ВЕСТНИК
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА ИМЕНИ АДМИРАЛА С. О. МАКАРОВА

DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-237-251

OVERVIEW FEATURES AND PERSPECTIVES OF MODERN AUTOMATED SHIP ROUTE PLANNING SYSTEMS

D. A. Akmaykin, D. B. Khomenko, S. F. Klueva

Maritime State University named after admiral G. I. Nevelskoi,
Vladivostok, Russian Federation

The article review and analyze the functional characteristics and features of modern navigation route planning systems and software components that perform routing functions. The most popular software «Navi-Planner» from Transas, «PassageManager» ChartCo, «Bon Voyage System» of StormGeo company, «Ship Performance Optimisation System» by MeteoGroup, «Commercial Marine Vessel Routing» from Jeppesen company. Software products have an intuitive graphical interface and to take into account weather factors in the planning and route optimization. Software Navi-Planner 4000 provides a safe and effective ships routing, and realize the plan of the route, taking into account weather factors. Software product PassageManager get access to all services of the company ChartCo. Product Bon Voyage System (BVS) optimizes the voyage due to weather conditions, and provide to obtain an estimate of the cost of the voiage in the planning, taking into account the ship's speed and the fuel consumption rate. Weather navigation system Ship Performance Optimisation System route planning (SPOS) permit to display on the ECDIS the optimal route and hydrometeorological conditions. Commercial Marine Vessel Routing offers routing services to ships, by accurately modeling the vessel movement taking into account the environment. Key features of VVOS application is the automatic construction of optimized routes. Knowledge of the features offered in the market of software ships routing component will facilitate the end user to select the appropriate application. It is noted, that in the case of recalculation route after each update of the weather forecast, crew join a personal approach to the selected route. In a case planning of the composite route in navigational obstacles and weather fronts, the human factor can lead to undesirable results. In the final part of the paper provides recommendations on the choice of the system, in depending of the navigators priorities.

Keywords: onboard navigation system, ship's route, route optimization, e-Chart, voyage plan.

For citation:
Akmaykin, Denis A., Dmitry B. Khomenko, Svetlana F. Klueva. "Overview features and perspectives of modern automated ship route planning systems." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 9.2 (2017): 237–251. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-237-251.

УДК 629.12

ОБЗОР ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПЛАНИРОВАНИЯ МАРШРУТА СУДНА

Д. А. Акмайкин, Д. Б. Хоменко, С. Ф. Клюева

Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского,
Владивосток, Российская Федерация

Целью работы является обзор и анализ функциональных характеристик и особенностей современных навигационных систем планирования маршрутов и программных компонент, выполняющих функции маршрутизации. Рассмотрены наиболее распространенные программные инсрументы «Navi-Planner» компании Транзас, «PassageManager» компании ChartCo, «Bon Voyage System» компании StormGeo, «Ship Performance Optimisation System» компании MeteoGroup, «Commercial Marine Vessel Routing» компании Jeppesen. Программные оболочки продуктов имеют интуитивно понятный графический интерфейс и позволяют учитывать погодные факторы в процессе формирования и оптимизации маршрута. Приложение Navi-Planner 4000 обеспечивает безопасную и эффективную предварительную прокладку, а также выполнение плана перехода по маршруту с учётом погодных факторов. Программная оболочка PassageManager позволяет получить доступ ко всем услугам компании ChartCo. Продукт Bon Voyage System (BVS) выполняет оптимизацию морского рейса по погодным условиям и позволяет получать оценку стоимости рейса

в процессе его планирования с учетом скорости судна и расхода топлива. Система погодной навигации планирования маршрутов Ship Performance Optimisation System (SPOS) позволяет отображать на экране ЭКНИС предлагаемый оптимальный маршрут и гидрометеорологическую обстановку. Commercial Marine Vessel Routing предлагает услуги по маршрутизации морских судов за счет точного моделирования движения судна с учетом окружающей обстановки. Основные возможности приложения VVOS заключаются в автоматическом построении оптимизированных маршрутов. Знание особенностей, предлагаемых на рынке программных компонент маршрутизации морских судов, облегчит конечному пользователю выбор соответствующего приложения. Отмечено, что в случае пересчета судоводителями маршрута после каждого обновления прогноза погоды добавляется субъективный подход экипажа к выбранному маршруту. При прокладке сложных маршрутов, при наличии навигационных препятствий и обхода метеорологических фронтов влияние человеческого фактора может привести к нежелательным результатам. В заключительной части работы приведены рекомендации по выбору системы в зависимости от поставленных задач.

Ключевые слова: навигационные бортовые системы, маршрут судна, оптимизация маршрута, электронные карты, план перехода.

Для цитирования:
Акмайкин Д. А. Обзор функциональных возможностей и перспективы современных автоматизированных систем планирования маршрута судна / Д. А. Акмайкин, Д. Б. Хоменко, С.Ф. Клюева // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 2. — С. 237–251. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-237-251.

Введение

В настоящее время мировые державы вкладывают значительные средства в развитие навигационных систем управления, повышающих безопасность мореплавания, экономическую эффективность использования судов с учетом факторов экологического порядка [1] – [6]. Основными направлениями разработок всемирно известных компаний Транзас, ChartCo, StormGeo, MeteoGroup, Jeppesen является развитие полуавтоматических и полуавтоматизированных навигационных систем, функционирующих по принципу беспилотного судовождения [7] – [14]. Для оказания помощи судоводителям эти компании оказывают услуги по представлению на суда всей необходимой для рейса информации в сжатом виде, т. е. в виде «выжимки» из всего перечня необходимой информации и инструментов по оптимизации маршрута перевозки. Среди представленных систем планирования маршрутов наиболее востребованными являются следующие: «Navi-Planner» компании Транзас, «PassageManager» компании ChartCo, «Bon Voyage System» компании StormGeo, «Ship Performance Optimisation System» компании MeteoGroup, «Commercial Marine Vessel Routing» компании Jeppesen. Разрабатываемые этими компаниями программные компоненты имеют различный функционал и ограничения по количеству предлагаемых сервисов. В связи с этим знание особенностей этих систем облегчит конечному пользователю выбор соответствующего приложения.

Задачи исследования

Целью работы является исследование особенностей предлагаемых на рынке систем и инструментов по оптимизации маршрутов движения судов. Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– выполнить обзор и анализ функционала и программных компонент современных систем планирования маршрутов;

– исследовать, каким образом решены возможности построения маршрутов судов и выполнена оптимизация маршрутов;

– исследовать, какие из рассматриваемых систем предлагают возможность формирования маршрута судна с учетом гидрометеорологических факторов и как эта задача решена;

– провести анализ программного интерфейса систем маршрутизации, способов визуализация результатов, обеспечить детальность и наглядность, компонент панели оператора.

В научных публикациях отечественных и зарубежных авторов, появившихся в течение последних десяти лет, посвященных вопросам безопасности мореплавания, актуальной является тема исследования и совершенствования современных навигационно-информационных систем и программных продуктов, выполняющих планирование и оптимизацию маршрутов судов [1], [4], [7] – [20]. Автор работы [9] рассматривает особенности функционирования систем NavCom, Transas, dKart Navigator. Авторы работ [11] – [14] исследуют Bon Voyage System компании StormGeo. В работе [12] представлены приложения Ship Performance Optimisation System и Bon Voyage System. В работах [15] – [20] рассмотрены основные подходы к построению моделей подобных систем, приведены критерии, учитывающие безопасность движения судна по маршруту в заданной акватории моря.

