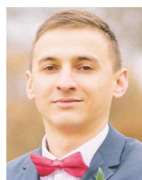


# Основные направления развития навигации в акватории Керченского пролива



**В. Ю. Будник,**  
аспирант кафедры электрооборудования судов и автоматизации производств ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»

**Вопросы навигации в примыкающих к полуострову Крым водных районах требуют повышенного внимания со стороны властных и коммерческих структур, специалистов в области морского транспорта, научного сообщества.**

**К**ерченский пролив является асимметричным проливом, соединяющим Черное и Азовское моря. Его берега изрезаны заливами (Таманским) и бухтами (Керченской, Камыш-Бурунской). Также неотъемлемой частью пролива являются его косы (Чушка, Аршинцевская) и остров Коса Тузла. Длина пролива составляет 22 мили (40,7 км), наибольшая ширина между Керчью и восточным краем Таманского залива 22,5 мили (41,7 км), наименьшее — между мысом Павловским и северной оконечностью острова Коса Тузла — 1,9 мили (3,5 км).

Наибольшие глубины пролива находятся около его входов, но и они не превышают 10 м со стороны Азовского моря и 17 м — с Черного; средняя глубина — 4 м. Морфологию дна усложняет большое количество мелководных банок, подходные и подводные каналы. Особенно следует отметить районы о-ва Коса Тузла, вблизи которого разбросано большое количество затопленных судов, а также акваторию юго-западнее мыса Ени-Кале с опасной отмелью Церковная Банка. Большое

число узкостей в районе Керчь-Еникальского канала (КЕК) и мелководных отмелей в сумме с гидрометеорологическими условиями делают канал опасным для навигации.

В самом узком месте Керченского пролива ширина акватории, ограниченная двухметровой изобатой, составляет 0,8 км, что соответствует 23 % от данной ширины акватории. Грунт в самых глубоких местах Керченского пролива — ил, а в районах кос — помесь ила с песком и ракушкой. Грунт является благоприятным для удержания якоря. Это важный показатель безопасности Керченского пролива, так как в районе перевалочного рейда большое количество судов занимаются грузовыми операциями, находясь на якоре.

В связи с тем, что судоходство между Азовским и Черным морями по Керченскому проливу развито, главным образом, благодаря глубоководному каналу КЕК, влияние его характеристик на безопасное плавание судов по акватории Керченского пролива существенно. Канал является открытым, соединительным между двумя морями с ограничениями проходимости по ледовым условиям. На данный момент Керчь-Еникальский канал уже является огражденным искусственными сооружениями (проходит строительство Крымского моста). Ширина канала обеспечивает двустороннее движение почти по всей его длине за исключением некоторых участков и случаев, когда здесь следуют суда, для которых местными правилами установлено одностороннее движение. Общая длина канала составляет 18,5 миль (34,7 км).

КЕК предназначен для прохода по нему средне- и крупнотоннажных судов. Он разделен на четыре колена. Если двигаться с Черного моря в Азовское, то

