ГНСС GPS и ГЛОНАСС.

В Украине в 110-мильной зоне действия этих режимов находятся только устьевые участки рек Дунай (ККС о-ва Змеиный) и Днепр (ККС М-ка Одесский). На большем протяжении судоходной части этих и других рек Украины такой возможности нет по причине отсутствия ККС ГНСС на ее материковой части.

Высокоточное знание места судна на траектории его движения с помощью специальных режимов работы ГНСС [5], при недостаточно высокой точности контроля положения судна относительно навигационных опасностей с помощью судовых РЛС (САРП) и пеленгаторов курсоуказателей, не является гарантией для безопасного плавания судов и составов в прибрежной зоне и устьях рек.

Основными причинами, которые оказывают влияние на аварийность крупногабаритных судов и составов при плавании в стеснённых прибрежных условиях, являются:

- неточный учёт инерционно-тормозных характеристик и элементов поворотливости традиционными штурманскими и лоцманскими методами, а также местонахождения полюса (центра) поворота в той или иной ситуации;
- отсутствие на судах технических средств, которые позволяли бы прогнозировать наперёд их местонахождение на траектории движения с учётом непрерывно изменяющихся направлений и расстояний до опасных навигационных объектов и их инерционно-тормозных характеристик.

В приведенной на рис. 1 общемировой статистике по АМП около 60 % приходится на прибрежную зону плавания с более чем 2-х кратной тенденцией роста за 5 лет [2].

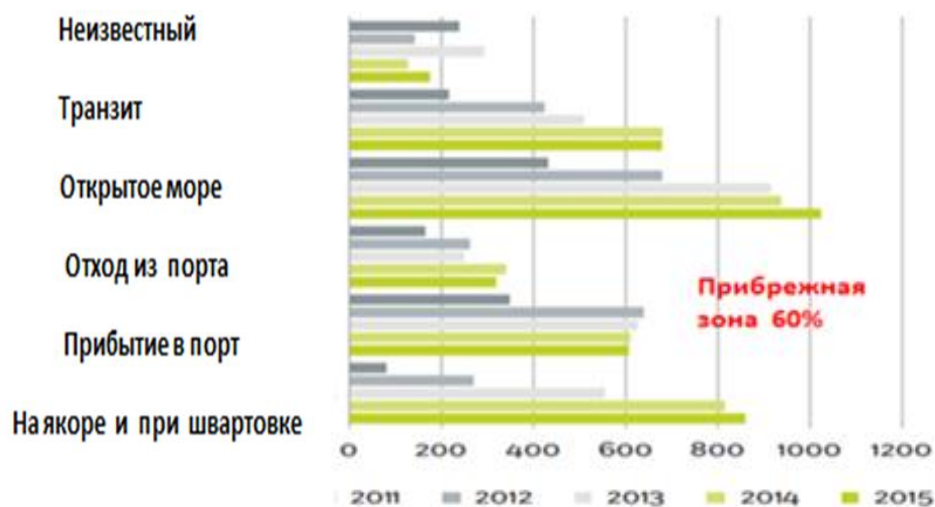


Рисунок 1 – Количество АМП судов мирового флота за 2011–2015 гг. на этапах рейса судов

Несмотря на близость берега прибрежное судовождение крайне ограничено в высокоточных способах определения места судна по береговым ориентирам.

Использование РЛС, по причине недостаточно высокой точности измерения дистанций, также не гарантирует суда от посадок на мель и касаний грунта.

В табл. 1 приведены, рассчитанные для различных значений шкал РЛС «Furuno» FR-8062 [4], среднеквадратические погрешности (СКП) измерения дистанций и пеленгов относительно точечных и всех прочих ориентиров. Анализ информации показывает, что только на шкалах менее 0,5 мили точность измерения расстояний удовлетворяет требованиям, предъявляемым к точности определения места в прибрежном судовождении, и то только при условии работы по точечным ориентирам.