Система Navi-Planner 4000. Всемирно известная Российская компания «Транзас» (http://www.transas.ru) предлагает навигационные и интегрированные бортовые системы для профессиональных моряков и любителей. Система Navi-Planner 4000 позволяет обеспечить безопасную и эффективную предварительную прокладку, а также выполнение плана перехода по маршруту [9], [10]. Navi-Planner 4000 отвечает требованиям Резолюции IMO A.916(22) —«Руководство по регистрации событий, связанных с навигацией» и Резолюции IMO A.893(21) — «Руководство по планированию рейса».

С точки зрения функциональности система Navi-Planner 4000 представляет собой приложение обработки электронных карт ЭКНИС [21], а также набор баз данных, приложений и сервисов, необходимых при выполнении предварительной прокладки. Система подходит как для использования на судне в качестве дублирующего приложения, так и для применения на берегу в качестве административного инструмента. Программное обеспечение Navi-Planner 4000 создает план перехода на основе электронного редактора курса, включающего:

– предварительную прокладку от порта к порту;

– автоматическую предварительную прокладку;

– контроль глубины под килем и просвета прохода под мостами;

– проверку предварительной прокладки на предмет навигационных опасностей и информирование о найденных опасностях;

– автоматический расчет опорных точек;

– точки предоставления докладов по радио;

– списки карт ENC и SENC для бумажных и электронных карт;

– экспорт / импорт предварительной прокладки;

– интеграцию с системой Navi-Sailor 4000 ЭКНИС;

– возможность получения онлайн корректуры бумажных карт и извещений от компании Thomas Gunn Technologies [9], [10];

– создание плана перехода от порта к порту и от причала до причала;

– поддержку процедур ISM и управления судном.

Интерфейс Navi-Planner 4000 с учетом описанных функций представлен на рис. 1.

Система Navi-Planner 4000 позволяет построить быстрый маршрут на основе таблиц расстояний из точки *A* в точку *B* через точку *C*. Маршруты рассчитываются на базе таблиц морских дистанций компании AtoBviaC и могут применяться для быстрого расчета расстояний, выбора электронных карт формата (S)ENC и их последующего приобретения, а также использоваться для детального выполнения предварительной прокладки и последующего создания плана рейса. Таблицы расстояний из точки *A* в точку *B*, через точку *C* предлагают разнообразные варианты формирования маршрутов и правила построения маршрута [9]. Погодная функциональность в системе Navi-Planner 4000 обеспечивает судоводителя инструментом по принятию оптимального решения при планировании маршрута с учетом погодных условий, оптимизируя при этом скорость и расход топлива, а также условия обеспечения безопасности мореплавания, экипажа судна и перевозимого груза.

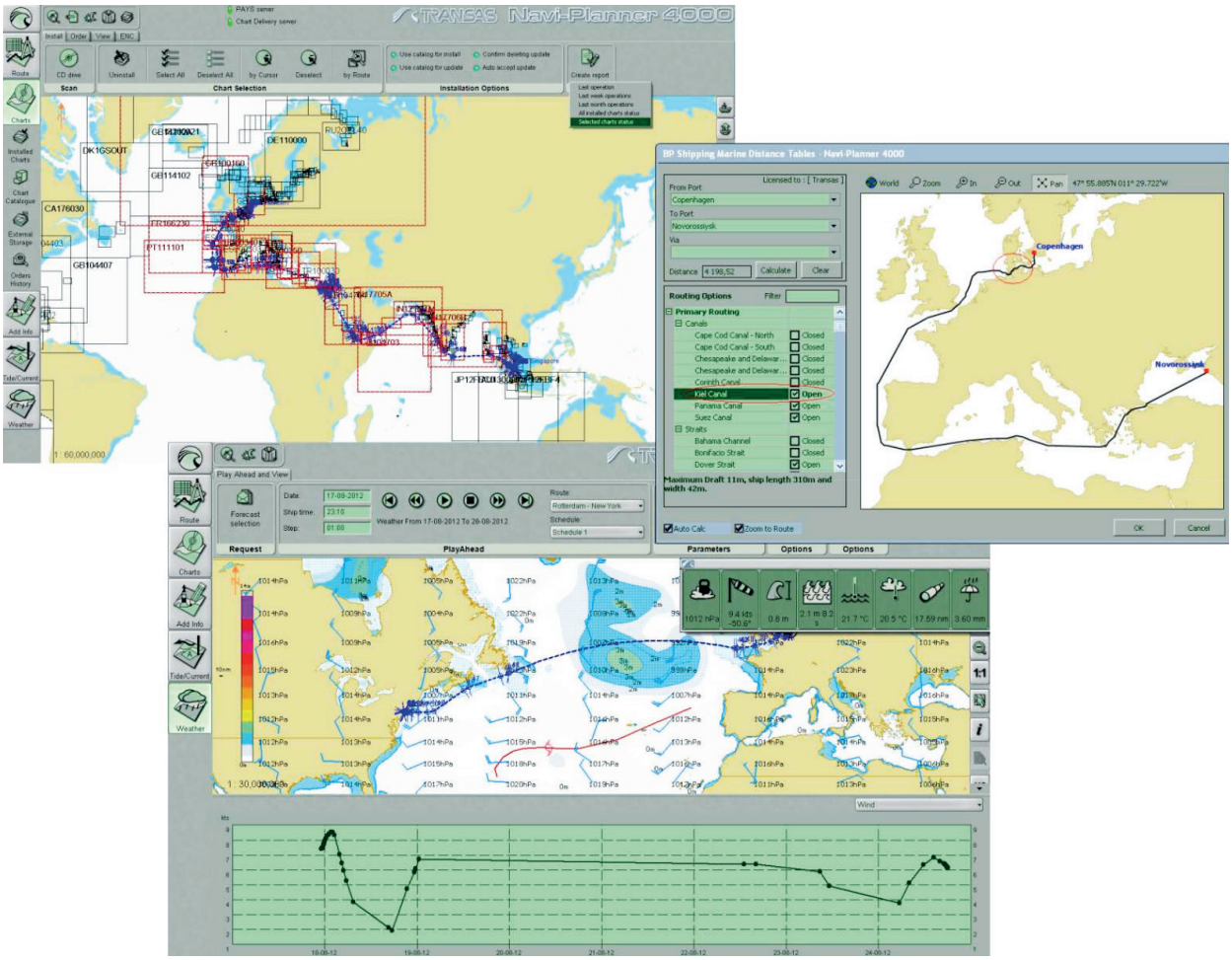

Рис. 1. Интерфейс системы Navi-Planner 4000

Данные о погоде поступают от метеорологической службы Meteo Consult. Поступающая информация включает следующие данные: давление воздуха, прогнозы ветра и волн, прогнозы тропических циклонов, температур, атмосферных осадков и границ льда.

Navi-Planner 4000 предлагает заказ и обработку карт, которые можно либо заказать предварительно, либо воспользоваться системой Pay As You Sail (PAYS). Клиент сервиса Navi-Planner располагает следующим выбором: получить только лицензии на использование карт выбором или готовые карты с сервера. Подготовка заказа включает предварительную стоимость заказа.

Предварительная прокладка основана на информации, получаемой по ходу маршрута в опорных точках, включающей также метеорологические и гидрологические данные. Плечи маршрута, промежуточные точки маршрута, расстояния бокового отклонения от курса и опорные точки можно создавать и редактировать в графической и табличной форме на основе системы координат WGS-84 [22]. Временные параметры маршрута рассчитываются с учетом (или без) ограничения скорости для каждого плеча маршрута, поверхностного и приливного течения.

