

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОРСКИХ 3-D ЭЛЕКТРОННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ КАРТ

Прохоренков Андрей Александрович

К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала

С. О. Макарова»

a.a.prokhorenkov@mail.ru

IMPROVING THE EFFICIENCY OF SOLVING THE TASKS OF SHIPHANDLING IN NARROWS WHEN USING MARINE 3-D ELECTRONIC NAVIGATION CHARTS

A. Prokhorenkov

Summary. One of the most advanced achievements of science and technology, which allows to improve safety of vessel navigation in narrowsw is the use of electronic chart display and information systems (ECDIS). A large number of publications are devoted to the practice of working with ECDIS and the benefits derived from this, which confirms their high importance in the practice of vessel control.

In the last decade, new cartographic systems have been used to improve the quality of monitoring the passage of vessels by shore based vessel traffic and management systems, which use sea 3-d electronic navigation charts, which is new. Features of their use by operators of by shore based vessel traffic and management systems, are fully covered in periodicals. The use of 3-d charts directly by navigators when navigating through narrows can also increase navigation safety. This article analyzes the use of new features of the virtual environment directly by navigators.

Keywords: shiphandling, navigation safety of navigation in narrows, use of ECDIS, marine 3-d electronic navigation charts, virtual reality, visual positioning of the vessel.

Аннотация. Одним из передовых достижений науки и техники, позволяющим повысить безопасность проводки судов в стесненных условиях плавания — является использование электронных картографических навигационно-информационных систем (ЭКНИС). Практике работы с ЭКНИС и получаемым при этом преимуществами посвящено большое количество публикаций, что подтверждает их высокую значимость в практике управления судном.

В последнее десятилетие для повышения качества мониторинга движения судов береговыми службами начали использоваться новые картографические системы, в которых используются морские 3-d электронные навигационные карты, что является новым. Особенности их использования операторами береговых систем управления движением судов достаточно полно освещены в периодической литературе. Применение 3-d карт непосредственно судоводителями при проводке судна в стесненных условиях, также может повысить навигационную безопасность плавания. В данной статье произведен анализ использования новых возможностей виртуальной среды непосредственно судоводителями.

Ключевые слова: управление судном, навигационная безопасность плавания судов в узкостях, использование ЭКНИС, морские 3-d электронные навигационные карты, виртуальная реальность, визуальное ориентирование при управлении судном.

Введение

Судовождение как наука имеет в своем составе различные подразделы, знание которых судоводительским составом, обеспечивает безопасность судна в различных условиях плавания. На протяжении долгого периода участие судоводителя в процессе управления судном при проводке через узкости сокращалось за счет внедрения средств автоматизации, работа которой считается надежной.

Несмотря на большой вклад технических средств в судовождения, наибольшее значение с точки зрения безопасности плавания имеет аналитическая работа

судоводителя с навигационной картой, объединяющая результаты решения отдельных задач в связанное целое. До некоторого времени любая карта представляла собой плоскую модель некоторого района земной поверхности, построенную по определенным законам и с учетом соответствующих допущений.

Современные технологии позволяют создавать трехмерную виртуальную реальность на основании данных морских электронных навигационных карт. К сожалению, эксплуатационные возможности трехмерных карт рассматриваются применительно к мониторингу в системах управления движением судов и при проводке судов лоцманами [4–9].

Лоцман — это судоводитель, специально подготовленный для работы в конкретном районе, обладающий хорошими знаниями и опытом плавания. Лоцмана присылают на суда для проводки через сложные в навигационном отношении районы плавания и дают рекомендации капитану и другим судоводителям, находящимся на ходовой вахте. Повышение навигационной безопасности плавания за счет использования лоцманской проводки не вызывает сомнений.

Внедрение новых систем, вырабатывающих новую информацию, которую можно использовать для принятия решения, может и не оказать ощутимого влияния на работу лоцмана, знающего район плавания очень хорошо. Однако для судоводителей, выполняющих нерегулярные рейсы, и имеющих меньший, чем лоцмана, опыт проводки через конкретные сложные в навигационном отношении районы, оснащение судов системами, способными отображать морские 3-d карты, может дать новые возможности для решения задач управления судном, и тем самым повысить навигационную безопасность плавания.

Принятие решений по управлению судном может осуществляться на основе знаний района плавания, полученных при его изучении, но также важна оперативность оценки ситуации при непосредственном принятии решения на маневр.

1. Анализ освещения надводной и подводной обстановки при использовании ЭКНИС

1.1. Освещение надводной обстановки

Часто судам необходимо следовать через стесненные районы, при отсутствии у судоводителей опыта плавания в данной районе. Несмотря на то, что в районах стесненного плавания местные власти устанавливают обязательную лоцманскую проводку, которая безусловно существенно повышает навигационную безопасность плавания судна, руководящие документы, регламентирующие безопасность плавания, требуют от судоводителей знаний района плавания и контроля за действиями лоцманов [1–3]. Для получения знаний о районе плавания судоводители используют навигационные пособия, лоции, информационные карты. Однако наибольшее значение имеет выполнение предварительной прокладки на навигационной карте.

На основании выполненной предварительной прокладки судоводитель получает информацию о рекомендованных направлениях движения, дистанции следования по каждому из направлений, максимальных допустимых отклонений по перпендикуляру к линии

пути, особенностям расстановки знаков плавучего и берегового навигационного оборудования.

Расстановка знаков плавучего навигационного оборудования в районах стесненного судоходства имеет своей целью создание визуальных полей навигационных параметров (направлений, дистанций), ориентируясь которыми, судоводитель может оценить положение и движение судна относительно границ и направлений фарватера, а также относительно навигационных опасностей. Для успешного ориентирования знаки навигационного оборудования должны быть верно опознаны.

