

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, ВОДНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

УДК 656.61.052

Методы автоматизированной оценки параметров движения судна

Акмайкин Денис Викторович,¹ к.ф.-м. н, доцент, профессор, akmaykin@msun.ru

Букин Олег Алексеевич,¹ д.т.н., профессор, bukin@msun.ru

Бочарова Виктория Валерьевна,¹ к.т.н., bocharova@msun.ru

Салюк Павел Анатольевич,² к.ф.-м.н., psalyuk@poi.dvo.ru

Пчелинцев Денис Алексеевич,¹ студент, pchelintsev21621@mail.ru

¹ МГУ им. адм. Г. И. Невельского, Владивосток

² Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток

Информация в морской деятельности очень важна. Информацию предоставляют программно-аппаратные комплексы отслеживания данных в реальном времени. На основе концептуального проекта информационной телекоммуникационной системы управления и навигации «Солярис» был создан опытный образец судового программно-аппаратного комплекса «Маринео-01». Были осуществлены испытания опытного образца. Данные о географическом положении судна, его положении в пространстве и метеопараметрах окружающей среды были успешно измерены и сохранены внутри устройства и в дальнейшем проанализированы.

Ключевые слова: навигационные системы, информационные технологии, телекоммуникационная система, программно-аппаратный комплекс, судовая навигация, морское волнение, буксируемый подводный аппарат.

Methods of automated estimation of ship motion parameters

Akmaikin Denis V¹., akmaykin@msun.ru

Bukin Oleg A¹., bukin@msun.ru

Bocharova Victoria V¹., bocharova@msun.ru

Saliuk Pavel A²., psalyuk@poi.dvo.ru

Pchelintsev Denis A¹., pchelintsev21621@mail.ru

¹MSU named after admiral G.I. Nevelskoy, Vladivostok

²Pacific Oceanological Institute named after V.I. Ilyichev FEB RAS, Vladivostok

Information in marine activities is very important. Information is provided by hardware-software complexes for real-time data tracking. On the basis of the conceptual design of the "Solaris" information & telecommunication system providing control and navigation services a prototype of the "Marineo-01" ship software-hardware complex was created. Tests of the prototype were carried out.

Data on the ship's geographical position, its position in space and meteorological parameters of the environment were successfully measured and stored in the device memory and further analyzed.

Keywords: navigation systems, information technologies, telecommunication system, software - hardware complex, e-Navigation, ship navigation, towed submersible vehicle.

Введение

XXI век – время высоких технологий, и не все направления человеческой деятельности в равной мере поспевают с внедрением новых изобретений или систем. Человеку в наше время для управления всеми процессами своей деятельности нужно больше информации. С решением этой задачи может помочь современное оборудование - информацию помогут собрать, обработать и выдать человеку в понятной форме. Информация в морской деятельности очень важна, особенно на судах, так как за отсутствием или несвоевременным получением критической информации могут случиться опасные ситуации, которых можно было бы избежать. Такую информацию могут предоставить программно-аппаратные комплексы отслеживания разнородных данных в реальном времени.

В соответствии с основными тенденциями развития глобальной стратегической программы e-Navigation и планами Международной морской организации, создание и разработка автоматизированных систем сбора, анализа и передачи информации на борту судна (бортовые автоматизированные информационные системы) и береговых системах (береговые автоматизированные информационные системы навигации) есть задача, реализация которой будет отвечать современным тенденциям развития технологий навигации [1, 3].

В рамках этого был разработан концептуальный проект информационной телекоммуникационной системы управления и навигации «Солярис» (ИТС «Солярис») [2]. Проект основан на современных гибких методологиях проектирования и разработки ПО автоматизированных информационных систем навигации морских судов [4–6].