Система ChartCo PassageManager. Другим поставщиком навигационной информации на суда является расположенная в Великобритании компания ChartCo (http://chartco.com). Согласно заявлению компании, она являются крупнейшим в мире поставщиком навигационной информации, включая навигационные электронные карты, пособия и цифровые продукты. Флагманским программным продуктом компании является программный комплекс PassageManager, интерфейс начальной страницы которого показан на рис. 2.

Рис. 2. Начальная страница статуса программы ChartCo PassageManager

Программа PassageManager позволяет получить доступ ко всем услугам компании ChartCo через интуитивно понятный графический интерфейс. Все бумажные и электронные продукты компании отображаются вместе с информацией о необходимой корректуре и статусе продукта с минимальными действиями со стороны пользователя. Приложения PassageManager разработаны с целью поддержки навигационных пособий, включающих бумажные и электронные издания на уровне современности, а также обеспечения судоводителей информацией, используемой в электронных картографических системах (ECDIS / ЭКНИС).

Данная программа позволяет судоводителям в автоматизированном режиме строить маршрут судна, используя предварительно составленные компанией ChartCo маршруты, с указанием расстояний (рис. 3). Она позволяет передавать полученные маршруты в наиболее распространенные системы ЭКНИС, а также обеспечивает полную интеграцию с некоторыми сторонними приложениями, например, такими, как TotalTide Адмиралтейства Великобритании. Использование продукта PassageManager позволяет получить информацию о портах, маршруте, приливно-отливных явлениях, данные о погоде и многое другое, а также помогает судоводителям создать всеобъемлющий, но полностью индивидуальный план перехода в течение нескольких минут.

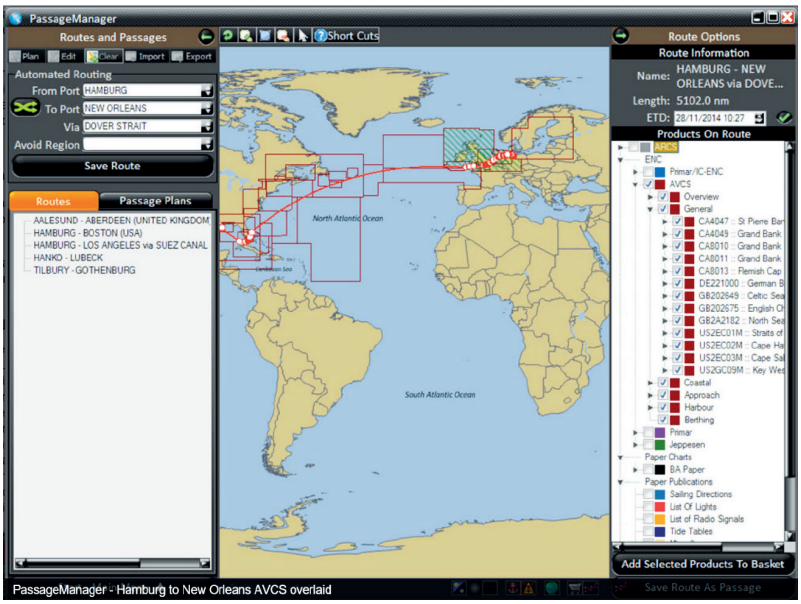

Рис. 3. Пример построения маршрута программой PassageManager из Гамбурга в Новый Орлена через Дуврский пролив

План перехода строится с соблюдением процедуры «Руководства по процедурам на мостике» и Конвенции ПДМНВ [23] и может быть адаптирован к потребностям каждого судна. После завершения планирования маршрута его можно сохранить в отдельный файл, экспортировать и отозвать для корректировки или отправить на утверждение в компанию судовладельца или ChartCo. Одной из функций продукта является стимулирование потребителей к более широкому использованию электронных данных. Продукт с помощью цветового кода уведомляет судоводителей о том, какая информация и какие пособия требуют обновления.

Использование PassageManager позволяет автоматически генерировать заказ навигационных изданий вдоль построенного маршрута и отправлять его для утверждения в офис компании или непосредственно в ChartCo. Из описания к программе можно сделать вывод о том, что построение маршрута осуществляется по заранее составленным ChartCo маршрутам из основных портов Мирового океана с возможностью корректировки штурманом ключевых точек поворота. Однако основным назначением программы является подбор и корректура электронных карт вдоль запланированного маршрута в судовой ЭКНИС.

Система Bon Voyage System. Калифорнийская компания StormGeo (http://www.awtworldwide.com) из Кремниевой долины является разработчиком продукта Bon Voyage System (BVS) [11] – [14]. BVS является продуктом с простым графическим интерфейсом оптимизации морского рейса по погодным условиям и стоимости бункера, а также инструментом, позволяющим получать оценку стоимости рейса в процессе его планирования с учетом скорости и расхода топлива. Расчеты осуществляются с учетом прогнозов погоды и течений на маршруте. Во внимание принимаются зоны пиратских нападений в Индийском океане и других частях Мирового океана (рис. 4).

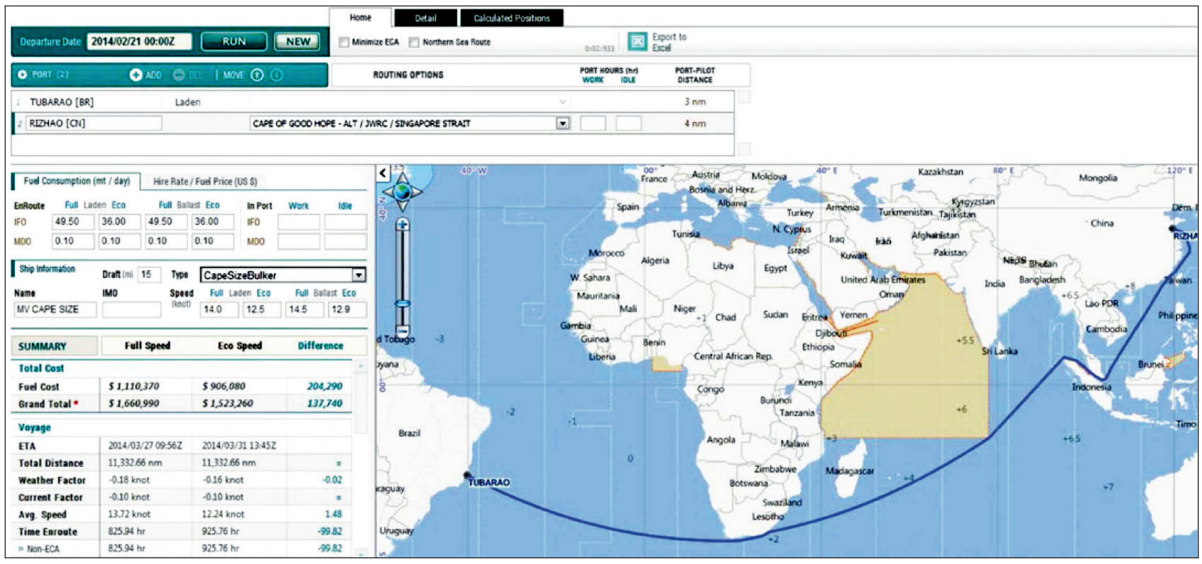

Рис. 4. Расчет маршрута из Бразилии в Китай в программе Bon Voyage System

Расчеты в BVS осуществляются через веб-интерфейс, позволяющий вносить параметры расхода топлива на полном ходу и в экономичном режиме.