Опознавание знаков на местности представляет собой непростую задачу. С одной стороны, при наличии небольшого количества знаков навигационного оборудования, что характерно для не очень трудных с точки зрения навигации участков, необходимо использовать навигационные приборы в дополнение к визуальному ориентированию, чтобы, сопоставляя информацию, получаемую от приборов, с визуальной, наблюдаемой с ходового мостика, правильно опознать знаки. Опознавание знаков и выполнение наблюдения за изменением положения которых, судоводитель может оценивать движение судна и принимать правильные решения по корректровке этого движения.

Большое количество знаков выставляется на особо сложных участках, характеризующихся значительными и частыми изменениями направления движения, ограниченными габаритами, действием свальных течений. Это дает возможность повысить точность и частоту визуального определения и более детально оценивать границы и направление фарватера. При этом для оценки движения судна будет требоваться знание направления с одного знака на другой.

Для районов со стесненными условиями плавания необходимо выполнять предварительную прокладку таким образом, чтобы при подходе к повороту были намечены визуальные ориентиры, по которым возможно контролировать выход судна в точку начала поворота, движение судна в процессе поворота и выход в точку окончания поворота [7].

Задержки в принятии решения на маневр при подходе судна к повороту, вызванные любыми причинами, могут привести к сложной навигационной ситуации при проводке судна.

В качестве наглядного примера представлены фрагменты электронной карты с предварительной прокладкой на поворотном участке подходного фарватера порта Саутгемптон. Поворот с одного прямолинейного участка на другой выполнен радиусами 3 и 4 кабельтова (соответ-

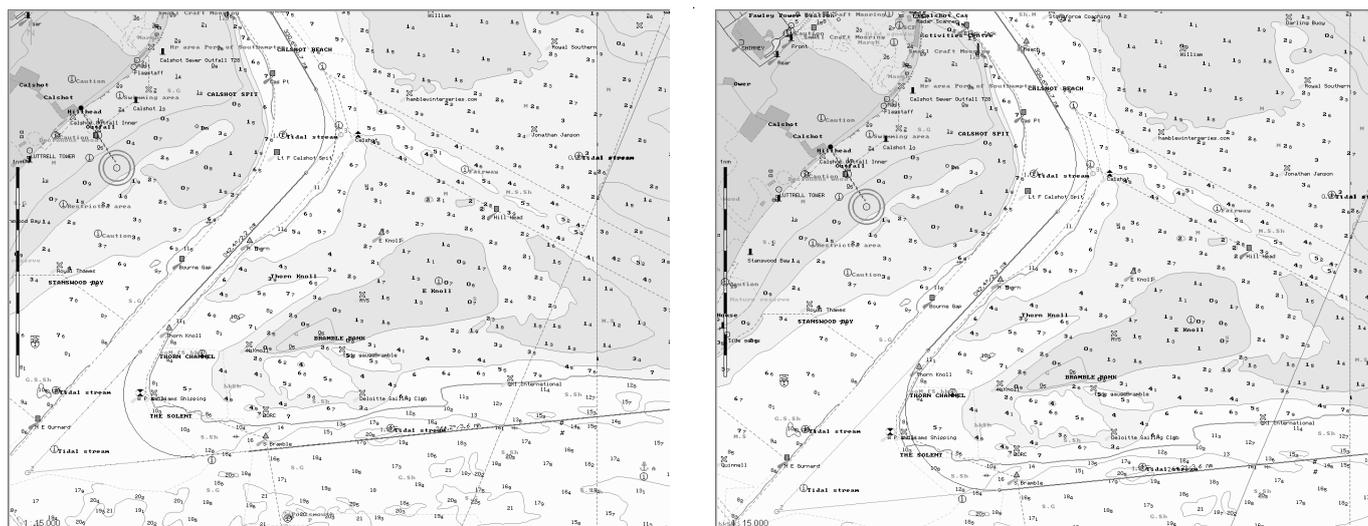


Рис.1 – Фрагменты электронной карты с предварительной прокладкой на повороте подходного фарватера порта Саутгемптон:
 а) радиус поворота 3 кабельтова; б) радиус поворота 4 кабельтова

ственно см. рис. 1.а и 1.б). Сравнение траекторий движения судна на повороте показывает, что при выполнении поворота постоянным радиусом 3 кабельтова, судно, при выходе в точку окончания поворота может приблизиться к правой кромке фарватера, обозначенной зелеными буями, которые установлены вблизи отмели. При увеличении радиуса поворота до 4 кабельтовых, что возможно под воздействием ветра или небольшого запаса воды под килем, судно может выйти за правую кромку фарватера или сблизиться с ней на предельно малое расстояние.

Для визуального контроля за движением судна на таком повороте, судоводитель должен иметь хорошие знания о маневренных возможностях своего судна в сложившихся обстоятельствах и условиях плавания, что позволит ему без задержек начать поворот, своевременно оценивать изменение положения судна относительно плавучих знаков навигационного оборудования в процессе поворота, а также и принятие решений по управлению этим движением и одерживанию судна при выходе в точку окончания поворота.

1.2. Анализ освещения подводной обстановки

Точность и полнота информации о глубинах, отображаемой на карте будет иметь определяющее значение на восприятие подводной обстановки судоводителем. К настоящему времени, электронные карты, выполненные в полном соответствии со всеми международными стандартами, представляют собой копии бумажных карт.