Таблица 1 – СКП измерения НП с помощью судовой РЛС FR-8062

№ п/п	Рабочая шкала РЛС		Точечные ориентиры (СКП – 1 %D)		Прочие ориентиры (СКП – 3 %D)	
	мили	метры	мДм	мП°	мДм	мП°
1	0,25	463	4,6	1,0	13,8	1,0
2	0,5	926	9,2		27,6	
3	1,0	1852	18,5		55,5	
4	4,0	7408	74,1		222,3	
5	8,0	14816	148,0		444,0	
6	16,0	29632	296,0		888,0	
7	32,0	59264	592,0		1776,0	
8	72,0	133344	1333,0		3999,0	
9	120,0	222240	2222,0		6666,0	

На основании изложенного можно сделать вывод о том, что на большем протяжении прибрежной зоны плавания и судоходной части рек Украины практически отсутствуют высокоточные способы измерения расстояний и определения места судна, соизмеримые с точностью определения места судна по ГНСС и удовлетворяющие требованиям ИМО.

Способ высокоточного измерения пеленгов и дистанций с помощью координатного курсора, обладающего функцией автоматического захвата навигационных объектов, координаты которых имеются в электронной базе данных ЭКНИС, и автоматического слежения за ними, позволяет измерять расстояния с точностью, соизмеримой с СКП определения места судна в дифференциальном режиме ГНСС и точностью нанесения навигационных ориентиров на навигационные карты.

Способ впервые был предложен авторским коллективом преподавателей кафедры судовождения и управления судном в 2016 г. [1]. В существующих ЭКНИС не предусмотрены дополнительные опции и функции, позволяющие реализовать эти возможности.

Отличительной особенностью данного способа, от применяемых ранее, является то, что контроль нахождения судна на траектории движения происходит с учетом его положения относительно навигационных опасностей по пеленгам и дистанциям от «себя», т.е. от своего высокоточного места.

Особое значение этот способ имеет для крупногабаритных судов и составов при плавании в прибрежной зоне и устьях рек, где определяющим фактором безопасности является точное знание относительного положения оконечностей судна к навигационным и прочим опасностям [3].

Комплексное использование новых возможностей ЭКНИС и системы разнесенных в оконечности судна приемников ГНСС для контроля местоположения носа и кормы судов и составов, относительно навигационных опасностей и ориентиров с помощью подвижного координатного 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 или состава по ГНСС, работающих в спецрежимах.

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». Высокоточная координатная привязка конца курсора с объектом, по результатам проведенного эксперимента, моделирующего автоматический цифровой захват объектов, по точности измерения дистанции в 27,8 раза, по точности измерения пеленга в 5 раз превышает точность измерений этих навигационных параметров с помощью обычного ручного визуального совмещения.

Конечные результаты эксперимента, выполненного по 200 итерациям для каждого способа измерения, при расстоянии между судном и навигационным объектом (маяком) в 10 миль, приведены в табл. 2.

Таблица 2 – СКП измерения пеленгов и дистанций по результатам эксперимента и с помощью РЛС

Способ измерения	Визуальное ручное совмещение		Координатное ручное совмещение		С помощью РЛС	
	П	Д	П	Д	П	Д
СКП измерения	$\pm 0,25^\circ$	$\pm 95,9$ м	$\pm 0,05^\circ$	$\pm 3,44$ м	$\pm 1,0^\circ$	$\pm 141,3$ м

На основании изложенного можно рассчитывать на то, что при реализации предлагаемого способа в практику судовождения станет возможным измерять расстояние от носа и кормы крупнотоннажных судов и составов до навигационных и прочих опасностей в пределах точности работы специальных режимов ГНСС.

Выводы

1. По результатам проведённого исследования установлено, что измеренные с помощью цифрового координатного курсора ЭКНИС (в режиме имитации автоматического захвата и слежения) расстояния и направления на объекты по точности ($m_d = 3,44$ м, $m_n = 0,05^\circ$) в десятки раз превышают точность измерения пеленгов и дистанций с помощью РЛС/САРП, вследствие чего могут служить для контроля местоположения судна (носа и кормы) относительно объектов и навигационных опасностей при плавании в прибрежной зоне и в стесненных условиях.

2. До проведения широкомасштабных исследований и натурных испытаний, а также соответствующей доработки ЭКНИС, предлагаемый способ необходимо рассматривать как предложение по созданию дополнительного средства контроля за местоположением судна на траектории его движения в режиме «online».