Расчеты стоимости топлива учитывают требования по расходу топлива с высоким и низким содержанием серы по выбранному маршруту. При желании пользователь может выбрать опцию для ограничения времени движения на топливе с низким содержанием серы. В программном продукте BVS используется запатентованная климатологическая модель движения судна (CSR). На основе прогноза погоды и течения уточняются потери скорости на маршруте, что позволяет получать более точную оценку предполагаемого времени прибытия. Таким образом, пользователю предлагается оптимальный маршрут, учитывающий загрузку судна и бункеровку в рейсе.

Использование BVS, по заявлению разработчиков, имеет следующие преимущества:

– климатологическая модель движения судна собственной разработки дает точный прогноз потери скорости, тем самым обеспечивая более точные расчеты продолжительности рейса и его стоимости;

– за счет расчетов движения по отдельным отрезкам маршрута по дуге большого круга, BVS обеспечивает более точные расчеты;

– представление текущей погоды и течений вдоль маршрута.

BVS предлагает варианты движения через зоны движения, в которых запрещается использование судового топлива с содержанием серы более 1,5 %.

Программа Bon Voyage System с помощью широкополосной связи или электронной почты направляет на судно в сильно сжатом формате последнюю информацию о погоде и состоянии океана. Такой формат данных предназначен для минимизации расходов на связь. Эти данные затем используются для создания цветных карт и графиков, которые позволяют штурманам заранее просматривать и интерпретировать потенциальные проблемы (рис. 5).

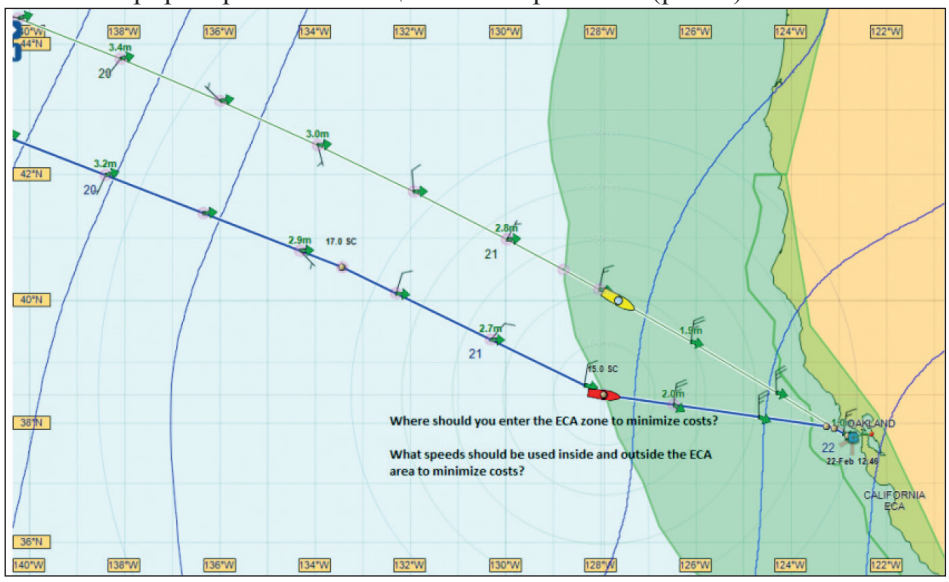

Рис. 5. Отображение текущей погоды и зон движения с использованием топлива с пониженным содержанием серы в программе Bon Voyage System

BVS предлагает алгоритм оптимизации движения по маршруту наряду с настройкой зависимости расхода топлива от скорости движения судна. Данная опция системы обеспечивает более точные оценки затрат на рейс. Для учета требований каждого конкретного рейса возможна установка ограничений по состоянию погоды и иных условий, оказывающих влияние на движение судна.

Из ранее изложенного следует, что построение маршрута осуществляется из перечня заранее выбранных компанией портов с выбором ключевых точек поворота или обхода препятствий на маршруте. В дальнейшем по предварительно выбранному маршруту осуществляется оптимизация перехода в зависимости от предпочтительного критерия: скорость, экономичность расхода топлива.

Однако для некоторых типов судов и переходов необходим более гибкий подход к выбору критериев перехода между безопасностью, скоростью и стоимостью с различным весом каждого из критериев в зависимости от ситуации. Выбор того, кому делегируется выбор приоритетов между представленными критериями, делится между перевозчиком-судовладельцем, капитаном и производителем программы в целях предотвращения опасных для перевозки маршрутов и ситуаций.

Система Ship Performance Optimisation System. Система погодной навигации планирования маршрутов Ship Performance Optimisation System (SPOS) нидерландской компании MeteoGroup

(http://www.meteogroup.com) со штаб-квартирой, расположенной в Лондоне, позволяет рассчитать оптимальный маршрут судна, учитывая состояние волнения, течений, ветра и других составляющих окружающей среды и характеристик судна (рис. 6) [12].

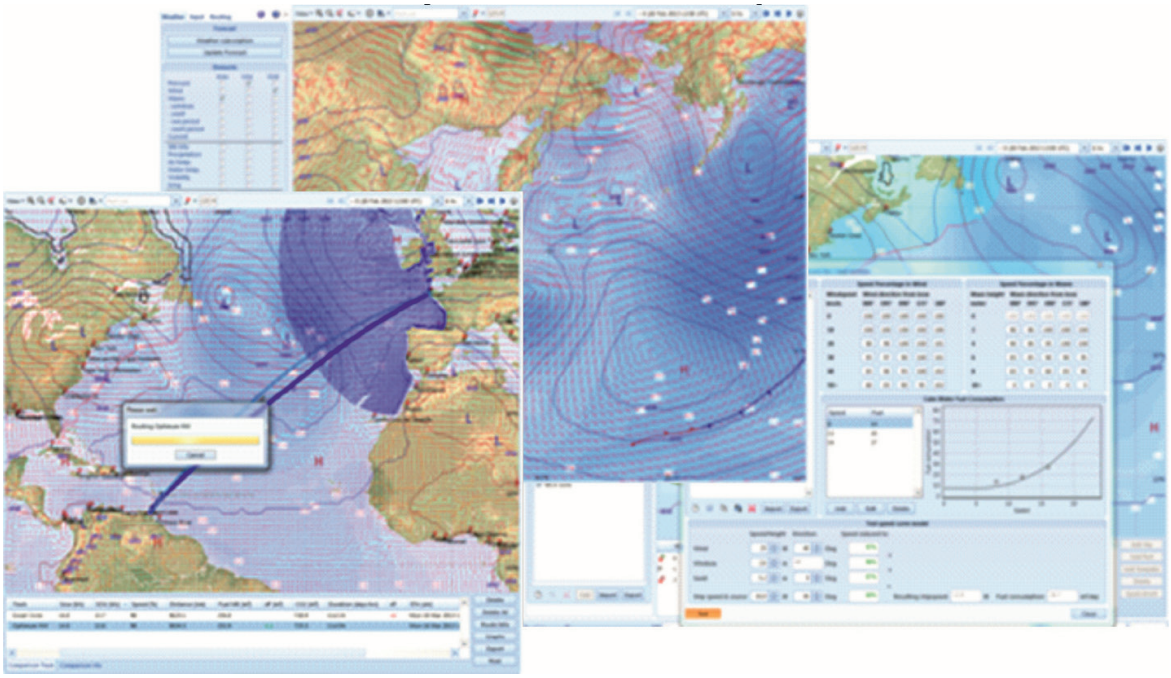

Рис. 6. Различные режимы системы SPOS

Данная система предоставляет на судно и постоянно обновляет в процессе движения по выбранному маршруту детальную информацию о состоянии погоды. Капитан и экипаж могут выбрать один из предложенных системой маршрутов и скорректировать его в процессе рейса. Маршрут обновляется каждый день с учетом последнего прогноза погоды.

