

TEST RESULTS OF THE SHORE SYSTEM FOR OPTIMIZING MARINE VESSEL TRAFFIC

D. A. Akmaykin

Maritime state University named after admiral G. I. Nevelskoy, Vladivostok, Russia

The article presents the results of research a prototype of a coastal software and hardware complex, which calculate optimal routes. The purpose of the article is to analyze the quality of the calculated routes depending on the effect of meteorological conditions in the navigation area. The routes plotted using the created prototype of the coastal software complex, which use information from ships and satellites allows creating and adjusting the optimal route of the vessel in the process of seaway. The analysis carried out on base of actual voyages of ships from the port of Vladivostok to the port of Magadan and Petropavlovsk-Kamchatsky. Geographic, real and meteorological (proposed by the complex) routes were compared in article. An analysis was carried out of the effect of the speed and direction of the surface wind, the speed and direction of surface sea currents and the parameters of sea waves (wave height, direction of propagation and period) on the ship's motion. In the article, was estimated the calculated and actual speed of the vessel. The presented coastal hardware and software complex calculated meteorological models of the selected in article ships, which point to the change in their speed and course depending on the surrounding hydrometeorological conditions and ship's parameters. The analysis result showed the inverse dependence of the effect of surface wind and sea waves on the ships speed and the direct dependence on its draft. It is give information that the change in course significantly affects the speed, slowing down it. The complex offers route options with the required track angle, compensating for the ships drift, thereby providing more favorable traffic conditions. The proposed mathematical models allow us to estimate the approximate time of the ship's routes along alternative routes. The article shows that the complex offers route options that allow saving about 2–3 % of the total route time, which for the routes research in the article, is 2–4 hours.

Keywords: meteorological route, geographical route, optimal route, hardware and software complex, surface wind, sea waves, current

For citation:

Akmaykin, Denis A. "Test results of the shore system for optimizing marine vessel traffic" *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 16.6 (2024): 874–884. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-6-874-884.

УДК: 656.61.052

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ БЕРЕГОВОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ МОРСКИХ СУДОВ

Д. А. Акмайкин

Морской государственный университет им. адм. Г. И. Невельского,
г. Владивосток, Россия

В статье представлены результаты испытаний опытного образца берегового программно-аппаратного комплекса, который позволяет строить оптимальные маршруты. Целью исследования является анализ построенных маршрутов в зависимости от влияния метеорологических условий в районе плавания. Маршруты строились с помощью созданного прототипа берегового программного комплекса, предназначенного для обработки гидрометеорологической информации с судов и метеоспутников и позволяющего создавать и корректировать оптимальный маршрут судна в процессе движения. Анализ проводился на основе фактических рейсов судов из порта Владивосток в порт Магадан, Петропавловск-Камчатский. Было выполнено сравнение кратчайших (географических) фактических маршрутов судов в рассматриваемых в исследовании рейсах и метеорологических (предложенных комплексом). В процессе анализа было определено влияние скорости и направления приповерхностного ветра, скорости и направления поверхностных морских течений и параметров морского волнения (высота волн, направление распространения и период) на движение судов. Береговым программно-аппаратным комплексом были построены метеомодели рас-

сма триваемых судов, показывающие изменение их скорости и курса в зависимости от окружающих гидрометеорологических условий и собственных параметров судна. Результат анализа показал, что береговой программно-аппаратный комплекс строит модели, подтверждающие известные зависимости влияния приповерхностного ветра и морских волн на скорость судна, при этом определяя конкретное значение изменения курса и скорости судна в зависимости от значений гидрометеорологических параметров. Показано, что построенная метеомодель судна рассчитывает изменение скорости движения при изменении курса. Также комплекс предлагает варианты маршрутов с путевым углом, компенсирующим дрейф судна. Предлагаемые математические модели позволяют оценить примерное время прохождения судна по альтернативным маршрутам. В статье показано, что комплекс предлагает варианты маршрутов, позволяющие сэкономить около 2–3 % от общего времени прохождения, что для изучаемых в статье маршрутов составляет 2–4 ч.

Ключевые слова: метеорологический маршрут, географический маршрут, оптимальный маршрут, программно-аппаратный комплекс, приповерхностный ветер, морское волнение, течение.

Для цитирования:

Акмайкин Д. А. Результаты испытаний береговой системы для оптимизации движения морских судов / Д. А. Акмайкин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2024. — Т. 16. — № 6. — С. 874–884. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-6-874-884.

Введение (Introduction)

В настоящее время при планировании судовых маршрутов существуют различные методики, реализованные производителями судового навигационного оборудования в виде судовых и береговых систем планирования маршрутов, информация в которых обрабатывается на основе современных информационных технологий, использующих большие возможности компьютерной техники [1]–[4]. Системы планирования маршрутов разных производителей имеют некоторые преимущества одних по сравнению с другими для различных типов маршрутов [5]. Однако при прокладке сложных маршрутов практически все рассмотренные системы требуют участия оператора для выбора опорных точек планируемого маршрута. Спланированный маршрут включает в себя с точки зрения длительности прогнозов: стратегическое (долгосрочное) планирование; краткосрочное планирование, основанное на текущей и прогнозной информации; тактическое планирование, направленное на оперативное управление движением судна по маршруту [6].

На базе Морского государственного университета им. адм. Г. И. Невельского в рамках выполнения НИОКР № Госрегистрации АААА–А17–117020210014–9 «Разработка системы автоматической навигации морских подвижных объектов на основе оперативного анализа судовых, спутниковых и береговых данных» был создан прототип берегового программного комплекса для обработки информации, поступающей с судна и со спутников, позволяющий создавать и корректировать в режиме on-line оптимальный маршрут морского судна.