Информационная телекоммуникационная система представляет собой объединение двух видов программно-аппаратных комплексов (ПАК), один из которых устанавливается на судне, а другой на берегу и решает следующие задачи (рисунок 1) [7, 10–12]:

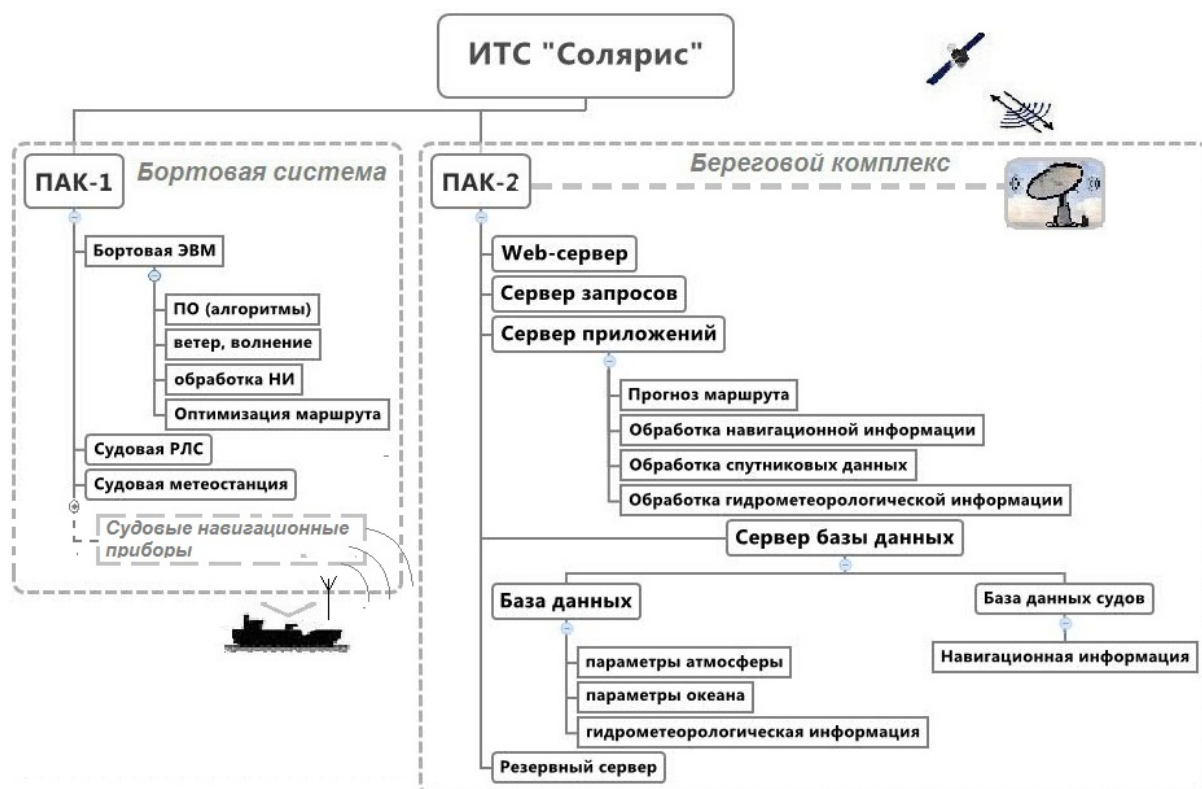


Рисунок 1 – Структурная схема ИТС «Солярис»

Судовой программный комплекс основан на использовании штатной судовой радиолокационной станции, к которой подключены АЦП и компьютер с программным обеспечением, кроме этого, дополнительно используется судовая метеостанция для повышения точности измерений [8, 12] и разработанное устройство для определения состояния морской поверхности [9].

На основе концептуального проекта информационной телекоммуникационной системы управления и навигации «Солярис» был создан опытный образец судового программно-аппаратного комплекса «Маринео-01».

Испытания опытного образца судового программно-аппаратного комплекса

Испытание опытного образца судового программно-аппаратного комплекса «Маринео-01» осуществлялось на лоцманском катере «Сергей Чередниченко» проекта ST23W1 3 октября 2017 г. Целью испытаний была отработка режима автоматической регистрации основных параметров окружающей среды и сбора параметров движения судна.

На рисунке 2 показаны фотографии испытаний и способы установки метеостанции. Для уменьшения влияния надстройки судна на результат измерений метеостанция Airmar 200WX была размещена на правом переднем релинге верхней палубы катера (рис. 2). Данное положение не лишено недостатков, однако для выполнения целей испытаний такой установки было достаточно.