3. Предлагаемый способ может быть применен при решении следующих высокоточных задач судовождения:

- определения расстояний до навигационных ориентиров, реперных точек, подводных рифов, банок, затонувших объектов и направлений на них;
- вывода судна в точку начала поворота;
- создания «искусственных» створов с помощью реперных точек при плавании вблизи необорудованного побережья и рекам;
- обеспечения подхода судна к причалу по траектории, задаваемой пеленгом сближения и контроля дистанции до причала в процессе его швартовки.

4. Использование способа автоматического цифрового координатного захвата навигационных объектов и слежения за ними с помощью координатного курсора позволит существенно расширить круг задач, требующих высокоточного координирования, решаемых судоводителем, в целях повышения безопасности судовождения в узкостях и прибрежной зоне плавания. В том числе задачу прогнозирования местонахождения судна (состава) на траектории движения с учётом непрерывно изменяющихся направлений и

расстояний до навигационных объектов (опасностей) и инерционно-тормозных характеристик судов.

5. Надежность данного способа обеспечивается высокими точностными характеристиками ГНСС и высокой вероятностью их безотказной работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давыдов В. С., Демичев В. В., Кожухаренко Р. В., Овчинникова А. И. Повышение безопасности эксплуатации крупнотоннажных судов путем оптимизации использования ЭКНИС. *Водный транспорт*. Київ : КДАВТ. 2016. № 1 (24). С.20–24.
2. Marine Casualties And Incidents. *European Maritime Safety Agency*. 2016.
3. А. с. № 60486. Способ контроля местоположения крупнотоннажных морских судов на траектории движения путем использования системы приемников ГНСС сопряженных с ЭКНИС / Богомья В. И., Давыдов В. С., Кожухаренко Р. В., Демичев В. В. ; опубл. 06.07.2015.
4. Furuno. Руководство пользователя. *Furuno Electric Co. Ltd*. 2014.
5. Точность спутниковых навигационных систем : веб-сайт. URL : <https://seaspirit.ru/navigator/navigation/tochnost-sputnikovyx-navigacionnyx-sistem.html>.
6. Вагущенко Л. Л., Цымбал Н. Н. Системы автоматического управления движением судна. 3-е изд., перераб. и доп. Одесса : Фенікс, 2007. 328 с.
7. Демиденко П. П. Судовые радиолокационные радионавигационные системы Одесса : ОМНА, 2008. 334 с.
8. Доронін В. В. Радіонавігаційні прилади та системи : посібник для вищих морських навчальних закладів. Київ : КДАВТ, 2007. 472 с.
9. Катенин В. А., Дмитриев В. И. Навигационное обеспечение судовождения. Москва : ИКЦ «Академкнига», 2005. 374 с.
10. Гуреев С. А., Зенкин И. В., Иванов Г. Г. Международное морское право : учеб. пособие. 2-е изд., перераб., доп. Москва, 2011. 432 с.

REFERENCES

1. Davihdov V. S., Demichev V. V., Kozhukharenko R. V., Ovchinnikova A. I. (2016). Povichshenie bezopasnosti ehkspluatacii krupnotonnazhnikh sudov putem optimizacii ispoljzovaniya EhKNIS. *Vodnij transport*. Kyiv : KDAVT, № 1 (24). 20–24.
2. Marine Casualties And Incidents. (2016). *European Maritime Safety Agency*.
3. A. s. № 60486. Sposob kontrolya mestopolozheniya krupnotonnazhnikh morskikh sudov na traektorii dvizheniya putem ispoljzovaniya sistemih priemnikov GNSS sopryazhennikh s EhKNIS / Bogomjya V. I., Davihdov V. S., Kozhukharenko R. V., Demichev V. V. ; opubl. 06.07.2015.
4. Furuno. Rukovodstvo poljzovatelya. (2014). *Furuno Electric Co. Ltd*.
5. Tochnostj sputnikovihkh navigacionnihkh sistem : veb-sayjt. URL : <https://seaspirit.ru/navigator/navigation/tochnost-sputnikovyx-navigacionnyx-sistem.html>.
6. Vaguthenko L. L., Cihmbal N. N. (2007). *Sistemih avtomaticheskogo upravleniya dvizheniem sudna*. Odessa : Feniks.
7. Demidenko P. P. (2008). *Sudovihe radiolokacionnihe radionavigacionnihe sistemih*. Odessa : OMNA. 334.
8. Doronin V. V. (2007). *Radionavigacijni priladi ta sistemi : posibnik dlya vithikh morsjkih navchaljnikh zakladiv*. Kyiv : KDAVT.
9. Katenin V. A., Dmitriev V. I. (2005). *Navigacionnoe obespechenie sudovozhdeniya*. Moskva : IKC «Akademkniga»,.
10. Gureev S. A., Zenkin I. V., Ivanov G. G. (2011). *Mezhdunarodnoe morskoe pravo*. Moskva.