Целью исследования является построение маршрутов морских судов в зависимости от влияния метеорологических условий в районе плавания и анализ их эффективности по сравнению с маршрутами, построенными классическими методами.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Построение маршрутов с помощью программно-аппаратного комплекса (Route calculation using a hardware and software complex). Были проведены испытания берегового программно-аппаратного комплекса (ПАК) для автоматического построения кратчайших географических, а также оптимальных метеорологических маршрутов.

Географический маршрут — такой маршрут, для которого расстояние между точками старта и финиша будет минимальным с учетом огибания запрещенных для плавания зон и удовлетворения минимальным требованиям безопасности.

Метеорологический маршрут — наиболее оптимальный маршрут с точки зрения времени его прохождения или общего расхода топлива, построенный с учетом прогнозного гидрометеорологического воздействия на судно и ограничений по безопасности мореплавания: критических параметров морского волнения и приповерхностного ветра, допустимой глубины под килем, допустимого расстояния до критической глубины.

Для проведения испытаний по договоренности с судоходной компанией FESCO [7] была предоставлена информация о маршрутах с трех рейсов на трех разных судах, выполненных в июле–августе 2016 г.:

1. Маршрут Владивосток — Петропавловск-Камчатский на судне «ФЕСКО Наварин», выполненный с 24 по 29 июля 2016 г. (рис. 1).

2. Маршрут Владивосток — Петропавловск-Камчатский на судне «ФЕСКО Новик», выполненный с 1 по 5 августа 2016 г. (рис. 2).

3. Маршрут Магадан — Владивосток на судне «ФЕСКО Посыет», выполненный с 12 по 18 августа 2016 г. (рис. 3).

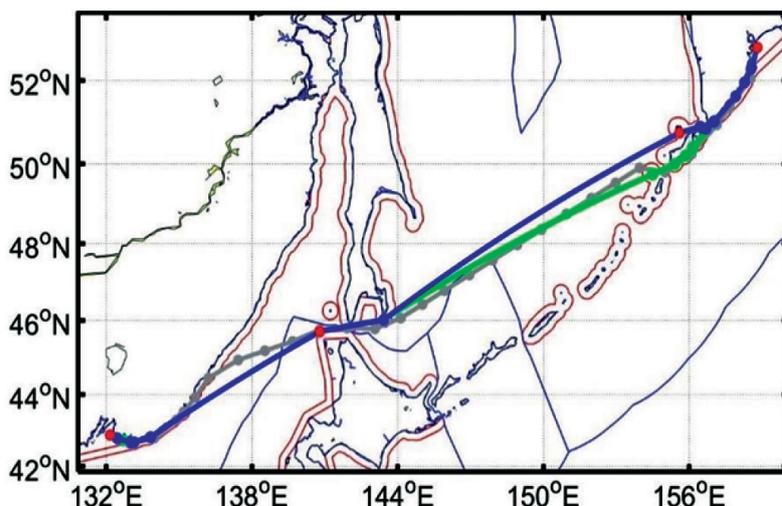


Рис. 1. Маршрут № 1 судна «ФЕСКО Наварин», Владивосток — Петропавловск-Камчатский с 24 по 29 июля 2016 г.: зеленый цвет — географический маршрут, рассчитанный с помощью берегового ПАК и проложенный через Четвертый Курильский пролив; синий цвет — географический маршрут, рассчитанный с помощью берегового ПАК и проложенный через Первый Курильский пролив; серый цвет — фактический маршрут судна

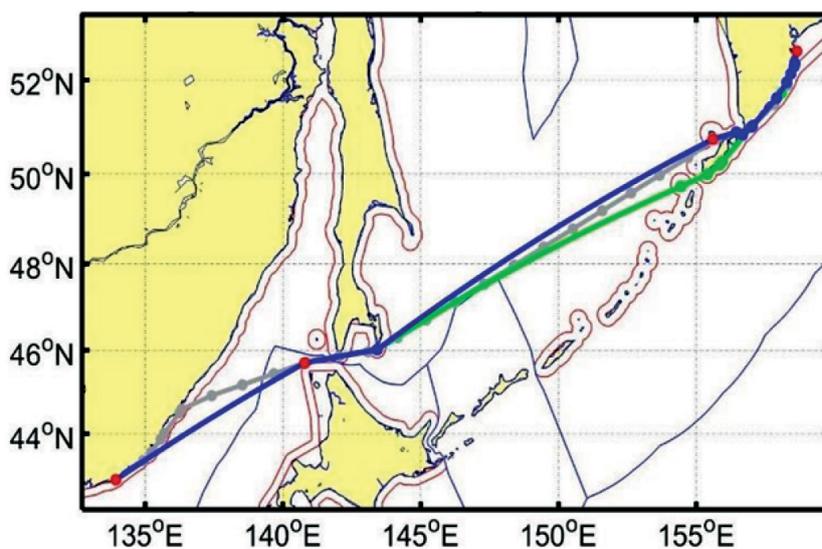


Рис. 2. Маршрут № 2 судна «ФЕСКО Новик», Владивосток — Петропавловск-Камчатский с 1 по 5 августа 2016 г.: серый цвет — фактический маршрут судна; зеленый цвет — географический маршрут, рассчитанный с помощью берегового ПАК и проложенный через Четвертый Курильский пролив; синий цвет — географический маршрут, рассчитанный с помощью берегового ПАК и проложенный через Первый Курильский пролив