Несмотря на большие возможности по настройке отображения навигационной информации, применительно

к гидрометеорологическим навигационно-гидрографическим и иным особенностям конкретного района, для обеспечения безопасности судна при его проводке судоводителю всегда приходится учитывать дискретность представленной информации о глубинах. На картах отображаются отличительные глубины т.е. находящиеся в определенном диапазоне относительно окружающих. Такой принцип нанесения глубин позволяет избежать информационной перегрузки карты и упростить работу судоводителя по определению безопасного пути судна.

Однако дискретность нанесения глубин влияет на полноту представления судоводителя о рельефе дна и кромки фарватера особенности которого оказывают влияние на инерционные характеристики судна, его управляемость, а также определяют рыскливость судна, вызванную гидродинамическим взаимодействием с корпусом судна при его движении.

Для оценки особенностей гидродинамических явлений при движении также необходимо учитывать сезонные и периодические колебания уровня воды, которые можно получить расчетным путем по стандартным методикам.

Проводка судна по фарватеру, глубины на котором подвержены изменениям, или при наличии нескольких фарватеров по каждому из которых возможен проход судна, важно изучить информацию из лоций, касательно гарантированных глубин и выполнить расчет фактического уровня воды на период проводки судна. Введя значение минимально допустимой глубины в настойки ЭКНИС, судоводитель должен иметь возможность

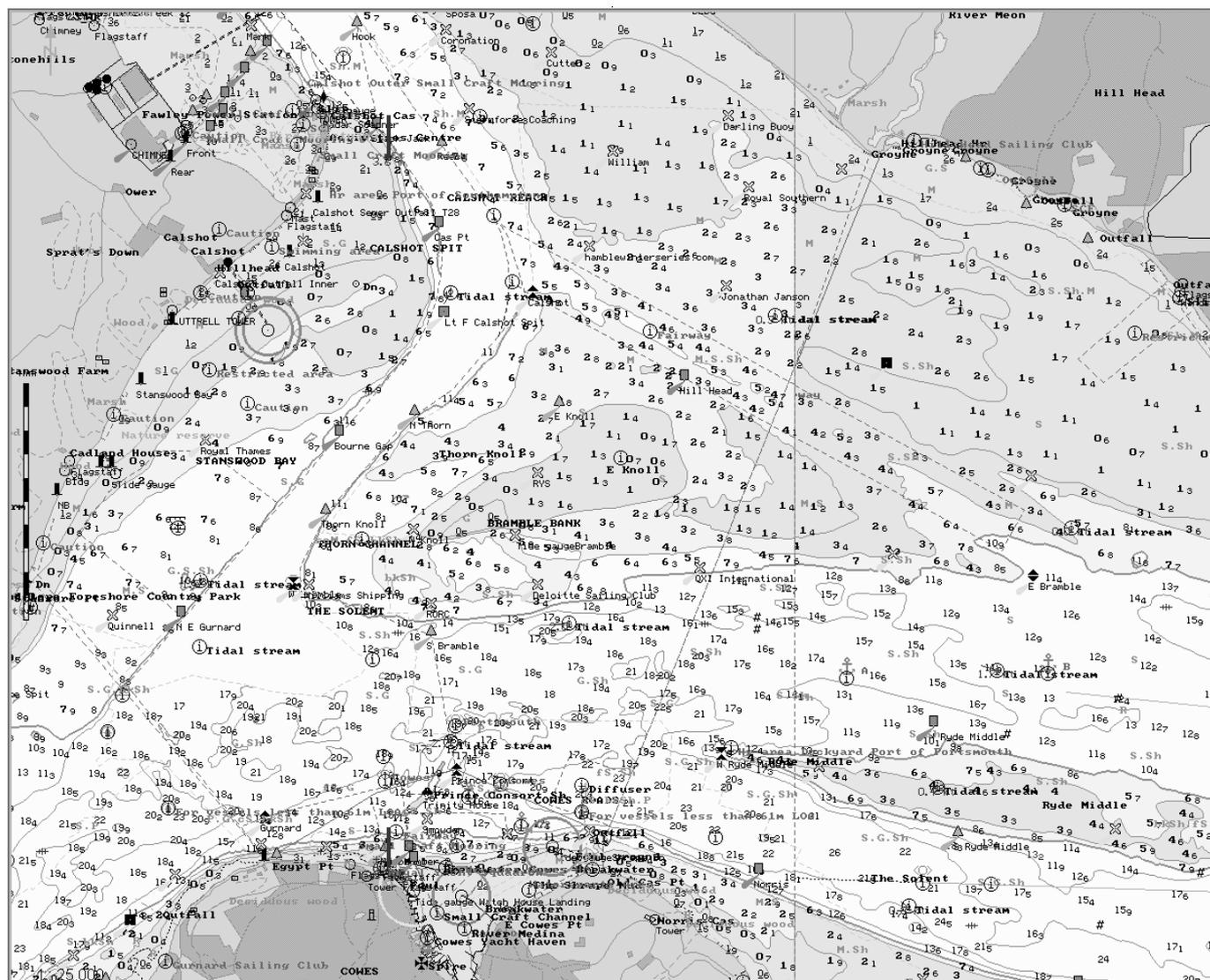


Рис. 2. Фрагмент электронной карты подхода фарватера порта Саутгемптон

наблюдать область, ограниченную опасной изобатой. Однако дискретность нанесения изобат на карту редко будет позволять выбрать отображение той изобаты, которая необходима для конкретного судна с конкретной осадкой. Поэтому судоводителю часто приходится выбирать значение безопасной изобаты, отличающееся от расчетного значения, а фактическое положение действительной опасной изобаты оценивать при помощи измерений по приборам или глазомерно.