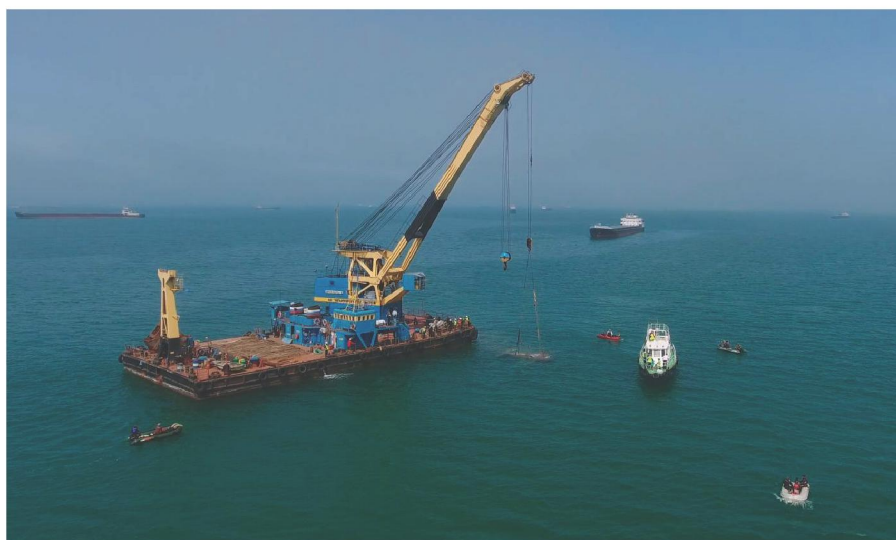


ФОТО: НГТР://ГОРСОВЕТ-КЕРЧЬ.РФ

первым будет Павловское, далее Бурунское, Ени-Кале и Чушкинское колена.

По оси канала проходит рекомендованный маршрут № 12. Мелкие суда обязаны использовать для движения только обходные фарватеры № 50 и 52, но при подходе к о-ву Коса Тузла со стороны Черного моря мелководный фарватер № 52 вливается в колено Ени-Кале КЕК, поэтому на этом участке плотность скопления судов регулируется особенно тщательно. То же касается мелководного фарватера № 50, он также вливается в колено Ени-Кале, только при движении с Азовского моря по направлению к Черному. Участок колена Ени-Кале длиной в 2,2 мили (4,07 км) — часть рекомендованного маршрута № 12 — является единым проходом для всех судов, идущих по КЕК. С южной стороны этого участка расположен о-в Коса Тузла с большим количеством мелководных банок и Керченский перегрузочный рейд № 452 с, как правило, большим скоплением судов. С северной же стороны этого участка расположено множество мелководных банок и навигационных опасностей. Над этим участком также будет проходить Керченский мост, где сейчас ведутся строительные работы.

### Процессы автоматизации и алгоритмизации в навигации

В настоящее время главной задачей морских судов различного назначения является установление систем автоматизированной навигации и управления движением и маневрированием, для чего создано соответствующее информационное обеспечение [1–8].

Радикальное усовершенствование современного навигационно-управляющего и программного обеспечения МПО на данный момент обусловлено:

- ужесточением требований международной морской организации (ИМО) по обеспечению навигационной безопасности мореплавания;
- потребностью в использовании судовым персоналом информации о параметрах движения наблюдаемых объектов в различных условиях функционирования;
- необходимостью в информационном обеспечении систем автоматизированного управления движением специальных МПО;
- необходимостью снижения затрат временного ресурса на выполнение рутинной судоводительской работы и оп-

тимизации процесса принятия решения с необходимой степенью точности для конкретных ситуаций;

- возможностью использования программного обеспечения как дублирующего способа самопроверки в процессе принятия решения, для избежания ошибок и промахов, вызванных человеческим фактором.

Создание современных информационных технологий с целью решения задач развития систем навигации и управления движением и маневрированием МПО во многом обеспечено рядом следующих условий. Так, интенсивное развитие спутниковых навигационных систем с использованием дифференциального режима существенно изменило ситуацию на рынке навигационных услуг: они стали общедоступными и интенсивно распространяются практически на все сферы использования подвижных объектов. Развитие технических средств и методик привело к возможности использования как космических, так и наземных радионавигационных систем. Достижения в отраслях микроэлектроники, микромеханики, лазерной и волоконооптической техники позволяют создать малогабаритные дешевые достаточно точные чувствительные элементы и системы, что способствует быстрому распространению гиринерциальных технологий. Доступность информации мировой геодезической системы координат WGS-84 расширяет и облегчает возможности ориентирования в мировом пространстве. Полная информатизация управления дает новые технологии в сфере навигации и управления движением типа систем CNS/ATM (связь, навигация, наблюдение / организация воздушного движения), ADS (система зависимого контроля), AIS (автоматическая идентификационная система) и других. Кроме того, сегодня создано современное навигационно направленное программное обеспечение для ПК, что значительно облегчает и оптимизирует работу судоводителя.