Компания MeteoGroup позволяет осуществить интеграцию своего продукта в программное обеспечение основных мировых производителей электронно-картографических навигационных систем (ЭКНИС) и поставщиков навигационных карт, таких как PC Maritime с их продуктом Navmaster, компании Transas: NaviSailor, Global Navigation Solutions (GNS) с Voyager, Sperry Marine, Furuno и Адмиралтейство Великобритании в области e-Navigation.

Возможности системы позволяют передать данные спланированного в SPOS маршрута в ЭКНИС для осуществления безопасной и эффективной навигации вдоль запланированного маршрута. Предварительно капитан прокладывает маршрут в ЭКНИС и экспортирует его в папку SPOS. С использованием функционала SPOS, указав предпочтения по маршруту и ограничения по состоянию окружающей среды для судна, система предлагает ряд оптимальных маршрутов, из которых выбирается наиболее предпочтительный, экспортируемый затем в выбранный формат ЭКНИС. После этого маршрут загружается в судовую ЭКНИС для перепроверки и выполнения перехода.

Использование продукта SPOS позволяет отображать на экране ЭКНИС предлагаемый оптимальный маршрут и гидрометеорологическую обстановку. Комбинация SPOS и ЭКНИС, по заверениям компании позволяет наиболее эффективно использовать преимущества обеих этих систем для планирования оптимального маршрута.

Продукт компании MeteoGroup позволяет производить ежесуточный пересчет маршрута при получении обновленного прогноза погоды и предоставляет судоводителям обширные возможности по принятию решения о том, какой из предложенных маршрутов является предпочтительным. Такой подход в случае пересчета судоводителями маршрута после каждого обновления прогноза погоды добавляет субъективный подход экипажа к выбранному маршруту и необходимость манипуляций с файлами по импорту и экспорту информации между ЭКНИС и SPOS.

Система Commercial Marine Vessel Routing. Норвежская компания Jeppesen (http://ww1.jeppesen.com), являющаяся морским подразделением компании Boeing, предлагает ряд продуктов для оптимизации управления флотом компании и отдельными судами [15] – [17]. В частности, в качестве основного продукта система Commercial Marine Vessel Routing предлагает услуги по маршрутизации морских судов за счет точного моделирования движения судна с учетом окружающей обстановки (рис. 7).

Рис. 7. Построение маршрутов, анализ погоды и оптимизация рейсов компанией Jeppesen посредством услуги Commercial Marine Vessel Routing

Используемая информация постоянно обновляется и на основе динамически обновляемых данных осуществляется оптимизация маршрута. Прогноз погоды может достигать 15 дней. Для заказа услуги необходимо предоставить информацию о контактных данных лица, ответственного за переход на судне и в компании, типе и параметрах судна и груза, осадке, водоизмещении и скорости судна. Система Jeppesen строит оптимальный маршрут (рис. 8) на основе информации о порте отхода и предполагаемом времени отхода или текущих координатах судна, а также порте назначения и желательном времени прихода в порт назначения. Согласно утверждению компании Jeppesen, маршрут строится опытными морскими капитанами. Для корректировки и оптимизации оставшейся части маршрута заказчику достаточно раз в сутки сообщать в Jeppesen координаты судна.

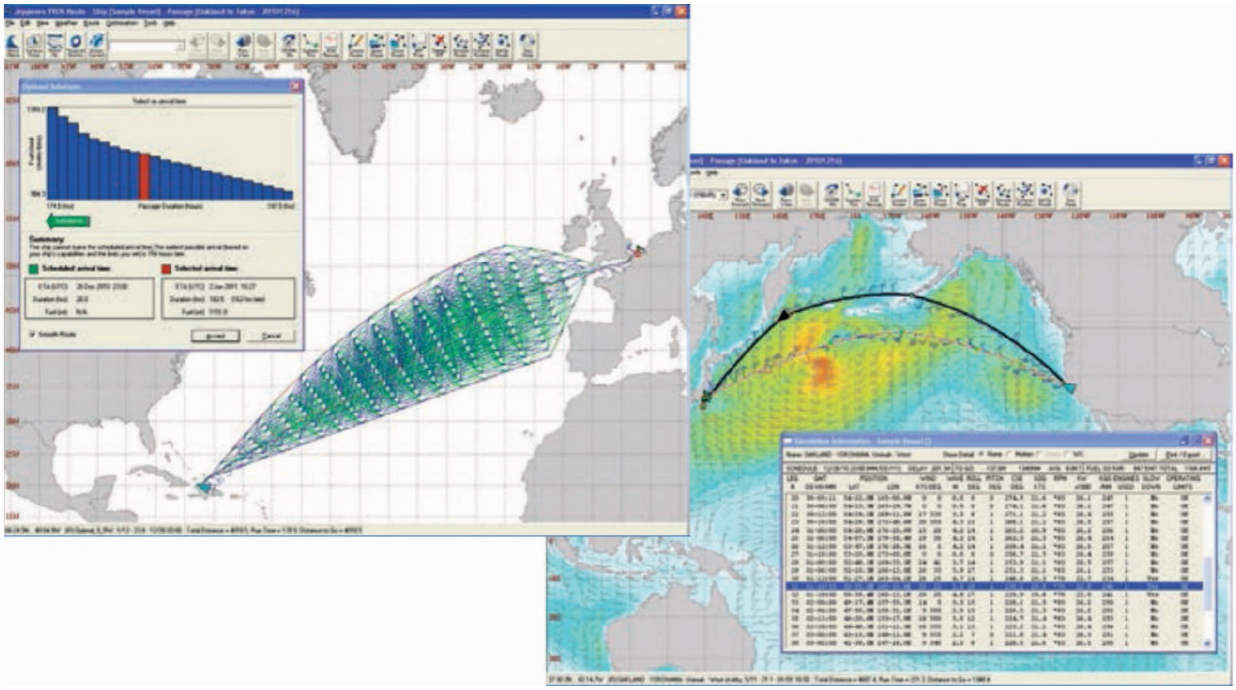

Рис. 8. Снимки экрана, приложения оптимизации движения судна и маршрутов VVOS от компании Jeppesen

Основные возможности приложения оптимизации движения судна и маршрутов VVOS от компании Jeppesen заключаются в автоматическом построении оптимизированных маршрутов. При этом пользователю предлагается выбрать компромиссный вариант между предполагаемым временем прибытия и расходом топлива, минимизацией скорости в целях экономии топлива для требуемого времени прибытия. Система Jeppesen на основе собственных моделей позволяет анализировать предлагаемые маршруты с учетом времени прихода, расхода топлива, дистанции, нагрузки на корпус, состояния моря и погодных условий. Составленные маршруты можно экспортировать в ЭКНИС, используя двадцать различных форматов. При наличии подписки на услуги Jeppesen возможна автоматизированная проверка глубин и иных навигационных опасностей. Интеграция с бортовыми системами электронной почты позволяет автоматически обновлять прогноз погоды.