2. Оценка оперативности получения навигационной информации при работе с ЭКНИС

К настоящему времени ЭКНИС получили широкое применение на судах торгового флота и их возможности для обеспечения безопасности плавания в любых на-

вигационных условиях высоки. Однако, оперативность получения информации с навигационной карты зависит от навыков и умений работы с картографической системой, установленной на судне.

Несмотря на то, что все судовые картографические системы разрабатываются в соответствии с международными требованиями, получение одной и той же информации может отличаться в зависимости от производителя. Переход на электронные морские навигационные карты, не изменил способ получения навигационной информации, и для работы с ними используются программные инструменты такие как например подвижный пеленг и подвижный круг дальности. Примеры программных инструментов ЭКНИС Navi Sailor, разработанной компанией Transas Marine [10], могущих использоваться для получения навигацион-

Таблица 1. Режимы курсора для работы в области просмотра карты

| No | Вид курсора на карте | Использование кнопок мыши | Описание режима работы курсора |
|----|----------------------|---------------------------|---|
| 1 | | | Вид курсора в режиме просмотра карты |
| 2 | | | Вид курсора в режиме измерения пеленгов и дистанций |
| 3 | | | Вид курсора в режиме выбора области карты для отображения в максимальном масштабе |
| 4 | | Смена режима курсора | Вид курсора в режиме перемещения отображения символа собственного судна в позицию курсора |
| 5 | | | Отображение информации по путевой точке |
| 6 | | Выбор режима курсора | Отображение навигационной информации |
| 7 | | | Отображение информации по картографическим объектам |

ной информации с навигационной карты представлены в таблице 1.

Как правило получение одной и той же информации возможно несколькими способами, например, измерение пеленга и дистанции на навигационный ориентир можно выполнять как визиром ERBL, так и в режиме просмотра карты при наведении на береговой навигационный ориентир.

Таким образом таблица 1 показывает, что для получения одной и той же информации предусматривается несколько инструментов.

При работе с электронной навигационной картой задача судоводителя состоит в том, чтобы из программных инструментов, обеспечивающих работу с навигационной картой выбрать необходимые ему в данной конкретной ситуации, отвечающие определенным требованиям.

Вне зависимости от того какими именно инструментами производится работа на навигационной карте, период времени необходимый для нахождения ориентира и выполнения измерений и их последующего использования при управлении судном занимает некоторое вре-

мя чем оно продолжительнее, тем большие просчеты могут быть допущены при принятии решения на маневр.

3. Анализ освещения надводной и подводной обстановки при использовании 3-d карт

3.1. Освещение надводной обстановки

Как было показано ранее, изучение района плавания предполагает выполнение предварительной прокладки, а также работу с картой по нанесению информации, полученной при выполнении определенных измерений. Выполнение такой работы обусловлено для обеспечения большей наглядности и затруднениями, связанными с практическим ее использованием отдельно от навигационной карты. Карта представляет собой плоскую модель района плавания, по которой визуальные определения даже основных направлений движения по фарватеру с высокой точностью не представляется возможным.

В то время как визуальную оценку направления, как по какому-либо прямолинейному участку, или между знаками навигационного оборудования, с использова-