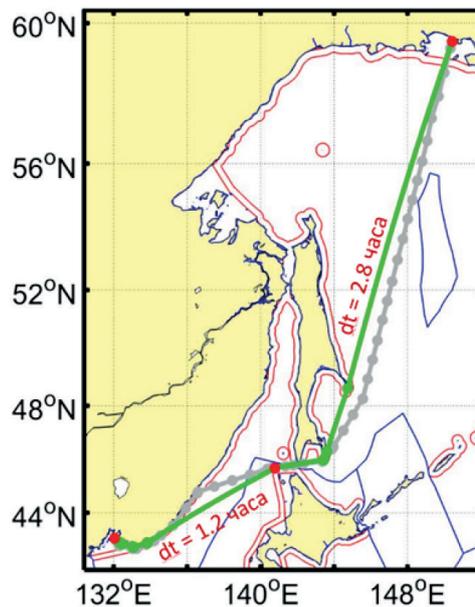


Рис. 3. Маршрут № 3 судна «ФЕСКО Посъет», Владивосток — Магадан с 12 по 18 августа 2016 г.: серый цвет — фактический маршрут судна; зеленый цвет — географический маршрут, рассчитанный с помощью берегового ПАК

Для каждого из представленных маршрутов с помощью берегового ПАК были рассчитаны альтернативные маршруты по алгоритму «географический маршрут» (отмечены зеленым или синим цветом на рис. 1–3), где в качестве входных параметров были использованы значения максимальной осадки судна, регистрируемые в ходе каждого из рейсов.

Географический маршрут является кратчайшим маршрутом, но это не гарантирует того, что он будет оптимален по времени прохождения за счет разного влияния гидрометеорологических условий [8]–[11]. Для того чтобы оценить время прохождения по альтернативным маршрутам, была дана оценка степени гидрометеорологического воздействия на скорость судна. С этой целью для каждого из представленных рейсов была разработана индивидуальная метеомодель, в которой коэффициенты подбирались таким образом, чтобы совпадали фактическая и расчетная скорость судна.

Значения скорости и направления приповерхностного ветра, скорости и направления поверхностных морских течений и параметры морского волнения (высота волн, направление распространения и период) были получены из базы реанализа данных NOMADS [12]. Пространственное разрешение данных составило 1/4 град для параметров ветра, 1/12 град для параметров течений и 1/2 град для параметров волнения. Пользуясь данной информацией, можно выполнить анализ предлагаемых комплексом маршрутов.

Анализ влияния метеорологических условий на построенные маршруты (Analysis of the influence of meteorological conditions on the plotted routes). Одним из недостатков предоставленных судовых данных является их сильная разреженность по времени измерений. Данные представляют собой оцифровку стандартного судового журнала, в котором информация записывается каждые 4 ч или при совершении маневров.

На рис. 4–6 показаны:

- поле морского волнения и соответствующие расчетные изменения скорости судна (рис. 4, а, 5, а, 6, а);
- поле поверхностных течений и соответствующие расчетные изменения скорости судна (рис. 4, б, 5, б, 6, б);

- поле приповерхностного ветра и соответствующие расчетные изменения скорости судна (рис. 4, в, 5, в, 6, в);
- сравнительный анализ фактических и расчетных скоростей судна при подобранной метеомодели соответствующего судна (рис. 4, з, 5, з, 6, з).

Отдельные выбросы на графике 4, з для судна «ФЕСКО Наварин» могут быть вызваны изменениями фактической скорости судна, не связанными с гидрометеорологическими причинами. В остальном совпадения между фактической и расчетной скоростью для судна «ФЕСКО Наварин» являются наилучшими.