Давидов В. С., Овчіннікова А. І. ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ СУДНОВОДІННЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ СУДЕН І СКЛАДІВ У ПРИБЕРЕЖНІЙ ЗОНІ ПЛАВАННЯ І ГИРЛАХ РІЧОК ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ КООРДИНАТНОГО КУРСОРА ЕКНІС В РЕЖИМІ ВИСОКОТОЧНОГО КУТОМІРНО-ДАЛЕКОМІРНОГО ПРИСТРОЮ.

Авторами проводяться дослідження з питань підвищення безпеки судноводіння в прибережній зоні плавання і гирлах річок і аналіз останніх публікацій з даної тематики дозволяють констатувати про те, що основними причинами аварійності суден і складів є наступні фактори:

1. Помилки судноводіїв в обліку постійно зростаючих інерційно-гальмівних характеристик і елементів поворотності судна. Відсутність на судах технічних пристроїв, що дозволяють враховувати динаміку їх зміни і після зіставлення її з поточною дистанцією до навігаційних небезпек видавати рекомендації капітану з управління судном для утримання його на заданій траєкторії руху.
2. Відсутність на судах високоточних засобів контролю їх положення на траєкторії руху щодо надводних і одиночних (рифи, банки) підводних навігаційних небезпек з точністю сумісної з точністю визначення їх місця по ГНСС.
3. Рух суден, що володіють високою парусністю і осадкою, швидкістю не дозволяє утримати їх на заданій лінії шляху.

У статті авторами шляхом комп'ютерного моделювання експериментально підтверджена гіпотеза про можливість використання рухомого координатного курсора ЕКНІС в режимі високоточного кутомірно-далекомірного пристрою з метою вимірювання дистанцій і пеленгів способом автоматичного захоплення ним різних навігаційних об'єктів.

Ключові слова: судноводіння, прибережна зона, кутомірно-далекомірної пристрій, координатний курсор, експеримент, навігаційний об'єкт.

Davydov V. S., Ovchinnikova A. I. THE SAFETY IMPROVEMENT OF LARGE VESSELS NAVIGATION AND CONVOYS IN THE COASTAL SAILING ZONE AND THE EMBOUCHEMENTS OF RIVERS BY USING THE COORDINATE ECDIS CURSOR IN THE MODE OF A HIGH-PRECISION ANGULAR-RANGE-RANGING DEVICE.

The research conducted by the authors on it possible to state that the main factors for the accident of vessels and groups of vessels are the following factors:

1. Skippers of boatmasters in the account of constantly growing inertial-stopping characteristics and elements of turnings ability of ships. The absence on the vessels of technical devices that allow to take into account the dynamics of their changes and after comparing it with the current distance to navigational hazards, issue recommendations to the master for control of the vessel to keep him on a specified trajectory
2. The absence on the vessels of high-precision means of monitoring their position on the trajectory of motion relative to above water dangers and single (reefs, banks) underwater navigation hazards compatible with the accuracy of determining their place in the GNSS.
3. Proceeding vessels that have high sailing and draft and speed that not allow to keep them on a given track. In the article, by the usage of the computer simulating authors experimentally confirmed the hypothesis of the possibility of using the mobile coordinate cursor ECDIS in the mode of a high-precision angular-range-ranging device for measuring distances and bearings by the method of automatically capturing various navigation objects

Keywords: navigation, coastal zone, angular-range-finder device, coordinate cursor, experiment, navigation

© Давидов В. С., Овчіннікова А. І.

Статтю прийнято
до редакції 27.04.18