Использование гидродинамического моделирования, алгоритмов оптимизации и прогнозов погоды с высоким разрешением позволяет системе VVOS анализировать модель движения судна, его двигателя и движителей и выдавать рекомендации по направлению движения и скорости, чтобы свести к минимуму повреждения судна, обусловленные тяжелыми погодными явлениями. Штурман может с помощью спутниковой связи в любое время загрузить последние прогнозы и заказать повторную оптимизацию маршрута.

Продукты компании Jeppesen предоставляют широкий перечень услуг по оптимизации маршрута. Участие опытных штурманов при планировании рейса, а также использование собственных математических моделей должно обеспечивать наилучшие варианты маршрута для судов, осуществляющих морские перевозки. Однако при прокладке сложных маршрутов, при наличии навигационных препятствий и обхода метеорологических фронтов влияние человеческого фактора может в некоторых случаях привести к нежелательным результатам. Для корректировки и пересчета маршрута в процессе движения необходима постоянная связь с компанией Jeppesen, а использование спутниковых прогнозов погоды в связи с ограничениями существующих в настоящее время спутниковых сканеров вносит дополнительную ошибку в оценку ситуации окружающей судно обстановки в районе плавания.

Сравнительная характеристика функционала систем навигации

На основе изложенной информации выполнено сравнение функционала рассмотренных в таблице систем маршрутизации судов.

Сравнение функций систем маршрутизации

Функции системы	Системы				
	Navi-Planner 4000	Passage Manager	Bon Voyage System	Ship Performance Optimisation System	Commercial Marine Vessel Routing
Предварительная прокладка от порта к порту	+	+	+	+	+
Автоматическая предварительная прокладка	+	–	–	–	+
Предварительна прокладка, выполняемая опытными штурманами	–	+	+	+	+
Контроль глубины под килем и просвета прохода под мостами	+	Нет данных	Нет данных	Нет данных	+
Проверка предварительной прокладки на предмет навигационных опасностей и информирование об обнаруженных опасностях	+	Нет данных	Нет данных	Нет данных	+

Окончание

Автоматический расчет опорных точек	+	–	–	–	+
Ввод опорных точек	–	+	+	+	+
Экспорт / импорт предварительной прокладки	+			+	+
Интеграция с системой ЭКНИС	+	+	–	+	+
Возможность получения онлайн корректуры бумажных карт и извещений	+	+	–	–	–
Создание плана перехода, от порта к порту и от причала до причала	+	+	+	+	+
Модель движения судна с учетом влияния окружающей среды	–	–	+	+	+
Точный прогноз потери скорости	–	–	+	+	+
Расчеты продолжительности рейса	–	–	+	+	+
Представление текущей погоды и течений вдоль маршрута	+	+	+	+	+
Автоматическая оптимизация маршрута судна	+	–	+	–	+

В зависимости от поставленных задач следует выбрать систему, которая наиболее полно выполнит поставленные задачи с учётом основных функций:

– Navi-Planner 4000 — погодная функциональность, заказ и обработка карт, оптимизация маршрута;

– Passage Manager — подбор и корректура электронных карт вдоль запланированного маршрута;

– Bon Voyage System — оптимизация морского рейса по погодным условиям;

– Ship Performance Optimisation System — погодная навигация планирования маршрутов;

– Commercial Marine Vessel Routing — автоматическое построение оптимизированных маршрутов.

Выводы

Анализ функциональных возможностей современных систем планирования маршрута показывает широкие возможности системы оптимизации маршрутов движения морских судов и позволяет сделать следующие выводы.

1. Рассмотренные в статье системы компаний ChartCo и Транзас за счет наличия собственной базы навигационных карт предпочтительны при планировании маршрутов, проходящих вдоль берегов или в районах с большим количеством навигационных опасностей. Наличие откорректированных карт позволяет избежать опасных для навигации мест и оказывает судоводителям неоценимую помощь в случае любого изменения маршрута. Предложение компании StormGeo и Jeppesen больше подходит для трансокеанских маршрутов, так как содержит обширный функционал по анализу гидрометеорологической обстановки на маршруте и его последующему учету при планировании маршрута.

2. Для использования систем планирования маршрута с максимальной эффективностью системам планирования маршрутов требуется подключение к серверу компании и обновление информации два раза в сутки или чаще. В этом случае выполняется обновление маршрута с учетом изменения навигационной и гидрометеорологической информации [24], [25].

3. В качестве дополнительных функций, которые можно включить в функционал систем планирования маршрутов, предлагается использовать современные возможности обработки информации, имеющей разные форматы и физический смысл, а также использовать для оптимизации движения судна дополнительные возможности современного судового навигационного оборудования. Так, использование математического аппарата нечеткой логики на основе экспертных оценок о различных факторах, влияющих на безопасную перевозку, позволит строить маршрут с различной степенью экономичности, скорости и минимально выбранным уровнем безопасности и комфорта, а также с большей точностью учитывать особенности судна [26] – [28]. Учет локальной информации о состоянии судна и окружающей его обстановке (дополнительно к данным прогноза погоды, получаемым с берега с периодичностью от 4 ч до 24 ч) позволит иметь более подробный прогноз и точнее учитывать влияние окружающей среды на судно при построении оптимального маршрута движения [29], [30].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пачурин Г. В.* Эффективный судовой электронный управляющий комплекс / Г. В. Пачурин, С. А. Васильев, М. Н. Ребрушкин // Фундаментальные исследования. — 2015. — № 2 – 19. — С. 4171–4177.

2. *Васильев С. А.* Устройства повышения эффективности и экологичности работы флота / С. А. Васильев, Г. В. Пачурин, М. С. Васильев // Безопасность и экология технологических процессов и производств: тезисы докл. Всерос. конф. (Ростовская обл., п. Персиановский, 23 – 25 мая 2007 г.). — С. 21–28.

3. *Baldauf M.* Potentials of e-Navigation – Enhanced Support for Collision Avoidance / M. Baldauf, K. Benedict, C. Kruger // TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. — 2014. — Vol. 8. — Nr. 4. — Pp. 613–617. DOI: 10.12716/1001.08.04.18.

4. *Burmeister H. C.* Interaction of Harsh Weather Operation and Collision Avoidance in Autonomous Navigation / H. C. Burmeister, W. C. Bruhn, L. Walthe // TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. — 2015. — Vol. 9. — Nr. 1. — Pp. 31–40. DOI: 10.12716/1001.09.01.04.

5. *Benedict K.* Simulation Augmented Manoeuvring Design and Monitoring – a New Method for Advanced Ship Handling / K. Benedict, M. Kirchhoff, M. Gluch, S. Fischer, M. Schaub // TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. — 2014. — Vol. 8. — Nr 1. — Pp. 131–141. DOI: 10.12716/1001.08.01.15.

6. *Baldauf M.* Energy-efficient Ship Operation – Training Requirements and Challenges / M. Baldauf, R. Baumler, A. Olcer, T. Nakazawa, K. Benedict, S. Fischer, M. Schaub // TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. — 2013. — Vol. 7. — Nr 2. — Pp. 283–290. DOI: 10.12716/1001.07.02.16.

7. *Каретников В. В.* Основные аспекты использования современных инфокоммуникационных технологий для обеспечения беспилотного судовождения на водном транспорте / В. В. Каретников, И. В. Пащенко, А. И. Зайцев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 1 (35). — С. 170–179. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-1-170-179.