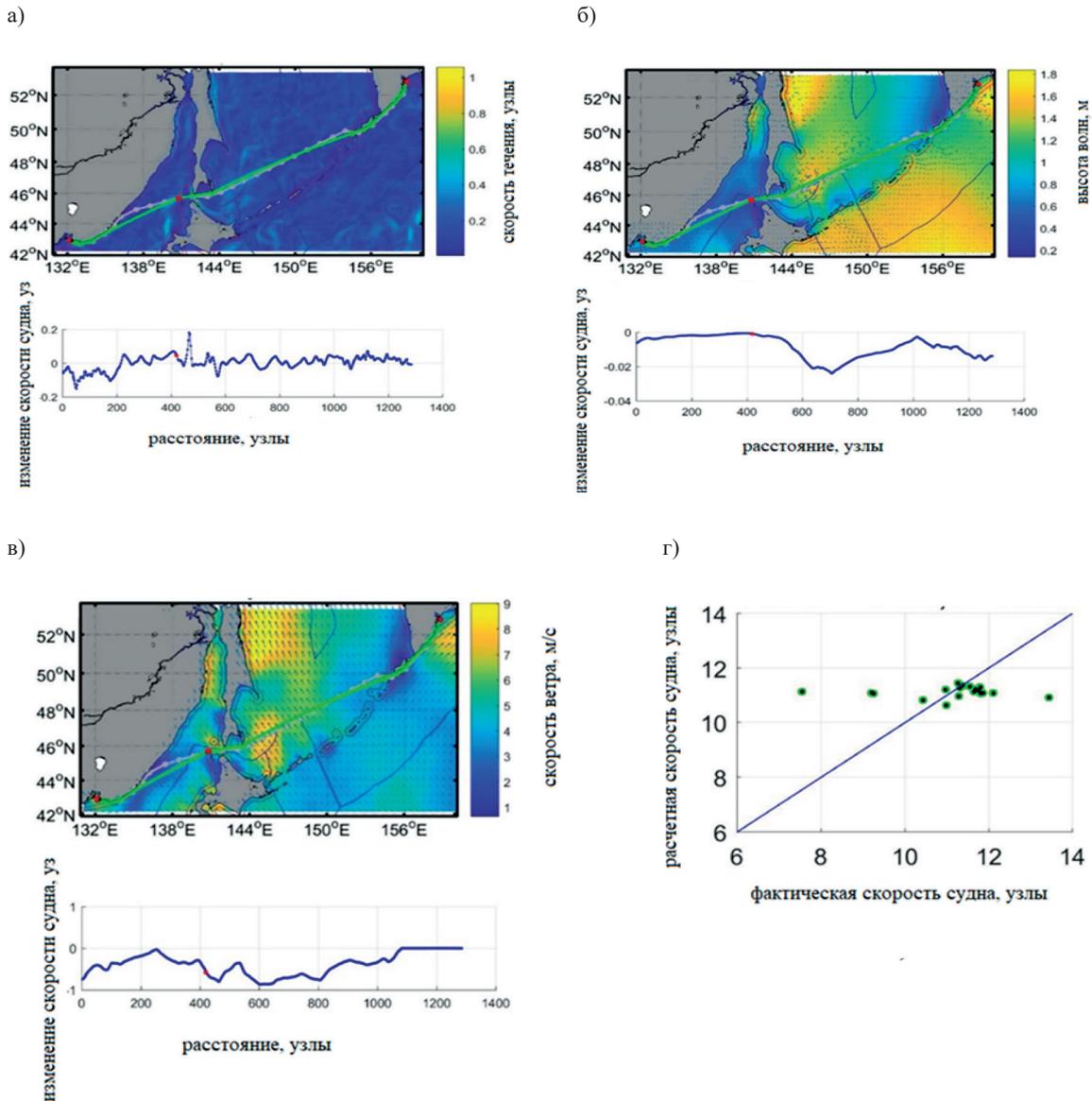


Рис. 4. Анализ гидрометеорологического воздействия на судно «ФЕСКО Наварин» вдоль маршрута № 1

Для судна «ФЕСКО Новик» предоставленных данных оказалось недостаточно для того, чтобы построить корректную метеорологическую модель (см. рис. 5, з). Этот недостаток можно устранить, используя либо автоматически записываемые судовые данные с интервалом не более 5 мин, либо информацию, полученную с большего количества рейсов, для накопления статистики поведения судна при различных комбинациях гидрометеорологического воздействия. Приемлемые результаты также получены для судна «ФЕСКО Посьет» (рис. 6, з).

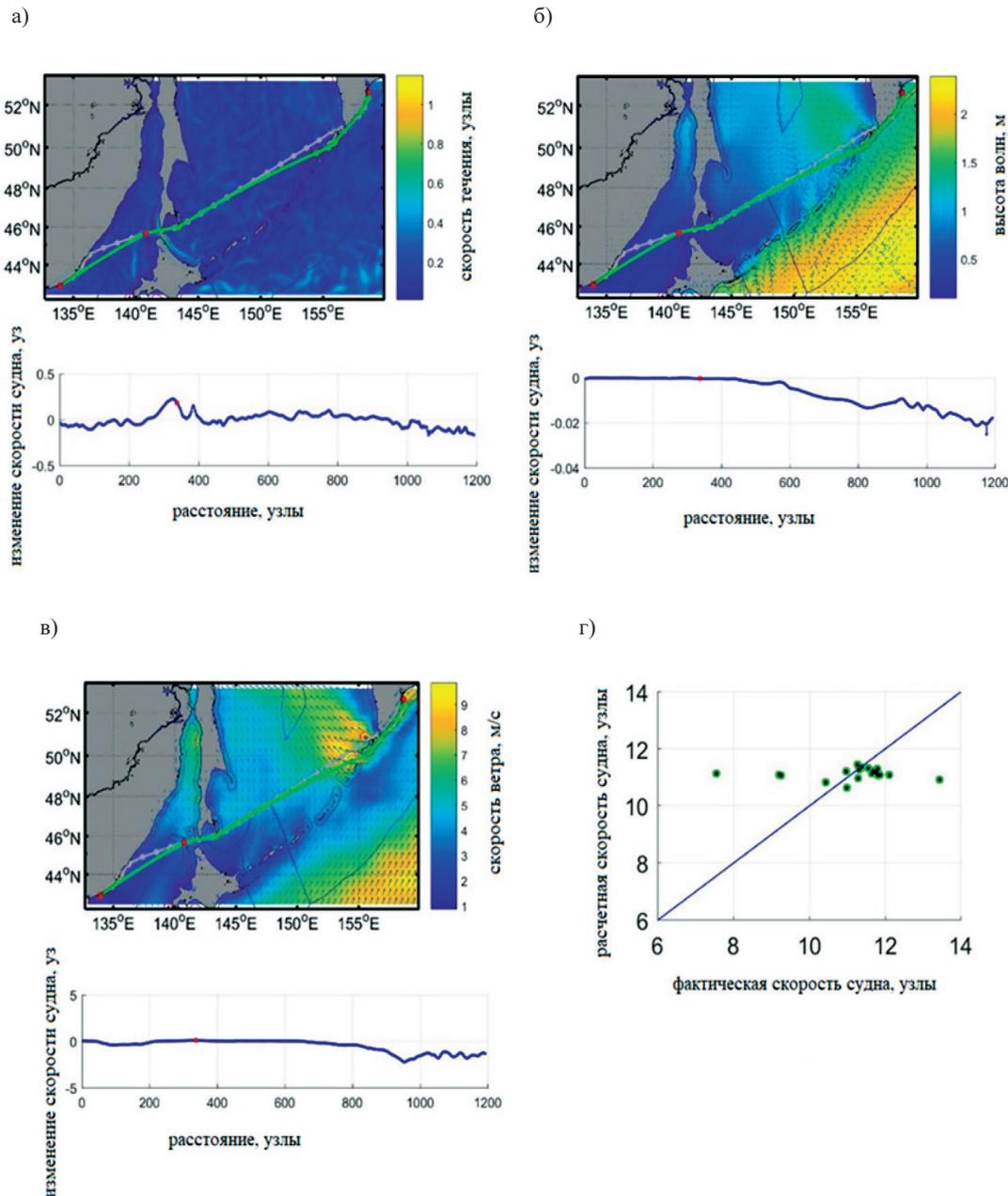


Рис. 5. Анализ гидрометеорологического воздействия на судно «ФЕСКО Новик» вдоль маршрута № 2