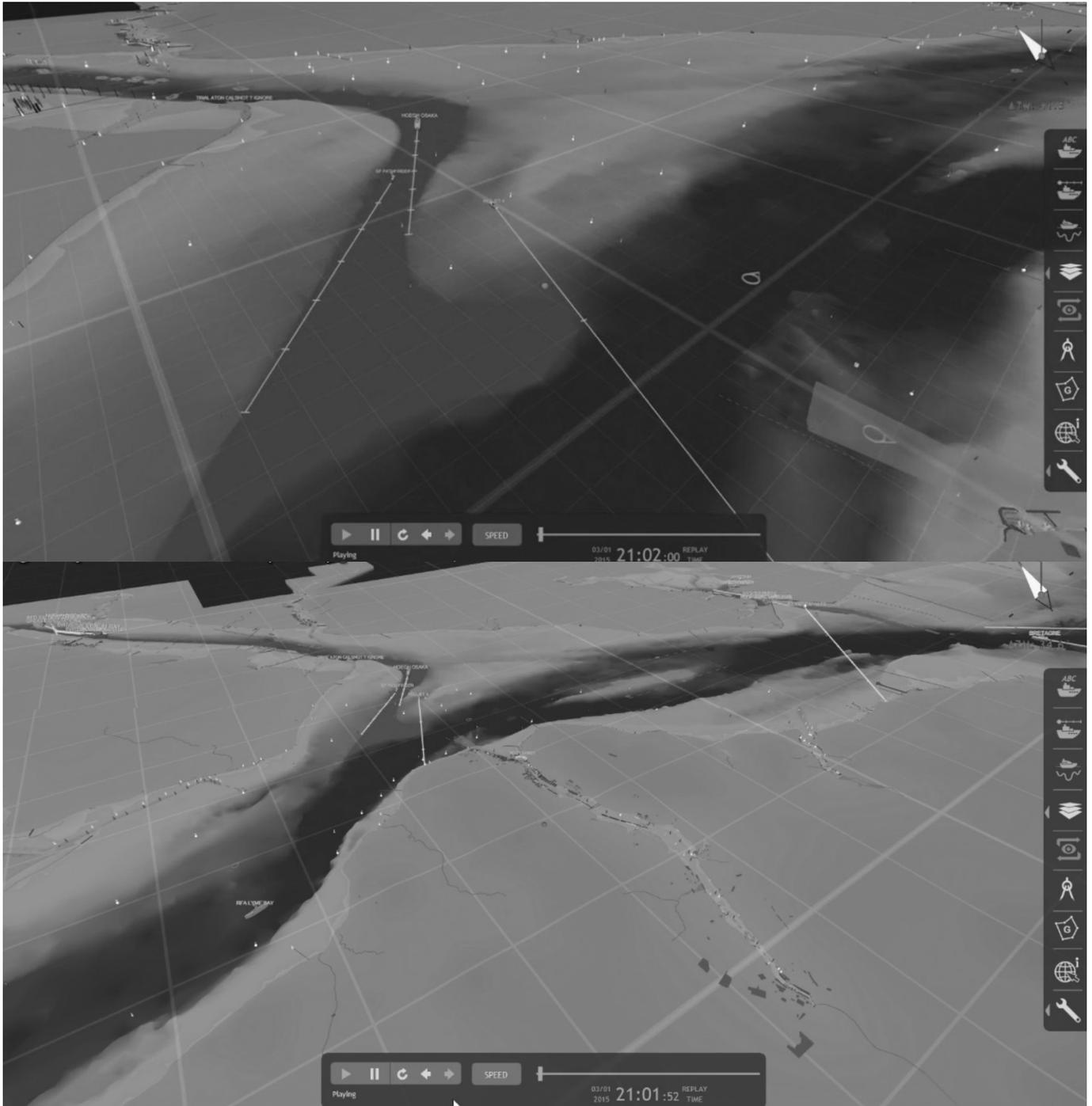


Рис. 3. Фрагменты электронной 3-d карты района подхода к порту Саутгемптон при масштабировании

нием 3-d карты можно выполнить с достаточной точностью.

Построение 3-d карты выполняется с соблюдением подобия расстояний и направлений, наблюдаемых на местности. Просматривая 3-d карту с различных точек, судоводитель может визуально запомнить количество знаков, ограждающих прямолинейный или кри-

волинейный участок, их характеристики, направления с одного знака на другой, характерные положения группы знаков, наблюдаемых в местах выхода судна в точку начала или окончания поворота.

Управляя картой трехмерной мышью управление 3-d картой позволяет судоводителю как устанавливать настройки, изменяющие количество отображаемой на-

вигационной информации, и таким образом фокусироваться на выбранных деталях, Управление трехмерной мышью ускоряет процесс оценки района плавания, за счет одновременного масштабирования и изменения положения точки обзора виртуального пространства. Благодаря этому значительно снижаются временные затраты на получение одной и той же информации, необходимой судоводителю и повышается эффективность визуального восприятия навигационной ситуации. и таким образом с различных ракурсов, изменяя положение точки обзора. Изменение положения точки обзора дает судоводителю возможность визуально оценивать дистанции и направления на отдельные навигационные ориентиры либо на несколько ориентиров одновременно, что невозможно на стандартной морской электронной карте.

Детализированный просмотр 3-d карты вблизи судна не влечет за собой уменьшение количества информации, наблюдаемой в перспективе, эта информация лишь генерализируется, но остается по-прежнему видимой.

При масштабировании карты не возникает ощущения, что начали передаваться новые зрительные стимулы, поскольку карта отображает непрерывное изменение глубины в интересующем судоводителя районе.

У карты нет стыков, которые при наложении карт разной точности могут приводить к неоднозначному отображению информации о глубинах.

При просмотре карты и одновременном масштабировании не возникает перегруженности зрительного восприятия подводного рельефа, поскольку глубины обозначаются не численными значениями, каждое из которых необходимо просмотреть и оценить, а областями, имеющими градиентное цветовое заполнение. Эффективность такого решения наглядно демонстрирует рисунок 3, на котором представлены фрагменты 3-d карты района подхода к порту Саутгемптон при масштабировании. Сравнивая отображение глубин при мелком и более крупном масштабе, можно отметить соответствие их представления последовательности задач, решаемых судоводителем, когда отображение глубин на удалении, пропорциональном линейным размерам судна, значимо в краткосрочной перспективе. Информация на долгосрочную перспективу пропорционально удалению от точки просмотра карты генерализируется, объединяя области отличных друг от друга глубин и, обеспечивая читаемость карты.

Период отображения панелей меню устанавливается пользователем применительно к особенностям выполняемой задачи, что позволяет отображать их только при

работе курсором в определенной области просмотра карты. Таким образом, обязательных периодических действий оператора для просмотра соответствующих областей карты не требуется.

Наличие вспомогательных линий параллелей и меридианов, которые несмотря на достаточную плотность не перегружают карту и позволяют оценивать тенденции перемещения судна не только согласно вектору скорости, но и глазомерно, при этом отсутствует необходимость инструментальной прокладки дополнительных линий.

Изменение ориентации карты происходит плавно за счет вращения колеса трехмерной мыши с возможностью одновременной подачи команд для масштабирования и изменения положения точки обзора.

Запрашиваемые пользователем окна, содержащие данные о параметрах движения судна не закрывают навигационную картографическую информацию. Имеются такие важные функции как наложение радиолокационного изображения, запись траектории движения с возможностью визуального отображения.

3.2. Освещение подводной обстановки

Функционирование 3-d карт требует информации высокой точности и дискретности, получение такой информации возможно на основании точных промеров, которые могут быть выполнены при наличии соответствующего оборудования. В то время как для работы стандартных морских электронных карт такой точности не требуется, однако информация о точности промеров помещается на карту, что позволяет судоводителям прокладывать путь судна на достаточном удалении от навигационных опасностей при учете запасов к кратчайшей дистанции в связи с различными погрешностями.