В настоящее время основной тенденцией в мировом судостроении в части оснащения объектов системами управления является комплексная автоматизация судна, т.е. создание автоматизированных систем управления (АСУ). Внедрение интегрированных систем управления и контроля позволяет практически вдвое сократить численность экипажа и обеспечить управление

судном на обычных штатных ходовых режимах одним человеком из рулевой рубки. При этом повышается безопасность плавания, в том числе экологическая, за счет автоматизации режимов маневрирования, расхождения судов, выбора оптимальных маршрутов и режимов движения и т. п. [1].

Судовая АСУ занимается решением весьма широкого и разнообразного круга задач. В зависимости от целевого назначения, класса автоматизации, типа и специальных дополнительных требований судозаказчика сверх основных требований классификационного общества и международных морских конвенций определяется состав каждой отдельной АСУ. Техническая структура современных АСУ — иерархическая (трехуровневая).

На первом (верхнем) уровне обеспечивается глобальное связанное управление и контроль всеми технологическими процессами. Основу данного уровня составляет операторская станция (станции) с интерфейсными каналами для организации связи с системами. Конструктивно это пульт оператора в рулевой рубке. На данном уровне обеспечивается интерактивное взаимодействие человек — система.

На втором уровне обеспечивается централизованное управление и контроль автономных технологических процессов. Основу данного уровня составляют локальные технические станции — свободно программируемые микропроцессорные контроллеры. Конструктивно это территориально рассредоточенные приборы навесного типа (полностью закрытые или с дисплейной панелью на лицевой части).

На третьем (нижнем) уровне обеспечивается локальное управление и местный контроль отдельных технических средств и первичная обработка информации. Основа данного уровня — локальные системы управления и блоки сопряжения с объектами. Очевидно, что при современном уровне автоматизации судов на одного человека-оператора (как правило, капитана или его помощников) возлагаются все функции централизованного контроля и управления из рулевой рубки движением и маневрированием судна, управления техническими средствами и специальным технологическим оборудованием. Поэтому исключительно высокие требования при создании АСУ предъявляются к единому интегрированному



Таблица 1. СУДС Керченского пролива [1]

Год	Всего судов, находившихся в зоне действия РСУДС Керченского пролива, единиц	Из них заходящие / выходящие в российские морские порты (Кавказ и Тамань) в акватории Керченского пролива, единиц	В т. ч. следовавших через Керченский пролив, единиц
2007	25 137	8787	6447
2008	28 430	6789	6967
2009	32 153	6677	10 142
2010	35 524	8348	15 229
2011	43 487	12 262	11 838
2012	44 292	12 310	10 978
2013	59 536	52 019	11 353
2014	86 957	82 812	10 952
2015	100 524	91 640	9969
2016	136 391	90 091	11 523

пульту судоводителя в рулевой рубке, к надежности и программной совместимости комплектующего оборудования [1, 5–7].

### Навигация и управление судами в акватории Керченского пролива

В последние годы экспортные объемы нефти и газа с территории Южного федерального округа имеют устойчивую тенденцию к увеличению, при этом большая часть груза отправляется морским транспортом, так как он является наиболее дешевым (за исключением трубопроводного) и доступным в связи с наличием ряда специально оборудованных портов и портовых сооружений. Увеличение экспортных объемов вызвано развитием добычи морских углеводородов на каспийском шельфе и шельфе Азовского моря, ростом экспорта российской зерновой продукции, металла, руды и др. Все это привело к стихийному развитию перевозки груза морским транспортом из российских и украинских портов Азовского моря через Керченский пролив по КЕК, который служит для прохождения по нему средне- и крупнотоннажных судов.

На данный момент благодаря каналу судоходство Азовского моря развито для ряда украинских (Бердянск, Мариуполь) и российских (Керчь, Таганрог, Ейск, Азов) портов. Также судоходство осуществляется по реке Дон, который находит свое продолжение в Каспийском и Балтийском морях через Волго-Донской канал и Волгу. При этом, основываясь на данных, полученных с официального сайта ФГУП «Росморпорт» (табл. 1), ежегодный транзит судов по проливу увеличивается, и на 2016 г. количество судов, зафиксированное в зоне действия региональной системы управления

движения судов (РСУДС) Керченского пролива, составило более 136 тыс., что в 3,5 раза превысило показатели 2010 г.