На рис. 7–9 показан пример работы метеомодели для судна «ФЕСКО Посыет» с заданной скоростью 10 уз и курсом 30 град:

- изменение скорости судна в % и путевого угла в градусах в зависимости от изначального курса судна и при прочих равных условиях (рис. 7, а, 9, а);
- изменение скорости судна в зависимости от изначальной скорости судна при различных значениях осадки судна и при прочих равных условиях (рис. 7, б, 9, б);
- изменение скорости судна в зависимости от скорости ветра при различных значениях изначальной скорости судна и при прочих равных условиях (рис. 7, в);
- изменение скорости судна в зависимости от высоты волны при различных значениях изначальной скорости судна и при прочих равных условиях (рис. 8, в);
- изменение скорости судна в зависимости от скорости течения при различных значениях изначальной скорости судна и при прочих равных условиях (рис. 9, в);

- изменение путевого угла судна в зависимости от скорости ветра при различных значениях изначальной скорости судна и при прочих равных условиях (рис. 7, з);
- изменение скорости судна в зависимости от периода волнения при различных значениях изначальной скорости судна и при прочих равных условиях (рис. 8, з);
- изменение путевого угла судна в зависимости от скорости течения при различных значениях изначальной скорости судна и прочих равных условиях (рис. 9, з).

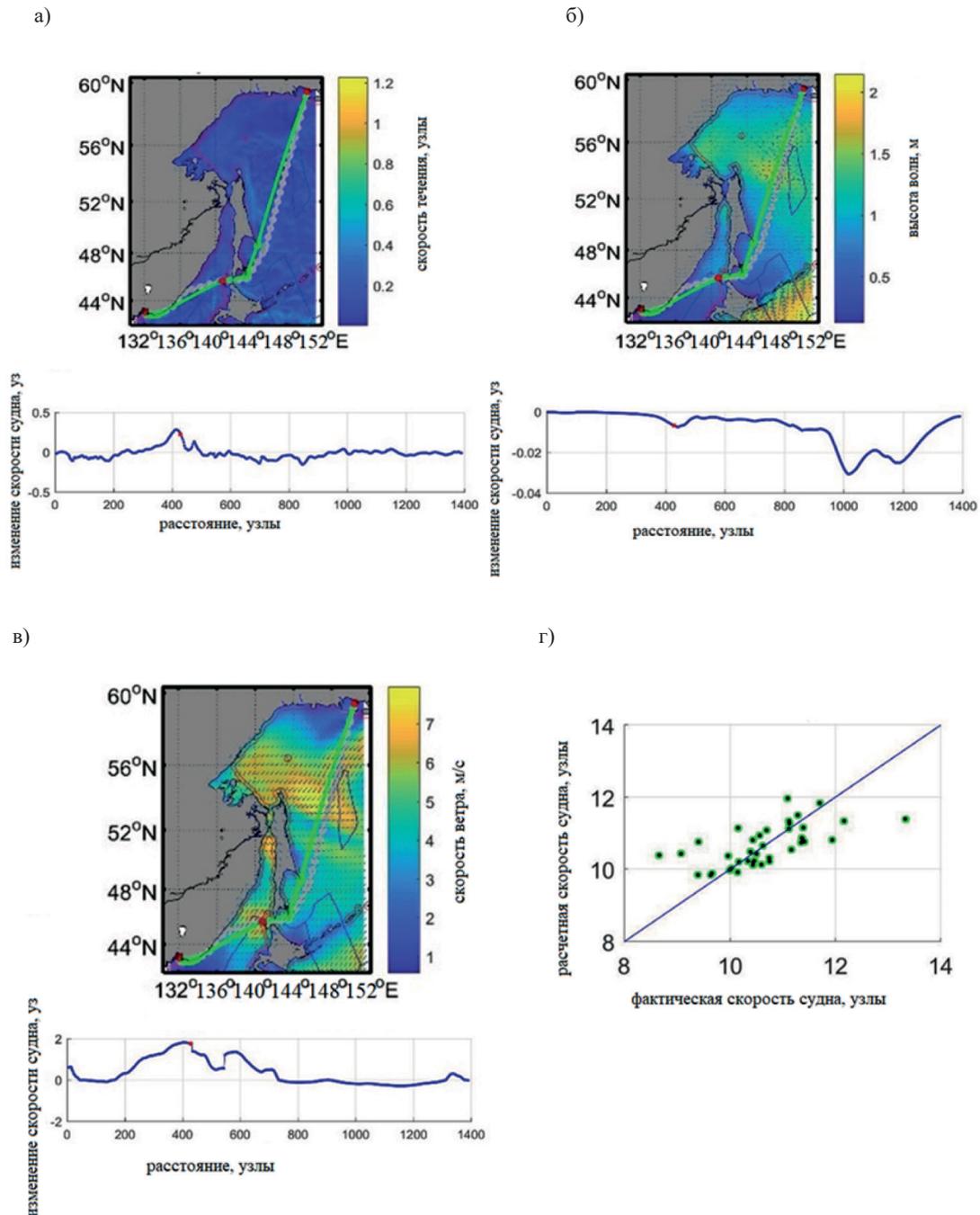


Рис. 6. Анализ гидрометеорологического воздействия на судно «ФЕСКО Посьет» вдоль маршрута № 3

В каждом из представленных случаев влияние других факторов сводится к нулю. Моделируется поведение судна при изменении его скорости и осадки, а также параметров гидрометеорологических воздействий. Аналогичные метеомодели были построены для всех трех судов.