8. *Зайцев А. И.* «MARINET» — научный морской сегмент национальной технологической инициативы / А. И. Зайцев // Флотэксперт. — 2015. — № 6. — С. 14–15.

9. *Булах Е. Г.* Современное состояние отечественных электронных картографических систем / Е. Г. Булах // Научные труды Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета. — 2015. — Т. 35. — С. 66–73.

10. *Kasyk L.* An analysis of discrepancies in search areas in a diagram of an expanding square search / L. Kasyk, K. Pleskacz, G. Bugajski // Zeszyty Naukowe/Akademia Morska w Szczecinie. — 2016. — No 45 (117). — Pp. 94–98. DOI: 10.17402/091.

11. *Brindusa C.* Ship-board weather routing systems / C. Brindusa // *Universitatii Maritime Constanta. Analele*. — 2014. — Vol. 15. — № 21. — С. 45–48.

12. *Wisniewski B.* Comparison of ship performance optimization systems and the bon voyage onboard routing system / B. Wisniewski, M. Szymanski // 47 Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin. — 2016. — No. 47. — Pp. 106–115. DOI: 10.17402/156.

13. *Szymanski M.* Navigational and legislative constraints for optimization of ocean routes in the Northern Pacific Ocean / M. Szymanski, B. Wisniewski // 48 Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin. — 2016. — No. 48. — Pp. 96–104. DOI: 10.17402/182.

14. *Szymanski M.* Application of Bon Voyage 7.0 (AWT) to programming of an ocean route of post-Panamax container vessel in transpacific voyage Seattle – Pusan 26.08.2015, 1600UTC – 05.09.2015, 2100UTC / Maciej Szymański, Bernard Wiśniewski // 48 Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin. — 2016. — No. 48. — Pp. 182–186. DOI: 10.17402/193.

15. *Huntington H. P.* Vessels, risks, and rules: planning for safe shipping inbering strait / H. P. Huntington, R. Daniel, A. Hartsig, K. Harun, M. Heiman, R. Meehan, G. Noongwook, L. Pearson, M. Prior-Parks, M. Robards, G. Stetson // Marine Policy. — 2015. — Vol. 51. — Pp. 119–127. DOI: 10.1016/j.marpol.2014.07.027.

16. *Ronen D.* Marine inventory routing: shipments planning / D. Ronen // Journal of the Operational Research Society. — 2002. — Vol. 53. — Is. 1. — Pp. 108–114. DOI: 10.1057/palgrave.jors.2601264.

17. *Halvorsen-Weare E. E.* Routing and scheduling in a liquefied natural gas shipping problem with inventory and berth constraints / E. E. Halvorsen-Weare, K. Fagerholt // Annals of Operations Research. — 2013. — Vol. 203. — Is. 1. — Pp. 167–186. DOI: 10.1007/s10479-010-0794-y.

18. *Кирсанов М. Н.* Анализ алгоритмов выбора оптимальных маршрутов группы судов / М. Н. Кирсанов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 2 (36). — С. 183–190. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-2-183-190.

19. *Kobayashi E.* Advanced Navigation Route Optimization for an Oceangoing Vessel / E. Kobayashi, T. Asajima, N. Sueyoshi // International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. — 2011. — Vol. 5. — № 3. — Pp. 377–383.

20. *Romeo B.* Weather and oceanographic influence on the maritime navigation / B. Romeo, S. Ionut-Cristian // *Universitatii Maritime Constanta. Analele*. — 2014. — Vol. 15. — № 21. — Pp. 29–34.

21. *Вагущенко Л. Л.* Судовые навигационно-информационные системы / Л. Л. Вагущенко. — Одесса: Феникс, 2004. — 302 с.

22. Руководство по Всемирной геодезической системе-1984 (WGS-84) / ред. ИКАО. — Канада, Квебек: ИКАО, 2002. — 149 с.

23. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года (ПДМНВ-78) с поправками (консолидированный текст). — СПб., 2010. — 806 с.

24. *Акмайкин Д. А.* Проект системы оперативного анализа и оптимизации движения морских судов / Д. А. Акмайкин, С. Ф. Клюева, П. А. Салюк // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 1 (29). — С. 229–236.

25. *Акмайкин Д. А.* Формирование модели экспертной системы оценки безопасности движения судна / Д. А. Акмайкин, С. Ф. Клюева, А. Д. Москаленко, М. А. Москаленко // Транспортное дело России. — 2015. — № 6. — С. 203–206.

26. *Акмайкин Д. А.* Повышение безопасности мореплавания на парусных прогулочных судах с помощью программно-аппаратных средств / Д. А. Акмайкин, В. В. Ярощук, Д. А. Бушко // Наука и техника транспорта. — 2012. — № 2. — С. 23–31.

27. *Акмайкин Д. А.* Оптимизация пути движения парусного судна с учетом ветроволнового прогноза по маршруту следования / Д. А. Акмайкин, В. В. Ярощук, П. К. Назаренко, Д. С. Нечепуренко // Транспортное дело России. — 2014. — № 4. — С. 17–20.

28. *Akmaykin D. A.* “Optimization of the search algorithm for the shortest route / D. A. Akmaykin, S. F. Klyueva, O. A. Bukin, P. A. Salyuk // “Stability and Control Processes” in Memory of VI Zubov (SCP), 2015 International Conference. — IEEE, 2015. — Pp. 545–548.

29. *Акмайкин Д. А.* Обработка радиолокационной информации программно-аппаратными средствами / Д. А. Акмайкин, Д. Б. Хоменко, Д. В. Клюев, Е. Н. Фалина // Автоматизация процессов управления. — 2012. — № 4. — С. 62–66.

30. *Лоскутов Н. В.* Некоторые аспекты обработки радиолокационной информации в системах управления движением судов / Н. В. Лоскутов, Д. А. Акмайкин // Сб. докладов XIII Междунар. конф. «Радиолокация, навигация и связь». — Воронеж, 2007. — С. 1731–1740.

REFERENCES

1. Pachurin, G. V., S. A. Vasilev, and M. N. Rebrushkin. “Efficiency of courts electronic control complex.” *Fundamental research* 2-19 (2015): 4171–4177.

2. Vasil’ev, S. A., G. V. Pachurin, and M. S. Vasil’ev. “Ustroistva povysheniya effektivnosti i ekologichnosti raboty flota.” *Bezopasnost’ i ekologiya tekhnologicheskikh protsessov i proizvodstv: tezisy dokl. Vseros. konf. (Rostovskaya oblast’, p. Persianovskii, 23-25 maya 2007 g.)*: 21–28.

3. Baldauf, M., K. Benedict, and C. Krüger. "Potentials of e-Navigation–Enhanced Support for Collision Avoidance." *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* 8.4 (2014): 613–617. DOI: 10.12716/1001.08.04.18.

4. Burmeister, H-C., W. C. Bruhn, and L. Walther. "Interaction of harsh weather operation and collision avoidance in autonomous navigation." *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* 9.1 (2015): 31–40. DOI: 10.12716/1001.09.01.04.

5. Benedict, K., M. Kirchhoff, M. Gluch, S. Fischer, and M. Schaub. "Simulation Augmented Manoeuvring Design and Monitoring–a New Method for Advanced Ship Handling." *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* 8.1 (2014): 131–141. DOI: 10.12716/1001.08.01.15.