Для океанских судов с большой осадкой Керченский пролив остается ограниченным по проходимости, однако было найдено решение удовлетворить объемы транспортировки в/из Азовского моря. Так, для крупнотоннажных судов производится перегрузка на подходном рейде (южнее о-ва Коса Тузла) более мелкими судами, доставляющими груз по Керченскому проливу в порт назначения или, наоборот, из порта к судну, что увеличивает грузопоток и усложняет навигационную ситуацию.

В наше время пролив доступен для судов длиной до 215 м и для морских буровых платформ с высотой надводного борта 94 м (после строительства моста прохождение платформ станет проблематичным, и их транспортировка будет возможна только в разобранном состоянии).

С присоединения Крымского п-ова к Российской Федерации в 2014 г. проводится активная работа по обеспечению автономности Крымского региона путем развития морского транспортного соединения полуострова с континентальной Россией, а также активное строительство моста в акватории Керченского пролива. Это усложняет навигационные условия в Керченском проливе, увеличивая риски навигационных аварий. В свою очередь создается необходимость в выработке новых методов поддержания безопасности плавания в акватории Керченского пролива. Действенным вариантом является усовершенствование общегосударственного навигационно-управляющего обеспечения и внедрение его на суда, активно работающие в аква-

тории Керченского пролива. В 2014 г. было подписано постановление правительства РФ № 319 об утверждении государственной программы «Развитие транспортной системы», включающей в себя две подпрограммы: «Морской транспорт» ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010–2020 годы)»; «Внутренний водный транспорт» ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010–2020 годы)». В соответствии с этой программой планируется развитие транспортной системы Черноморского региона, в том числе повышения уровня безопасности и снижения судоходных рисков.

К задачам подпрограмм в Черноморском регионе относятся:

- обеспечение роста перевозок грузов и пассажиров на социально значимых маршрутах;
- увеличение пропускной способности российских морских портов и провозной способности морского транспортного флота;
- обеспечение надежности и безопасности функционирования морского транспорта;
- осуществление мероприятий по созданию систем управления движением судов, проведение мероприятий по укреплению материально-технической базы морских учебных заведений, а также по их научно-техническому обеспечению;
- строительство пассажирских судов на 150 пассажиров для использования в Черноморском бассейне.

Анализ современного состояния по проблемам морской навигации и управления судами в акватории Керченского пролива показывает, что в акватории Керченского пролива активно работает устаревший флот (табл. 2) типа

Таблица 2. Возраст судов, работающих в Черноморском регионе

Год	Процент судов моложе 20 лет	Процент судов старше 20 лет, ед.	Процент судов старше 30 лет, ед.
2015	18–23 %	50–55 %	27–32 %

«река — море», эксплуатация которого не приспособлена для зимних условий Черного моря, имеющееся бортовое навигационное оборудование требует модернизации, в целом технический ресурс оборудования, которое было передано от прежнего СССР, почти или полностью исчерпан, что не позволяет решать современные задачи на необходимом уровне и приводит к высокой аварийности Черноморского региона в мировом масштабе.

Владение современными программами и технологиями относится к числу решений основных задач, связанных с поддержанием надлежащего безопасного уровня плавания. Часто бывает, что многие из них дублируют и взаимодополняют друг друга, так что применение их в паре, а также с судовыми приборами и книгами, значительно увеличивает производительность труда и надежность. Многие из действующих программ могут быть использованы только в качестве вспомогательного средства для навигации и дополнительной информационной системы, но актуальность их высока и будет расти в будущем [5–7]. Примером таких программ является BP Distance Tables Port to Port Pro v.2.0. Программа Port to Port была разработана как очень важный инструмент для получения морского расстояния и маршрутной информации на переход. Программное обеспечение разработано на базе современной версии всемирно известного BP Shipping Marine Distance Tables. Достоинства и недостатки данной программы представлены в табл. 2.