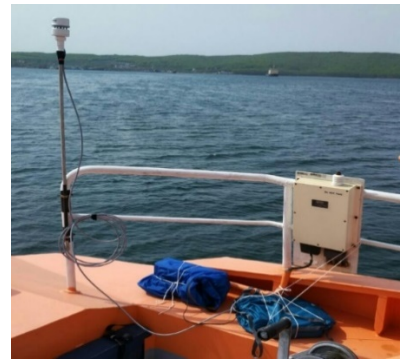


Рисунок 2 – Натурные испытания судового программно-аппаратного комплекса «Маринео-01» на лоцманском катере «Сергей Чередниченко»

Для получения достаточного набора статистических данных по работе системы, эксперимент проводился при различных направлениях курсовых углов бега волн и приповерхностного ветра. На рисунке 3 представлен маршрут лоцманского катера, выполнявшийся в течении рабочего дня, и соответствующая гистограмма скоростей судна. Видно, что судно часто выполняло всевозможные маневры в связи с чем не всегда находилось в режиме оптимального крейсерского хода. Значительная доля перемещений осуществлялась со средними скоростями около 6-7 узлов. Данные о движении судна и параметрах окружающей среды, записывались на устройство «Маринео-01» в виде лог-файлов.

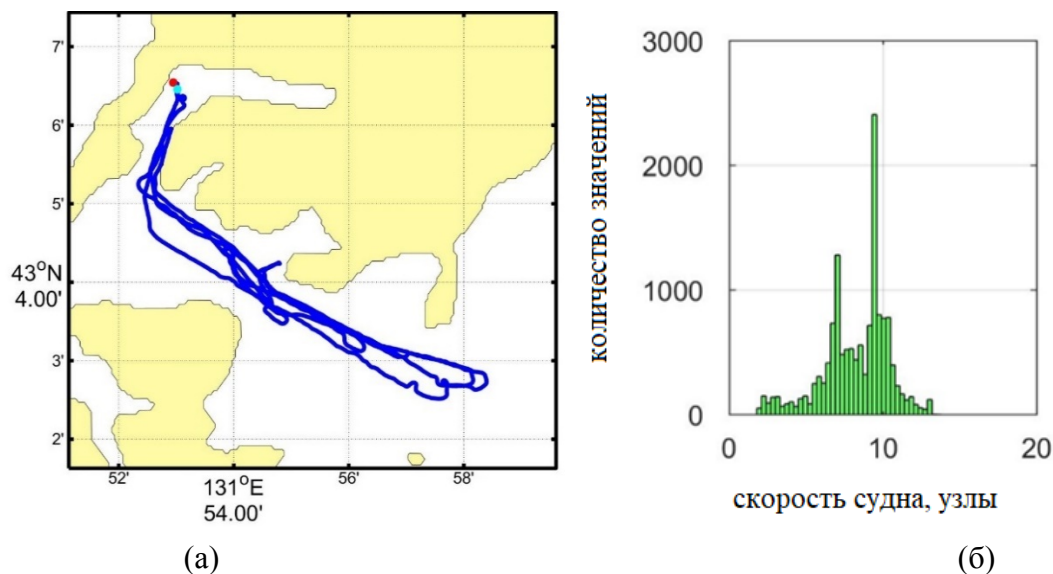


Рисунок 3 – Маршрут лоцманского катера «Сергей Чередниченко» (а) и соответствующая гистограмма скоростей катера (б) во время испытаний 3 октября 2017 г.

На рисунке 4 показана истинная скорость ветра в узлах, определенная из данных метеостанции во время эксперимента с учетом оцифрованных данных скорректированного магнитного компаса:

- временной ряд истинной скорости ветра, зеленым цветом отмечены значения получены при скорости судна больше 2 узлов (рис. 4 а);
- гистограмма всех значений истинной скорости ветра (рис. 4 б);
- ряд данных истинной скорости ветра, отложенный вдоль пройденного расстояния (рис. 4 в);

- гистограмма значений истинной скорости ветра, полученных при скорости судна больше 2 узлов (рис. 4 г).