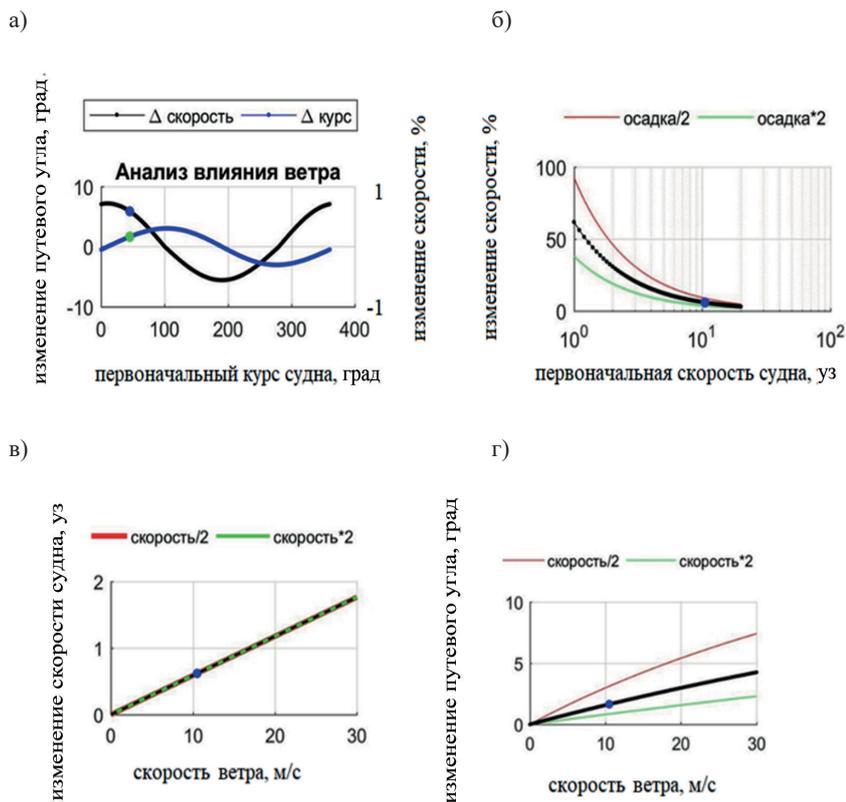


Рис. 7. Численный анализ влияния ветра на судно «ФЕСКО Посыет» при начальном направлении ветра 10 град и скорости ветра 11 уз

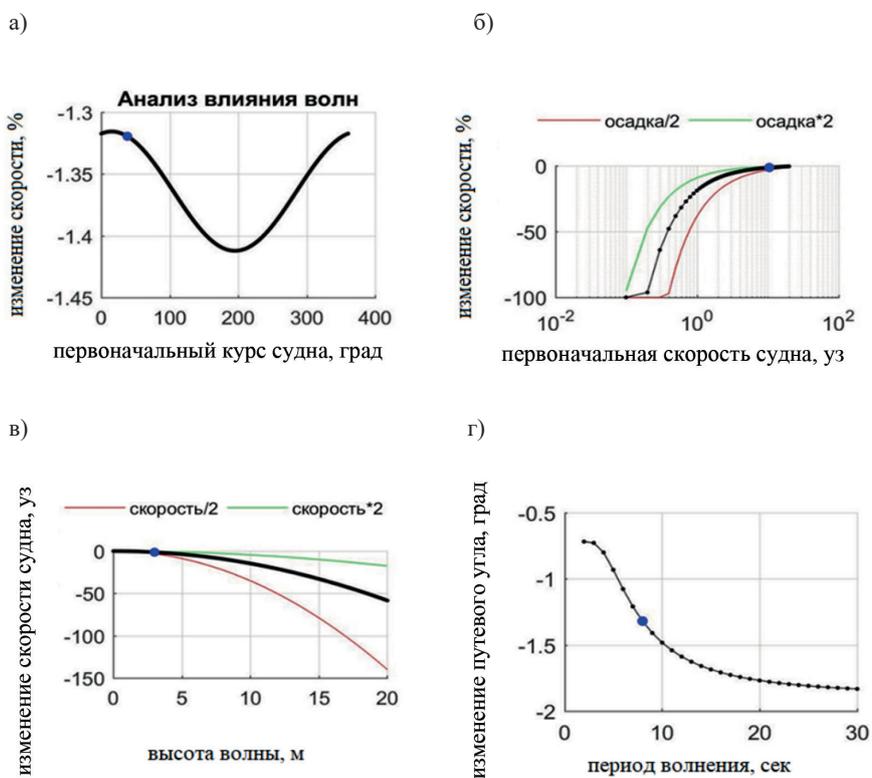


Рис. 8. Численный анализ влияния волн на судно «ФЕСКО Посыет» при начальной высоте волны 3 м, периоде волнения 8 с и направлении волнения 10 град

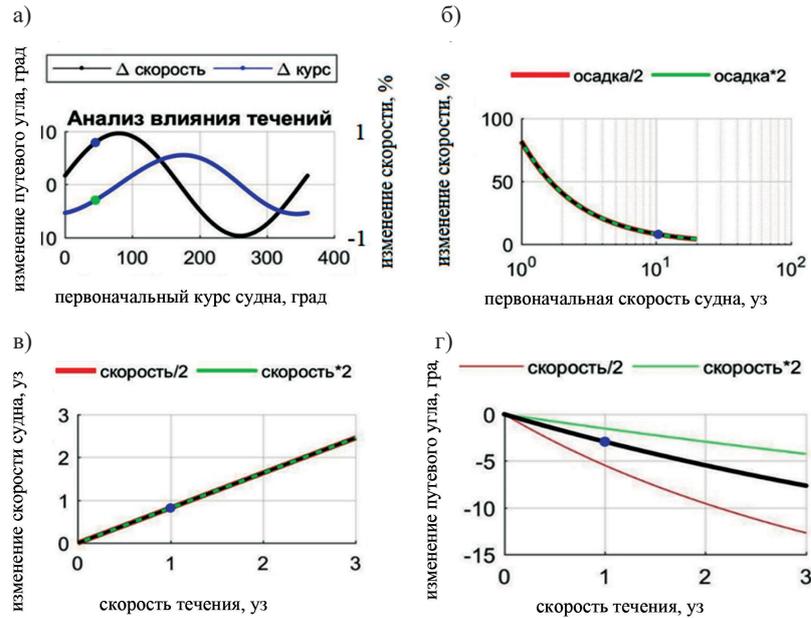


Рис. 9. Численный анализ влияния поверхностных морских течений на судно «ФЕСКО Посъет» при начальной скорости течения 1 уз и направлении течения 90 град