### Особенности оснащенных автоматизированных систем управления маневрированием судов, работающих в акватории Керченского пролива

Паром — специализированный класс морских быстроходных судов, отличающийся от остальных специфической выполняемых задач и маневрирующими возможностями, современным навигационным обеспечением и малочисленным экипажем. В Керченском проливе на постоянной основе работает паромная переправа из 15 судов, занимающаяся как грузо-, так и пассажиро-

перевозкой, при этом они совершают за сутки от 2 до 12 рейсов в акватории Керченского пролива.

Для поддержания максимального грузо- и пассажирооборота на паромной переправе создаются транспортно-логистические модели, которые основываются на общих правилах перевозки и на исключительных местных требованиях и потребностях. При решении транспортно-логистических задач (ТЛЗ) часто применяют методы теории графов, а также различные модификации задач линейного и дискретного программирования (Б. А. Аникин, Д. Т. Лотарев, А. П. Уздемир, В. С. Лукинский, В. В. Лукинский, Ю. В. Малевич и др.). В частности, при решении задачи об оптимальном размещении логистических центров традиционно применяют метод «центра тяжести» и метод кластеризации «*k*-средних», которые описаны в работах В. С. Лукинского и И. Д. Мандела, соответственно. В последние десятилетия с развитием и усложнением структуры транспортно-логистических систем (ТЛС) появилась необходимость более широкого применения различных математических методов для решения возникающих задач оптимизации. Так, методы математического программирования для задач транспортной логистики в своих работах использовали М. Я. Постан, В. Е. Николаичук, методы дискретной математики для задач планирования — Р. Борндорфер (R. Borndorfer), М. Гротшил (M. Grötschel), А. Лобеле (A. Lobe), а для задач размещения — Е. В. Алексеева, В. Л. Береснев, И. Л. Васильев и др.

При проектировании ТЛС для работы паромов в акватории Керченского пролива необходимо также знать их маневренность, способность следовать намеченному графику и вероятность отклонения от него, поэтому актуальность развития современных АСУ маневрированием для паромов, работающих на определенной линии с местными условиями плавания, высока. Выполняя свой основной вид деятельности, паромы в основном работают в районах со сложными навигационными условиями.

По данным различных источников в области построения судов и кораблей,

основных навигационных и управляющих средств современных паромов США, России, Великобритании, Швеции, Дании, Норвегии, Финляндии и других, постепенно пробуются внедрение систем динамического позиционирования в качестве вспомогательного средства современных паромов, чтобы сделать процесс швартовых операций наиболее быстрым и комфортным для судоводителей.

Анализируя основные характеристики навигационных средств и систем автоматизированного управления процессом маневрирования современных судов, следует отметить, что необходимо совершенствовать (дополнять) их функции информационным обеспечением для поддержки принятия решений по управлению маневрированием. Чтобы в современных условиях суда и паромы оставались наиболее эффективным средством выполнения вышеупомянутых операций, они должны не только безопасно перемещаться, но и быть способны быстро и эффективно выполнять тактические маневры в целях избегания потенциально опасной ситуации и поддержания графика следования судов, работающих по четкому расписанию [1–4].

### Перспективы развития оснащения судов и паромов

Развитие современного флота и навигации определяет роль современной электронной картографической навигационной информационной системы (ЭКНИС) как первоочередного навигационного прибора, объединяющего в себе информацию всех судовых приборов и датчиков и выводя ее на экран. Возможным путем совершенствования современных ЭКНИС на судах в настоящее время является разработка в созданной версии ЭКНИС дополнительных функций по заявке заказчиков или разработка автономной в какой-то степени системы поддержки принятия решений с необходимыми дополнительными функциями.

В частности, Русская компания «РЭТ Кронштадт» разрабатывает бортовое навигационное оснащение, специальные системы управления по отдельным заявкам. Программно-аппарат-



Таблица 3. Достоинства и недостатки BP Distance Tables Port to Port Pro v.2.0.