Если осадка судна позволяет следовать за кромками фарватера, то полностью отпадает или снижается до минимума возможность ориентирования по плавучим знакам, поскольку кромка фарватера находится со стороны одного борта, а определение направления движения осуществляется сравнением изменения положения навигационных знаков с обоих бортов.

При движении за кромками фарватера расположение навигационных опасностей может быть нечетко выражено, т.е. встречаются отдельные глубины, которые близки к предельным, а окружающие глубины достаточные. Наличие точных карт позволяет однозначно решить эту проблему и выделить область, безопасную для движения судна.

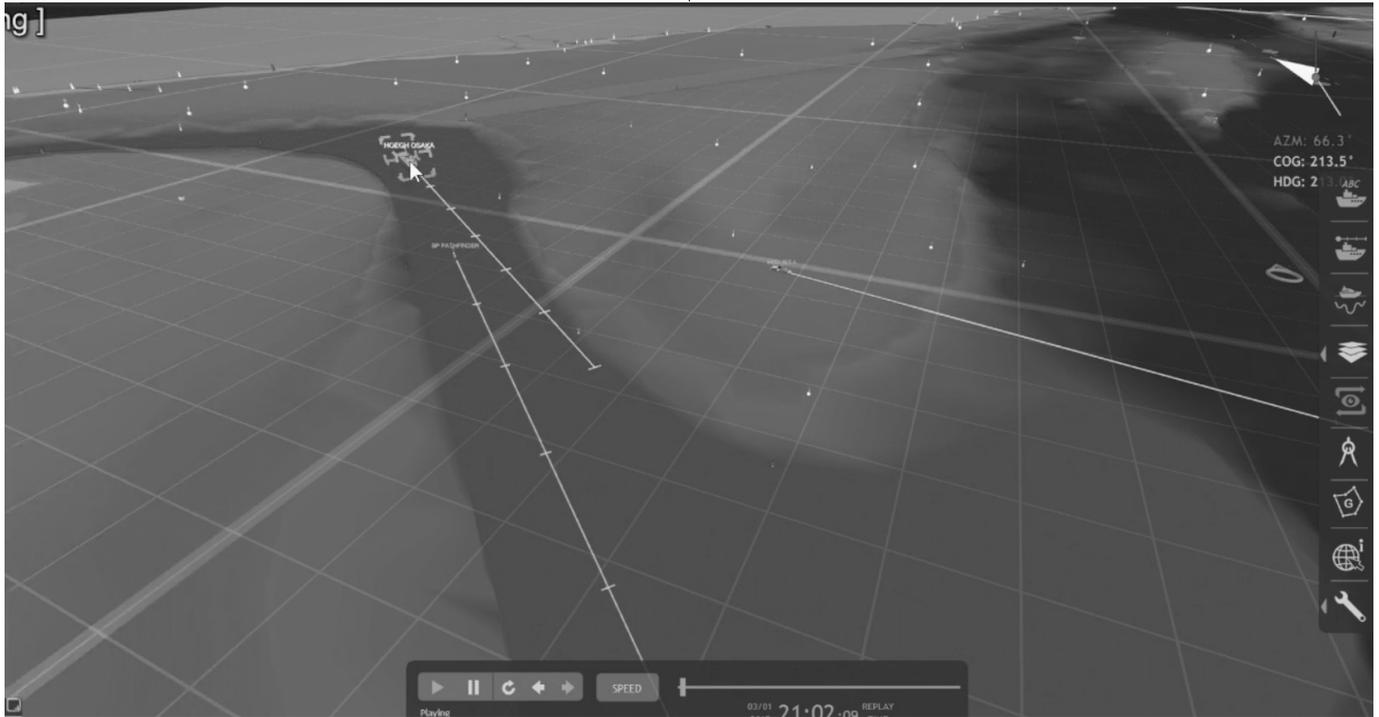


Рис. 4. Отображение области опасных глубин применительно к осадке выбранного судна

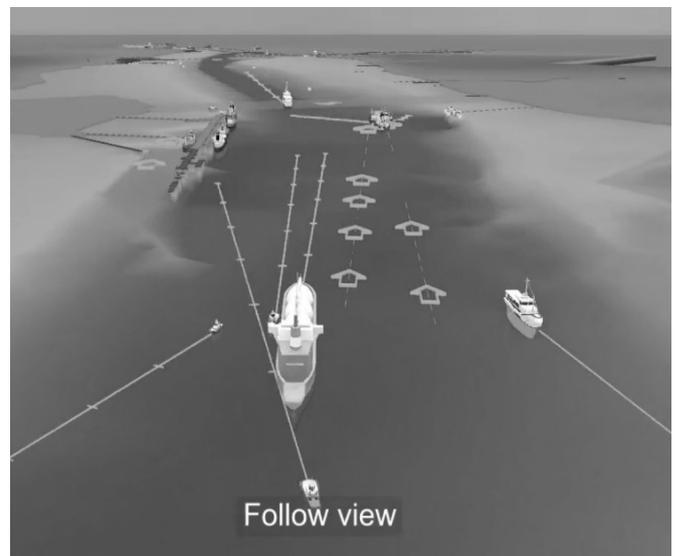
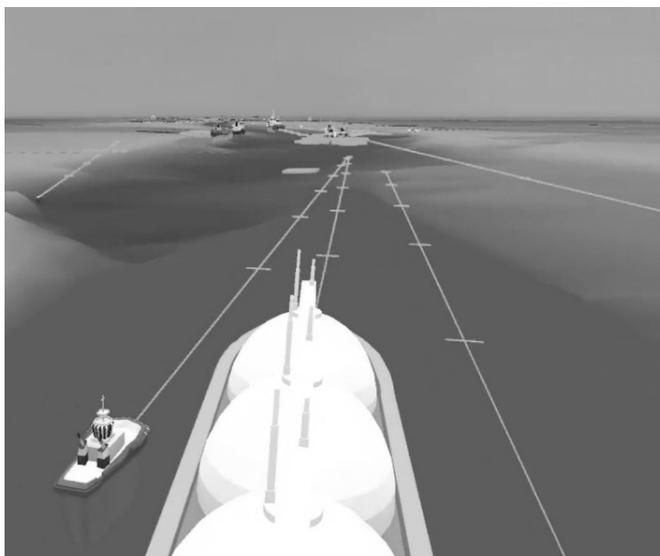