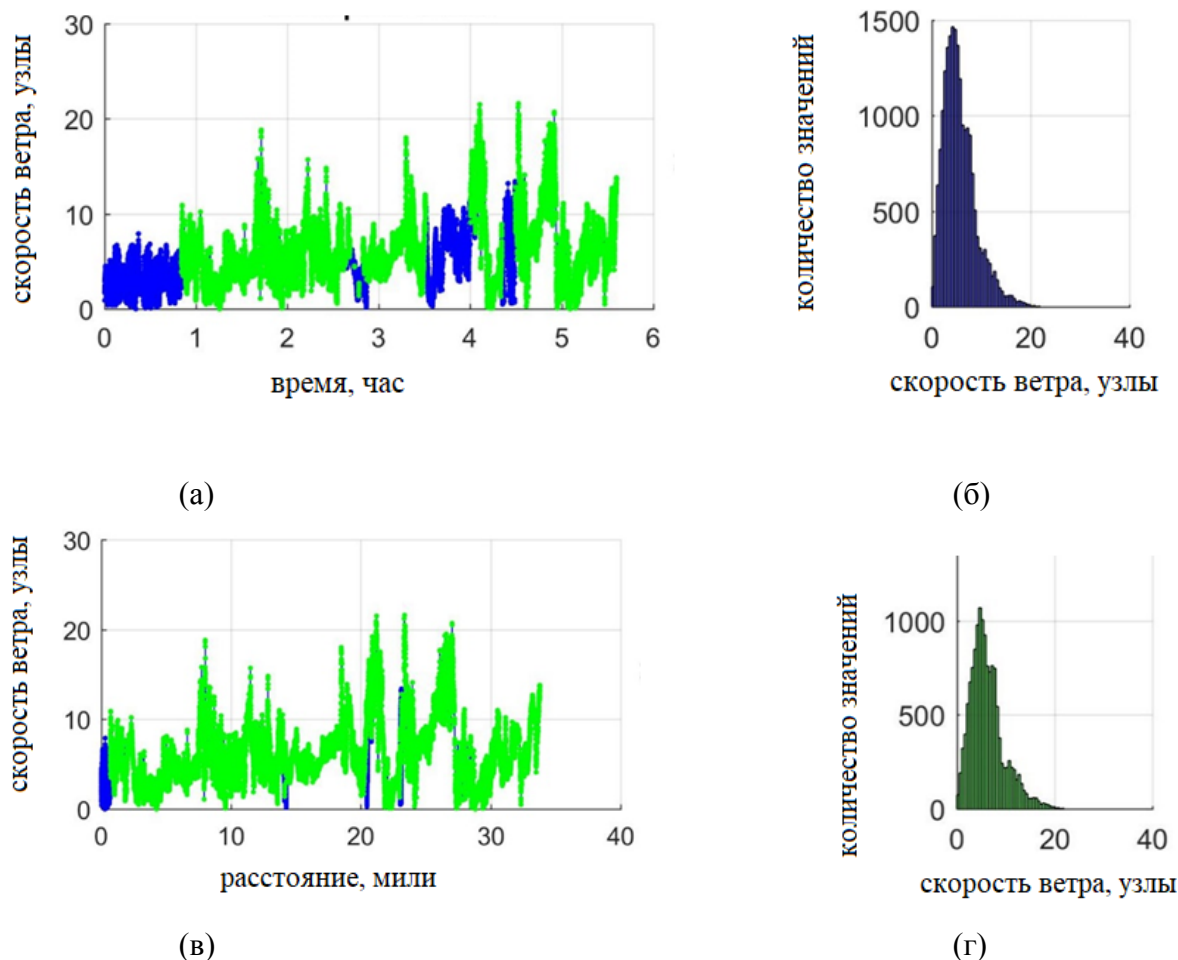


Рисунок 4 – Результаты измерений истинной скорости ветра во время эксперимента

Видно, что значения скорости ветра не превышали 20 узлов, мода распределения скорости во время движения судна составила около 7 узлов.

Для того, чтобы проанализировать возможное влияние ветра на скорость судна, были рассчитаны продольная и поперечная компоненты скорости ветра относительно диаметральной плоскости судна. На рисунке 5 показаны результаты анализа распределения данных компонентов скорости ветра во время движения судна:

- гистограмма всех значений продольных компонент скорости ветра (рис.5 а);
- гистограмма всех значений поперечных компонент скорости ветра (рис.5 б);
- плотностная диаграмма рассеяния скорости судна и продольной компоненты скорости судна (рис.5 в);
- гистограмма значений продольных компонент скорости ветра, измеренных при скоростях судна больше 2 узлов (рис.5 г);
- гистограмма значений поперечных компонент скорости ветра, измеренных при скоростях судна больше 2 узлов (рис.5 д);
- плотностная диаграмма рассеяния скорости судна и поперечной компоненты скорости судна (рис.5 е).