При анализе рис. 7–9 видно, что чем больше скорость судна и чем меньшую осадку оно имеет, тем меньшим будет воздействие приповерхностного ветра и морских волн, что согласуется с базовыми теоретическими представлениями. Отсутствие разности между быстро и медленно идущим судном на рис. 7, в и 9, в связано с тем, что скорость судна рассчитывается без учета смены курса. В случае, если необходимо точно держать заданный курс, компенсируя дрейф судна положением рулей, то у быстро идущего судна будет преимущество. Однако еще большую выгоду можно получить, если заранее выбрать курс, позволяющий при суммарном дрейфе перемещаться с требуемым путевым углом, однако это зависит от каждого конкретного случая в отдельности.

Обсуждение (Discussion)

Построенные комплексом метеомодели судов дают возможность определить время прохождения по предлагаемым программно-аппаратным комплексом (ПАК) маршрутам. Результаты вычислений представлены в таблице. Из приведенных данных видно, что разницу между временем t_0 и t_1 можно считать как оценку ошибки моделей, а также на рис. 4, 2, 5, 2, 6, 2, видно, что метеомодель судна для маршрута № 2 считалась с наибольшей ошибкой.

Сравнение фактического времени прохождения маршрутов с расчетным временем по разным маршрутам

Маршрут	Фактическое время вдоль фактического маршрута ¹	Расчетное время вдоль фактического маршрута с учетом метеомодели, предлагаемой ПАК	Расчетное время вдоль географического маршрута без учета метеомодели, предлагаемой ПАК	Расчетное время вдоль метеомаршрута, предложенного ПАК
	t_0 , ч	t_1 , ч	t_2 , ч	t_3 , ч
Маршрут № 1	112	111,45 (–0,49 %)	108,79 (–3,21 %)	109,07 (–2,62 %)
Маршрут № 2	100	99,3 (–0,7 %)	98,26 (–1,74 %)	98,83 (–1,17 %)
Маршрут № 3	137,63	136,84 (–0,58 %)	133,66 (–2,93 %)	135,27 (–1,74 %)

¹ Время приведено между контрольными точками старта и финиша с корректными данными, положение точек может не совпадать с местонахождением портов отправления и прибытия.

Согласно табл. 1, во всех трех случаях использование алгоритма построения географического маршрута позволяет сэкономить около 2–3 % от общего времени прохождения, или 2–4 ч в абсолютном эквиваленте. В пересчете на количество топлива это составляет 1–3 т (или 400–1200 долл. США) за 5–6-дневный рейс с одного судна.

Заключение (Conclusion)

Таким образом, береговое ПАК в текущем состоянии с имеющимся алгоритмическим аппаратом, заданными параметрами полей гидрометеорологических характеристик и с текущими характеристиками судовых метеомоделей, может быть полезно использовано путем следующих действий:

- построение кратчайших географических маршрутов, прогноз времени прохождения вдоль заданных маршрутов;
- построение индивидуальной метеомодели судна;
- прогноз опасных для судна метеоявлений вдоль заданных маршрутов;
- определение наиболее выгодного времени старта для совершения перехода в течение ближайших трех дней или периода плавания в течении сезона.

Использование берегового ПАК в этом случае позволяет сократить время прохождения маршрутов до 3 %, тем самым давая оптимальный маршрут короче по времени либо экономичнее по расходу топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дерябин В. В.* Планирование перехода в электронных картографических навигационных информационных системах (ЭКНИС): учеб. пособие. — Электронное издание локального распространения / В. В. Дерябин. — СПб.: Научное издание, 2022. — EDN AJQXFZ.
2. *Сухина М. И.* Гидрометеорологическое обеспечение судовождения: учеб.-метод. пособие / М. И. Сухина, Г. В. Белокур, А. В. Головки. — М.: ИНФРА-М, 2019. — 283 с. DOI: 10.12737/textbook_5c7cd08e298529.81917710. — EDN ZBNRIL.
3. *Гриняк В. М.* Планирование маршрутов судов на основе кластеризации ретроспективных данных трафика акватории / В. М. Гриняк // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. — 2021. — Т. 13. — № 2. — С. 61–78. DOI: 10.24866/VVSU/2073-3984/2021-2/061-078. — EDN UVXZYX.
4. *Yuan J.* A second-order dynamic and static ship path planning model based on reinforcement learning and heuristic search algorithms / J. Yuan, J. Wan, X. Zhang *et al.* // J Wireless Com Network, 128 (2022). DOI: 0.1186/s13638-022-02205-4.
5. *Акмайкин Д. А.* Обзор функциональных возможностей и перспективы современных автоматизированных систем планирования маршрута судна / Д. А. Акмайкин, Д. Б. Хоменко, С. Ф. Ключева // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 2. — С. 237–251. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-237-251. — EDN YLFWHZ.
6. *Акмайкин Д. А.* Основные принципы и этапы планирования маршрутов судов / Д. А. Акмайкин, В. В. Бочарова, А. В. Гамс // Эксплуатация морского транспорта. — 2023. — № 1(106). — С. 50–54. DOI: 10.34046/aumsuomt106/8. — EDN FQEEBR.
7. FESCO. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.fesco.ru/ru/> (дата обращения: 23.09.2024).
8. *Нуриев Р. А.* Процедура выбора оптимального пути океанского перехода при штормовом плавании / Р. А. Нуриев, А. А. Ершов // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. — 2021. — Т. 13. — № 5. — С. 625–635. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-5-625-635. — EDN HQEUME.
9. *Гриняк В. М.* Планирование маршрутов судов с учётом интенсивности движения на морской акватории / В. М. Гриняк, А. С. Девятисильный, В. А. Петров // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. — 2023. — № 4. — С. 3–10. DOI: 10.36535/0236-1914-2023-04-1. — EDN CCSKNN.
10. Arctic sea route path planning based on an uncertain ice prediction model / Minjoo Choi, Hyun Chung, Hajime Yamaguchi, Keisuke Nagakawa // Cold Regions Science and Technology. — 2015. V. 109. — PP. 61–69. DOI: 10.1016/j.coldregions.2014.10.001.