Рис. 5. Положение собственного судна, отображаемое на 3-d карте:
а) вид с мостика; б) вид с точки, расположенной вне судна

Для оперативности оценки имеющегося водного пространства применительно к осадке судна и состоянию уровня воды в 3-d картах предусмотрена функция автоматического перестроения, разбивающая водное пространство, охватываемое картой на области опасных и безопасных глубин рис. 4.

4. Оценка оперативности получения навигационной информации при использовании 3-d карт

Управление судном в узкости представляет собой непрерывный процесс по оценке и корректировке по-

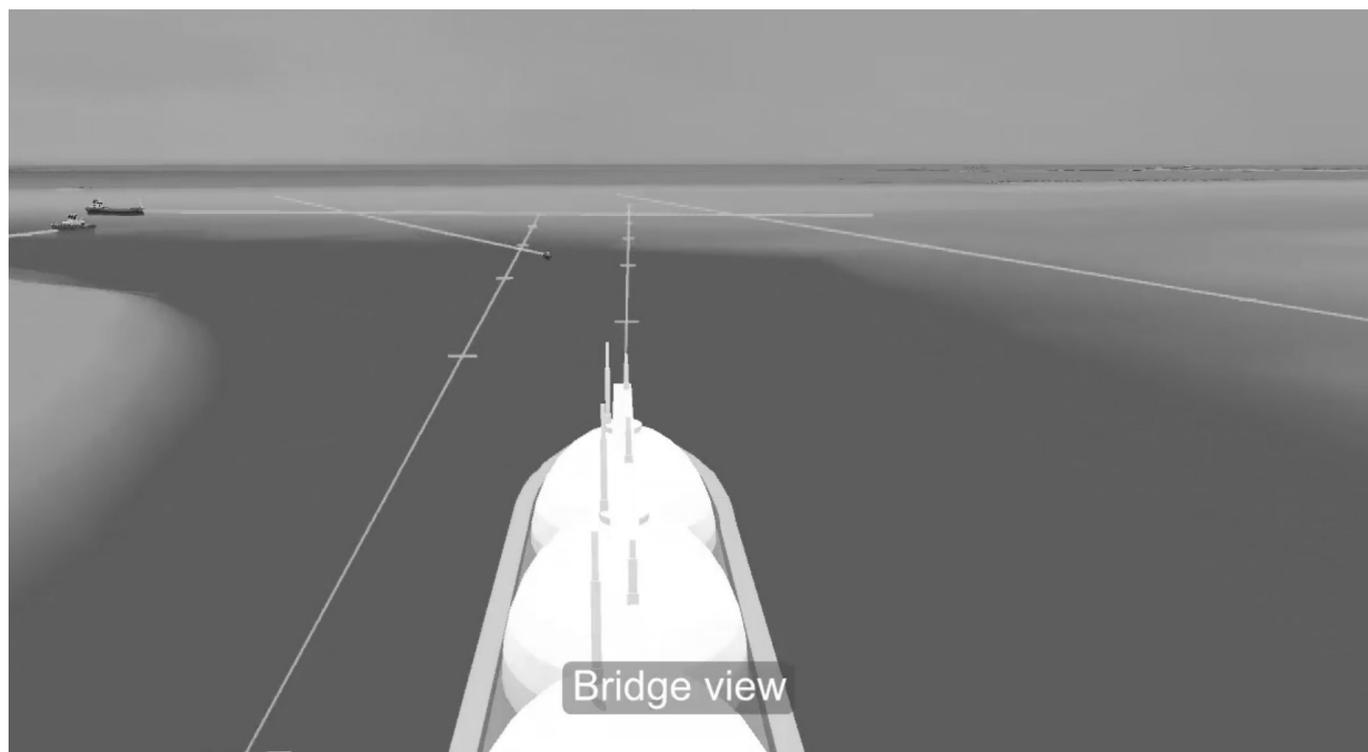


Рис. 6. Вид с мостика собственного судна на 3-d карте при подходе к точке начала поворота

ложения и движения судна, относительно совокупности плавучих и стационарных знаков навигационного оборудования, наблюдаемых с ходового мостика. Для опознания знаков навигационного оборудования судоводитель периодически обращается к навигационной карте, уточняя положение знаков визуально или при помощи инструментальных измерений. Опознав знаки навигационного оборудования, судоводитель может произвести оценку местоположения судна. Полнота оценки надводной и подводной навигационной обстановки, которой удастся достигнуть за счет навигационной карты, будет определять количество и продолжительность периодов обращений судоводителя за навигационной информацией на навигационную карту.

Таким образом за время, затраченное на работу с навигационной картой судно будет проходить определенное расстояние в направлении проложенной на карте линии пути и будет смещаться в направлении перпендикулярном линии пути. Поэтому для случая использования точных измерений всегда будет присутствовать ошибка, связанная с перемещением судна за время выполнения самих измерений и их обработки.