6. Baldauf, Michael, R. Baumler, A. Olcer, T. Nakazawa, K. Benedict, S. Fischer, and M. Schaub. "Energy-efficient Ship Operation–Training Requirements and Challenges." *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* 7.2 (2013): 283–290. DOI: 10.12716/1001.07.02.16.

7. Karetnikov, V. V., I. V. Pashchenko, and A. I. Zaytsev. "Highlights of use modern information and communication technologies to provide unmanned navigation on water transport." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 1(35) (2016): 170–179. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-1-170-179.

8. Zaitsev, A. I. "MARINET" – nauchnyj morskoj segment nacional'noj tehnologicheskoj iniciativy." *Flotjekspert* 6 (2015): 14–15.

9. Bulakh, E. G. "Current state of domestic electronic cartographical systems." *Nauchnye trudy Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo rybokhozyaistvennogo universiteta* 35 (2015): 66–73.

10. Kasyk, Lech, Krzysztof Pleskacz, and Grzegorz Bugajski. "An analysis of discrepancies in search areas in a diagram of an expanding square search." *Zeszyty Naukowe/Akademia Morska w Szczecinie* 45(117) (2016): 94–98. DOI: 10.17402/091.

11. Brindusa, Chiotoroiu. "Ship-board weather routing systems." *Universitatii Maritime Constanta. Analele* 15.21 (2014): 45–48.

12. Wiśniewski, Bernard, and Maciej Szymański. "Comparison of ship performance optimization systems and the bon voyage onboard routing system." *47 Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin* 47 (2016): 106–115. DOI: 10.17402/156.

13. Szymański, Maciej, and Bernard Wiśniewski. "Navigational and legislative constraints for optimization of ocean routes in the Northern Pacific Ocean." *48 Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin* 48 (2016): 96-104. DOI: 10.17402/182.

14. Szymański, Maciej, and Bernard Wiśniewski. "Application of Bon Voyage 7.0 (AWT) to programming of an ocean route of post-Panamax container vessel in transpacific voyage Seattle–Pusan 26.08. 2015, 1600UTC–05.09. 2015, 2100UTC." *48 Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin* 48 (2016): 182-186. DOI: 10.17402/193.

15. Huntington, Henry P., Raychelle Daniel, Andrew Hartsig, Kevin Harun, Marilyn Heiman, Rosa Meehan, George Noongwook, Leslie Pearson, Melissa Prior-Parks, Martin Robards, and George Stetson. "Vessels, risks, and rules: Planning for safe shipping in Bering Strait." *Marine Policy* 51 (2015): 119–127. DOI: 10.1016/j.marpol.2014.07.027.

16. Ronen, David. "Marine inventory routing: Shipments planning." *Journal of the Operational Research Society* 53.1 (2002): 108–114. DOI: 10.1057/palgrave.jors.2601264.

17. Halvorsen-Weare, Elin E., and Kjetil Fagerholt. "Routing and scheduling in a liquefied natural gas shipping problem with inventory and berth constraints." *Annals of Operations Research* 203.1 (2013): 167–186. DOI: 10.1007/s10479-010-0794-y.

18. Kirsanov, Mihail Nikolaevich. "Analysis of algorithms for the selection of optimal routes the group's vessels." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 2(36) (2016): 183–190. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-2-183-190.

19. Kobayashi, E., T. Asajima, and N. Sueyoshi. "Advanced Navigation Route Optimization for an Oceangoing Vessel." *International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* 5.3 (2011): 377–383.

20. Romeo, Bosneagu, and Scurtu Ionut-Cristian. "Weather and Oceanographic Influence on the Maritime Navigation." *Universitatii Maritime Constanta. Analele* 15.21 (2014): 29–34.

21. Vagushchenko, L. L. *Sudovye navigatsionno-informatsionnye sistemy*. Odessa: Feniks, 2004.

22. *Rukovodstvo po Vsemirnoi geodezicheskoi sisteme - 1984 (WGS-84)*. Kanada, Kvebek: IKAO, 2002.

23. *International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978 (STCW 1978), as amended (consolidated text)*. SPb.: AO "CNIIMF", 2010.

24. Akmaykin, Denis Aleksandrovich, Svetlana Fedorovna Klyueva, and Pavel Anatolievich Salyuk. "Operational system design analysis and optimization of maritime traffic." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 1(29) (2015): 229–236.

25. Akmaykin, D., S. Klyueva, A. Moskalenko, and M. Moskalenko. "Creation of assessment of maritime safety expert system model." *Transport business of Russia* 6 (2015): 203–206.

26. Akmaykin, D. A., V. V. Yaroshchuk, and D. A. Bushko. "Increasing of safety of navigation on sailing pleasure vessels by means of software and hardware." *Science and Technolody in Transport* 2 (2012): 23–31.

27. Akmaykin, D., V. Yaroschuk, P. Nazarenko, and D. Nechepurenko. "Optimization of the sailing ship path windchill-wave forecast along the route." *Transport business of Russia* 4 (2014): 17–20.

28. Akmaykin, Denis A., S. F. Klyueva, O. A. Bukin, and P. A. Salyuk. "Optimization of the search algorithm for the shortest route." *"Stability and Control Processes" in Memory of VI Zubov (SCP), 2015 International Conference*. IEEE, 2015: 545–548.

29. Akmaykin, D. A., D. B. Khomenko, D. V. Kluev, and E. S. Falina. "Processing of Radar Data by Softwareand Hardware Facilities." *Automation of Control Processes* 4 (2012): 62–66.

30. Loskutov, N. V., and D. A. Akmaikin. "Nekotorye aspekty obrabotki radiolokatsionnoi informatsii v sistemakh upravleniya dvizheniem sudov." *Sbornik dokladov KhIII Mezhdunarodnoi konferentsii «Radiolokatsiya, navigatsiya i svyaz'»*. Voronezh, 2007: 1731–1740.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Акмайкин Денис Александрович —
кандидат физико-математических наук, доцент.
Морской государственный университет
имени адмирала Г. И. Невельского
690003, Российская Федерация, Владивосток,
ул. Верхнепортовая, 50а
e-mail: *akmaykin@msun.ru*

Хоменко Дмитрий Борисович —
кандидат технических наук
Морской государственный университет
имени адмирала Г. И. Невельского
690003, Российская Федерация, Владивосток,
ул. Верхнепортовая, 50а
e-mail: *khomenkodmitriy.b@gmail.com*

Клюева Светлана Федоровна —
кандидат технических наук.
Морской государственный университет
имени адмирала Г. И. Невельского
690003, Российская Федерация, Владивосток,
ул. Верхнепортовая, 50а
e-mail: *klsvetlkl@gmail.com*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Akmaykin, Denis A. —
PhD, associate professor
Maritime State University named
after admiral G. I. Nevelskoi
50a Verkhneportovaya Str.,
Vladivostok, 690003, Russian Federation
e-mail: *akmaykin@msun.ru*

Khomenko, Dmitry B. —
PhD
Maritime State University named
after admiral G. I. Nevelskoi
50a Verkhneportovaya Str., Vladivostok,
690003, Russian Federation
e-mail: *khomenkodmitriy.b@gmail.com*

Klueva, Svetlana F. —
PhD
Maritime State University named
after admiral G. I. Nevelskoi
50a Verkhneportovaya Str., Vladivostok,
690003, Russian Federation
e-mail: *klueva@msun.ru*

Статья поступила в редакцию 23 декабря 2016 г.
Received: December 23, 2016.