Достоинства	Недостатки
Очень проста в интерфейсе и работе	Дорогостоящая
Просчитывает маршрут, учитывая промежуточный порт захода, а также позволяет делать самостоятельный выбор проливов и каналов	Не захватывает приполярные морские районы
Наглядно и быстро просчитывает планируемый переход, помогает в выборе наиболее экономически выгодного маршрута	Программа официально не признана IMO, поэтому должна быть использована только как консультационная
Прокладывает маршрут	–
Выводит дистанции между портами, анализирует различные маршруты с выводом наиболее экономной дистанции	–
Содержит информацию о более 4000 портах	–
«Помнит» более 4 000 000 маршрутов на базе всемирно известной BP Shipping Marine Distance Tables	–
Программа бесплатна в обновлении	–
Позволяет провести судно любыми мыслимыми путями	–
Выводит ETA времени	–
Выводит данные таблицей, изображением и распечатывает	–
Показывает наглядно часть маршрута, на которой выгодно двигаться по ортодромии и по локсодромии	–

ные комплексы «Кабрис» и МФИ-104 их производства разрешают обрабатывать взаимодействие судов при маневрировании в сложных навигационных условиях и создавать сценарии с использованием интерфейса HLA (High Level Architecture Interface). Научно-производственным обществом «Аврора», являющимся крупнейшим центром России в области корабельной и судовой автоматизации, была создана система управления и контроля «Авролог ПС-500», соответствующая современным мировым требованиям. Именно такие системы предлагают в настоящее время заказчикам такие ведущие зарубежные фирмы, как ABB, Side Marine, Imtech Marine and Industry, KonGsborg MariTime и другие.

Следует отметить, что не всем странам (строителям судов) под силу и выгодно заказывать как можно больше дорогой аппаратуры для оснащения своего флота. Кроме того, заказная аппаратура в эпоху цифровой техники делает нас зависимыми от фирм-производителей.

Таким образом, проведенный обзор условий навигации в акватории Керченского пролива и анализ современного состояния навигационных средств и систем управления маневрированием показывают, что новое перспектив-

ное направление в развитии навигационно-управляющего оборудования морских подвижных объектов XXI в. — это создание интегрированных систем ориентации и навигации как единых общесудовых систем навигации и стабилизации.

Бесперебойная работа смежных отраслей и благополучие целого Крымского региона напрямую зависят от создания и внедрения на паромы инновационных технологий для усовершенствования навигации. В частности, от использования максимально точных и обширных информационно-навигационных данных с судов в процессе создания ТЛС для максимального просчета рисков в работе паромной переправы зависят и поддержание Крымского полуострова бесперебойным снабжением грузами, и линейное сообщение с континентальной частью Российской Федерации. ■

**Литература**

1. Навигационные услуги с использованием СУДС. URL: [http://www.gosmorport.ru/nvr\\_serv\\_nav.html#4](http://www.gosmorport.ru/nvr_serv_nav.html#4).
2. Еремин М. М., Кулезнев И. А., Меньшиков В. И. Оценка затрат на ликвидацию потерь при навигационном или промышленном происшествии // Вестн. Астраханск. гос. тех. ун-та. Сер. Мор-

ская техника и технология. 2017. № 1 С. 16–20.

3. Ключко Д. В., Сиротюк А. А., Меньшиков В. И. Доминируемые и недоминируемые риски при разрешении проблемной навигационной ситуации // Науч. проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2012. № 1. С. 247–250.
4. Черный С. Г., Жиленков А. А. Идентификация внешних параметров сигналов для экспертных подсистем в составе устройств судовых электроэнергетических систем // Науч.-тех. ведомости Санкт-Петербургского гос. политех. ун-та. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2014. № 3 (198). С. 28–36.
5. Zhilenkov A., Chernyi S. Investigation performance of marine equipment with specialized information technology / Proc. Eng. 2015. Vol. 100. P. 1247–1252.
6. Chernyi S., Zhilenkov A. Modeling of complex structures for the ship's power complex using XILINX system // Transp. and Telecommunication. 2015. Vol. 16 (1), P. 73–82
7. Соколов С. С., Нырков А. П., Черный С. Г., Жиленков А. А. Устройство контроля устойчивости судна. Пат. на полезную модель RUS 165914 от 29.06.2016.
8. IMO Resolutions A.817 (19), MSC.64 (67) and MSC.86 (70).