Управление 3-d картой (рис. 5) позволяет судоводителю как устанавливать настройки, изменяющие количество отображаемой навигационной информации, и та-

ким образом упрощающие восприятие навигационной ситуации, складывающейся вокруг судна, так и оценивать положение судна с различных ракурсов, изменяя положение точки обзора. Изменение положения точки обзора дает судоводителю возможность визуально оценивать дистанции и направления на отдельные навигационные ориентиры либо на несколько ориентиров одновременно, что невозможно на стандартной морской электронной карте.

Работа с 3-d картами позволяет уменьшить временные затраты на получение навигационной информации за счет использования режима просмотра карты с мостика виртуального судна управлением перемещением по карте трехмерной мышью. Для судоводителя при проводке судна через узкости необходимо иметь представление о направлениях, создаваемых знаками навигационного оборудования и в первую очередь берегового. Поля навигационных параметров, создаваемые плавучими знаками навигационного оборудования, можно использовать для определения местоположения судна с высокой точностью, только при наличии хороших знаний специальной лоции. Т.е. при безошибочном опознании некоторой совокупности плавучих знаков навигационного оборудования, и их непрерывном наблюдении. Использование 3-d карт позволяет судоводителю, не тратить время на отдельные инструментальные измерения, как на плоских

морских электронных картах, делать это визуально т.е. «на глаз». Можно достигать высокой точности глазомерных измерений за счет перемещения по 3-d карте и выборе углов обзора, обеспечивающих максимальную точность. Точное наблюдение за изменением положения судна относительно знаков плавучего навигационного оборудования без дополнительных временных затрат на инструментальные измерения также предупреждают судоводителя от совершения грубого промаха.

Пример навигационной обстановки, наблюдаемой с мостика виртуального судна представлен на рисунке 6. Сопоставление данных о параметрах движения судна, отображаемых на 3d карте, с реальным движением судна при проводке, также не требует длительного переключения внимания, дает возможность выполнять оценку экстраполяции не по совокупности последовательных наблюдений за изменением положения судна, а на основании измерений. При высокой точности измерений, например, использовании приемоиндикаторов спутниковых навигационных систем, работающих в дифференциальном режиме, можно существенно снизить ошибки маневрирования, вызванные инерцией судна.

Выводы

Проведен сравнительный анализ представления навигационной информации на морских электронных картах и 3-d картах, представляющих собой виртуальную среду. Возможности и преимущества использования 3-d карт как при подготовке к плаванию через стесненные районы, так и непосредственно при выполнении проводки судна рассмотрены применительно к особенностям задач, решаемых судоводителями на судах.

Основными факторами, повышающими эффективность оценки навигационной информации судоводителем при использовании 3-d карт для предварительного изучения района плавания являются:

- ◆ представление карты как трехмерной графической модели, подобной реальному району плавания судна;
- ◆ интегрированность управления (масштабирование, смена точек и углов обзора);
- ◆ новые настройки для отображения навигационной информации.

Применение 3-d карт поддерживает осведомленность судоводителя о медленно меняющейся навигационной обстановке и, таким образом, позволяет принимать заблаговременные долгосрочные решения. Предварительный просмотр 3-d карты по маршруту движения и выполнение одновременной оценки надводной и подводной навигационной обстановки, позволяет проводить ее сравнительный анализ, в случае сомнений, сосредотачивать внимание на наиболее достоверной информации и, таким образом, избегать грубых промахов и просчетов в управлении судном.

Применение 3-d карт способствует поддержанию принятия оперативных решений на маневр благодаря возможности судоводителя оценивать направления и дистанции глазомерным способом, точность которого повышается благодаря масштабированию и одновременной смене точек и углов обзора. Сравнивая навигационную информацию, наблюдаемую с поста управления судном при маневрировании, с аналогичной, отображаемой 3-d картой судоводитель производит не абсолютную оценку, а сравнительную, позволяющую вовремя предпринять корректирующие действия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по организации штурманской службы на судах. Правила ведения судового журнала. — СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 1999—152с.
2. Устав службы на морских судах. — М.: Моркнига, 2019—32с.
3. Кодекс торгового мореплавания. — М.: Моркнига, 2019—200с.
4. C-Vu® 3D VTS — Milford Haven [Электронный ресурс]: demonstration video, URL: <https://vimeo.com/38025373> (дата обращения 01.11.2018).
5. C-Vu® 3D VTS — Southampton [Электронный ресурс]: demonstration video URL: <https://vimeo.com/45640579> (дата обращения 01.11.2018).
6. Demonstration of the GeoVS Maritime Domain Awareness (MDA) real-time 3D VTS display technology from SRT Marine System Solutions [Электронный ресурс]: demonstration video, URL: <https://vimeo.com/101169448> (дата обращения 01.11.2018).
7. Pilotage out of Poole [Электронный ресурс]: demonstration video <https://vimeo.com/59227199> (дата обращения 01.11.2018).
8. L.Hosgetts. Poole Harbour's navigational safety goes 3D, February 28, 2013 [Электронный ресурс] URL: <https://www.pbo.co.uk/news/poole-harbours-navigational-safety-goes-3d-3556> (дата обращения 04.11.2018).
9. New 3D vessel traffic management system enhances safety at Poole Harbour, February 25, 2013, [Электронный ресурс] URL: <http://shipmanagementinternational.com/new-3d-vessel-traffic-management-system-enhances-safety-at-poole-harbour/> (дата обращения 04.11.2018).
10. Transas Marine, Navi — Sailor 4000 (ver. 6.42), Navigational Bridge, Transas Marine GB, Ltd., 2007.