Собранной статистики при используемых режимах работы судна недостаточно, чтобы построить четкую зависимость влияния ветра на скорость судна, тем более что помимо ветра

на скорость судна влияет большое количество других факторов. Тем не менее при скоростях судна более 9 узлов, когда его двигатели находилось примерно при одних и тех же режимах работы просматривается положительная линейная связь между скоростью судна и продольной компонентой скоростью ветра, соответствующий коэффициент детерминации робастной линейной регрессии составил 0.32, что говорит о наличии статистически значимой линейной связи.

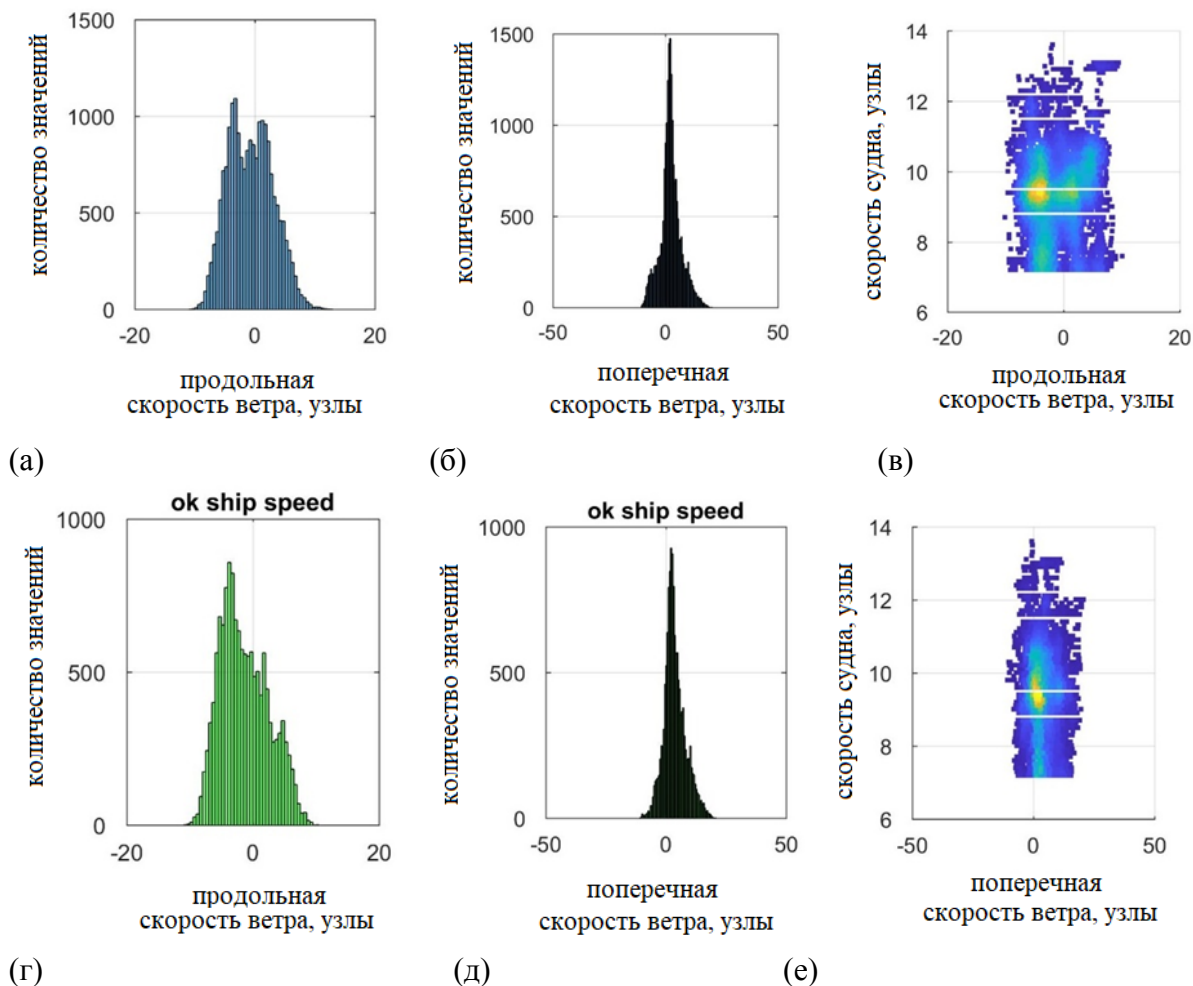
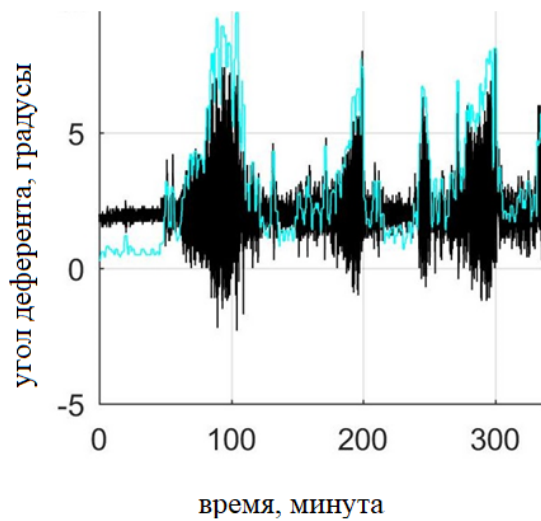
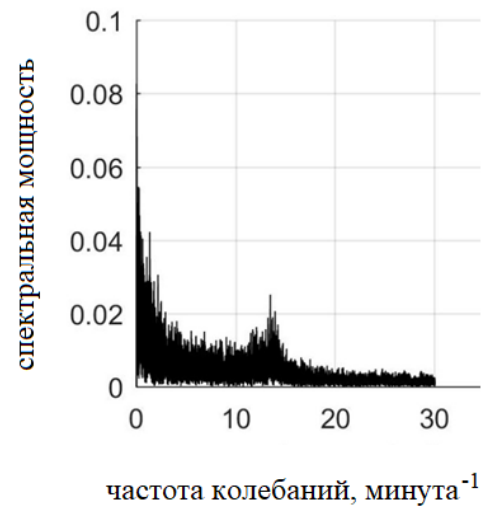