11. Акмайкин Д. А. Поиск оптимального пути судна на основе различных критериев / Д. А. Акмайкин, В. В. Бочарова, С. Ф. Ключева, А. В. Гамс // Эксплуатация морского транспорта. — 2023. — № 3(108). — С. 72–78. DOI: 10.34046/aumsuomt108/11. — EDN KNLQGG.

12. Rutledge G. K. NOMADS: A climate and weather model archive at the National Oceanic and Atmospheric Administration / G. K. Rutledge, J. Alpert, W. Ebisuzaki // Bulletin of the American Meteorological Society. — 2006. — Vol. 87. — Is. 3. — Pp. 327–342. DOI: 10.1175/BAMS-87-3-327.

REFERENCES

1. Deryabin, V. V. *Planirovanie perekhoda v elektronnykh kartograficheskikh navigatsionnykh informatsionnykh sistemakh (EKNIS): Uchebnoe posobie. Elektronnoe izdanie lokalnogo rasprostraneniya*. Sankt-Peterburg: Naukoemkie tekhnologii, 2022.

2. Sukhina, M. I., G. V. Belokur and A. V. Golovko. *Gidrometeorologicheskoe obespechenie sudovozhdeniya: Uchebno-metodicheskoe posobie*. Moskva: Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostyu «Nauchno-izdatelskij tsentr INFRA-M», 2019. DOI: 10.12737/textbook_5c7cd08e298529.81917710.

3. Grinyak, V. M. “Planirovanie marshrutov sudov na osnove klasterizatsii retrospektivnykh dannykh trafika akvatorii” *Territoriya novykh vozmozhnostej. Vestnik Vladivostokskogo gosudarstvennogo universiteta ekonomiki i servisa* 13.2 (2021): 61–78. DOI: 10.24866/VVSU/2073-3984/2021-2/061-078.

4. Yuan, J., Wan, J., Zhang, X. et al. A second-order dynamic and static ship path planning model based on reinforcement learning and heuristic search algorithms. *J Wireless Com Network* 128 (2022). DOI: 10.1186/s13638-022-02205-4.

5. Akmajkin, D. A., D. B. Khomenko and S. F. Klyueva “Obzor funktsionalnykh vozmozhnostej i perspektivy sovremennykh avtomatizirovannykh sistem planirovaniya marshruta sudna” *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S. O. Makarova* 9.2 (2017): 237–251. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-237-251.

6. Akmajkin, D. A., V. V. Bocharova and A. V. Gams “Osnovnye printsipy i etapy planirovaniya marshrutov sudov” *Ekspluatatsiya morskogo transporta* 1(106) (2023): 50–54. DOI: 10.34046/aumsuomt106/8.

7. FESCO. Web. 23 Sept. 2024 <<https://www.fesco.ru/ru/>>.

8. Nuriev, R. A. and A. A. Ershov “Protsejura vybora optimalnogo puti okeanskogo perekhoda pri shtormovom plavanii” *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S. O. Makarova* 13.5 (2021): 625–635. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-5-625-635.

9. Grinyak, V. M., A. S. Devyatisilnyj and V. A. Petrov “Planirovanie marshrutov sudov s uchyotom intensivnosti dvizheniya na morskoy akvatorii” *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. Nauchnyj informatsionnyj sbornik* 4 (2023): 3–10. DOI: 10.36535/0236-1914-2023-04-1.

10. Minjoo Choi, Hyun Chung, Hajime Yamaguchi, Keisuke Nagakawa «Arctic sea route path planning based on an uncertain ice prediction model» *Cold Regions Science and Technology* 109 (2015): 61–69.

11. Akmajkin, D. A., V. V. Bocharova, S. F. Klyueva and A. V. Gams “Poisk optimalnogo puti sudna na osnove razlichnykh kriteriev” *Ekspluatatsiya morskogo transporta* 3(108) (2023): 72–78. DOI: 10.34046/aumsuomt108/11.

12. Rutledge, Glenn K., Jordan Alpert, and Wesley Ebisuzaki. “NOMADS: A climate and weather model archive at the National Oceanic and Atmospheric Administration.” *Bulletin of the American Meteorological Society* 87.3 (2006): 327–342. DOI: 10.1175/BAMS-87-3-327.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Акмайкин Денис Александрович — кандидат физико-математических наук, доцент кафедры радиоэлектроники и радиосвязи, Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского (ФГБОУ ВО «МГУ им. адм. Г. И. Невельского»), 690003, Россия, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, д. 50а, e-mail: akmaykin@msun.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Akmaykin Denis A. — Ph.D., Associate Professor; Associate Professor of the Department of Radio Electronics and Radio Communications, Maritime state University named after admiral G. I. Nevelskoy, 50A, Verkhneportovaya str., Vladivostok, 690003, Russia e-mail: akmaykin@msun.ru

Статья поступила в редакцию 7 ноября 2024 г.

Received: Nov. 7, 2024.