Рисунок 5 – Анализ влияния скорости ветра на скорость судна

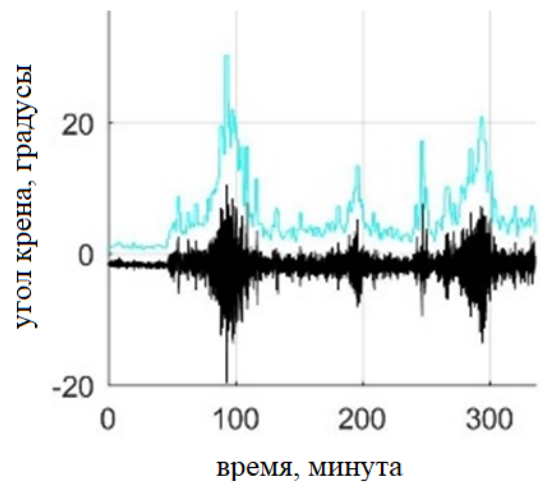
Для анализа морского волнения на скорость судна были проанализированы данные датчиков углов деферента и крена. На рисунке 6 представлены результаты соответствующих измерений и анализа. Дополнительно в скользящем окне 2 минуты был рассчитан размах изменений углов крена и деферента (разница между максимальным и минимальным значением), соответствующий ряд данных отображен голубым цветом на рисунках 6 а и 6 в. Кроме этого, рассчитана спектральная мощность гармоник, на которые был разложен измеренный ряд данных с помощью преобразований Фурье, рисунки 6 б и 6 г. Видно, что на обоих рядах данных углов деферента и углов крена присутствуют колебания с частотой около 12-13 раз в минуту, что соответствует периоду колебаний около 5 секунд. Данные колебания связаны с влиянием морского волнения на качку судна.



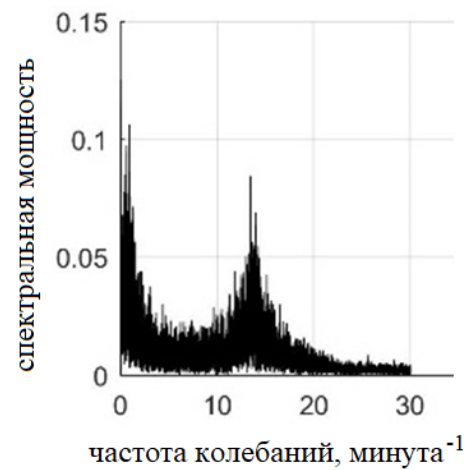
(а)



(б)



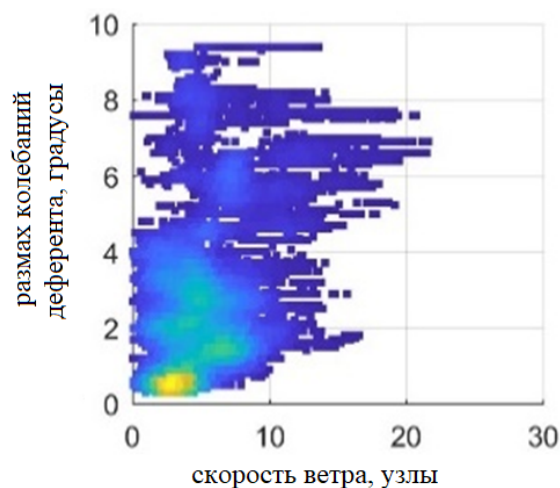
(в)



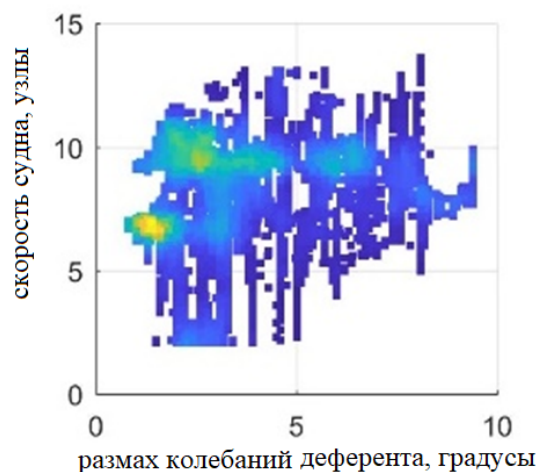
(г)

Рисунок 6 – Результаты измерений и анализа углов дифферента и крена во время испытаний: (а) временной ряд угла дифферента и размаха продольных колебаний судна; (б) спектрограмма угла дифферента судна; (в) временной ряд угла крена и размаха поперечных колебаний судна; (г) спектрограмма углов крена судна

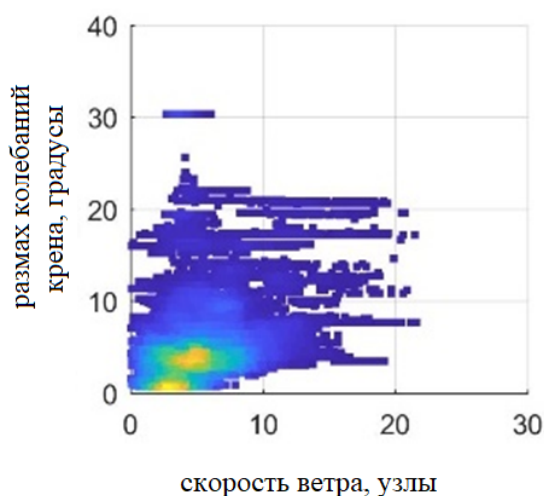
На рис. 7 представлен анализ зависимости колебаний судна от скорости ветра (рис. 7 а и 7 в), а также анализ влияния размаха колебаний судна на скорость его движения (рис. 7 б и 7 г). На рис. 7а и 7в видны слабые линейные прямые зависимости размаха колебаний судна от скорости ветра за счет соответствующего увеличения высоты волн. На рис. 7 б и 7 г прослеживаются обратные линейные зависимости скорости судна от размаха колебаний.



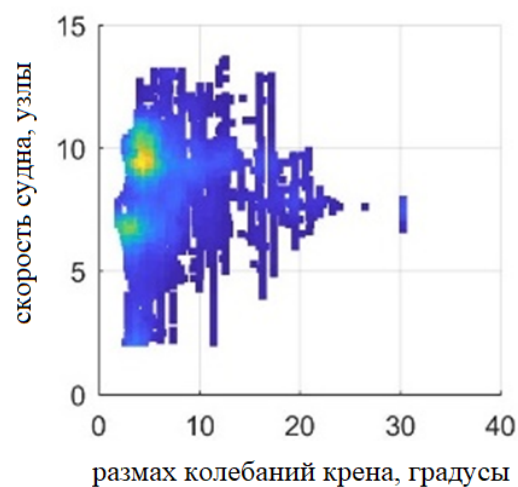
(а)



(б)



(в)



(г)

Рисунок 7 – Анализ влияния скорости ветра на качку судна (а), (в) и анализ влияния качки судна на скорость судна (б), (г)

Заключение

Таким образом, судовой программно-аппаратный комплекс был испытан в течении 5,5 часов, за которые судно прошло около 33 миль при различных режимах работы двигателей и различных сочетаниях курсовых углов направления ветра и распространения волнения. Данные о географическом положении судна, его положении в пространстве и метеопараметрах окружающей среды были успешно измерены и сохранены внутри устройства и в дальнейшем проанализированы. Полученного ряда данных было достаточно, чтобы выделить колебания судна, относящиеся к воздействию морского волнения, и построить предварительные экспериментальные зависимости воздействия морского волнения и приповерхностного ветра на скорость движения судна. Для получения более корректных результатов необходим набор большей статистики измерений на равномерных участках маршрута без совершения судном дополнительных маневров и при как можно большем наборе сочетаний различных гидрометеорологических параметров.

Список литературы

1. Акмайкин, Д. А. Основные принципы и этапы планирования маршрутов судов / Д. А. Акмайкин, В. В. Бочарова, А. В. Гамс // Эксплуатация морского транспорта. – 2023. – Т.1. – С.50–54.
2. Акмайкин, Д. А. Проект системы оперативного анализа и оптимизации движения морских судов / Д. А. Акмайкин, С. Ф. Ключева, П. А. Салюк // Вестник ГУМРФ С.О. Макарова. – 2015. – №1(29). – С. 229–232.
3. Губернаторов, С. С. Навигация будущего – стратегическая программа e-Navigation / С. С. Губернаторов // Морской и речной транспорт. – 2014. – №1. – С.52–56.
4. Кон, М. Scrum. Гибкая разработка ПО / М. Кон. – М.: Вильямс, 2011. – 566 с.
5. Манифест гибкой разработки программного обеспечения. – <http://agilemanifesto.org/iso/ru/principles.ht>.
6. Мартин, Р. К. Быстрая разработка программ / Р. К. Мартин, Д. В. Ньюкирк, Р. С. Косс. – М.: Вильямс, 2004. – 752 с.
7. Обработка радиолокационной информации программно-аппаратными средствами / Д. А. Акмайкин, Д. Б. Хоменко, Д. В. Ключев, Е. С. Фалина // Автоматизация процессов управления. – 2012. – Т.4. – С. 62–66.
8. Патент № 2670247 Российская Федерация. Устройство для определения основных параметров окружающей среды при движении морского судна / Д. А. Акмайкин ; заявитель и патентообладатель ФБОУ ВПО "Государственный морской университет им. адм. Г.И. Невельского" – заявка 2017126583 от 24.07.2017 г, опубл. 19.10.2018 г.
9. Патент № 2510040 Российская Федерация. Устройство для определения состояния морской поверхности / Д. Б. Хоменко, Д. А. Акмайкин; заявитель и патентообладатель ФБОУ ВПО "Государственный морской университет им. адм. Г.И. Невельского" – заявка 2012125680 от 19.06.2012 г, опубл. 20.03.2014 г.
10. Хоменко, Д. Б. Использование программно-аппаратных средств в обработке радиолокационной информации / Д. Б. Хоменко // Сб. докладов 58-й межд. молод. науч.-техн. конф. "Молодежь-Наука-Инновации", 24-26 ноября 2010г. В 2 т. - Владивосток: Мор. гос. ун-т. – 2010. – Т.1. – С. 23–26.
11. Хоменко, Д. Б.; Акмайкин, Д. А. Учет динамических характеристик судов при маневрировании / ред. Д. Хоменко, Д. Акмайкин. – Сб. докл. XVI Intern. Conf. Modern Technique and Technologies (12-16 апреля 2010 г.): НИТПУ, 2010. – 280-282.
12. Solaris' information system for ship's navigation, using operational analysis of shipboard and satellite remote sensing data of hydrosphere and atmosphere / D. A. Akmaykin, D. B. Homenko, P.A. Salyuk [и др.]: SPIE Asia Pacific Remote Sensing: SPIE, 2014. – С. 926114.

Поступила в редакцию 9 февраля 2024 г.