

DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-1-45-51

CREATING AN OPERATING MODEL OF THE SPECIAL FLOATING AIDS TO NAVIGATION FENCING FOR INFORMATION SUPPORT OF THE NAVIGATION SAFETY

Yu. N. Andryushechkin, A. A. Prokhorenkov, A. I. Lukin

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

The issues of creating an operating model of a technical facility with special floating aids to navigation fencing for information support for carrying out field tests of unpowered and unmanned vessels and water transport vehicles in the test water area in the Volga-Baltic basin of the Russian inland waterways are discussed in the paper. This made it possible to create working models of technical facility, the special floating aids to navigation fencing and a remote workplace, which were subsequently tested in real operating conditions. The essence of the utility model is to expand the functionality of the navigation buoy, incl. the possibility of using in unmanned or autonomous navigation, increase in the accuracy of determining its location and simplifying the design, through the use of broadband wireless Wi-Fi and RTK technology means. This allows you to provide direct broadband wireless communication with ships, which is necessary for operational data exchange and for receiving, processing and transmitting RTK corrections to the GNSS receiver, which, in turn, allows ships to determine the position of the navigation buoy with higher accuracy. The use of a microcontroller with wireless Wi-Fi communication allows you to abandon external electrical or optical connectors for reprogramming (firmware) the device, which further simplifies the design. In addition, the introduction of an integrated 9-axis 3D position sensor and a water temperature sensor into the product makes it possible to determine the parameters of the surrounding water environment, i. e. identify navigational hazards of navigation and report them to approaching ships that further expands the functionality of the product.

Keywords: aids to navigation, Russian inland waterways, automated navigation systems, unpowered, unmanned, water area.

For citation:

Andryushechkin, Yuri N., Andrey A. Prokhorenkov, and Andrey I. Lukin. "Creating an operating model of the special floating aids to navigation fencing for information support of the navigation safety." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 13.1 (2021): 45–51. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-1-45-5.

УДК 656.61.052:658.011.56

СОЗДАНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ МОДЕЛИ СПЕЦИАЛЬНОГО ПЛАВУЧЕГО СРЕДСТВА НАВИГАЦИОННОГО ОГРАЖДЕНИЯ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОХОДСТВА

Ю. Н. Андрюшечкин, А. А. Прохоренков, А. И. Лукин

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

В статье рассматриваются вопросы создания действующей модели технического средства со специальным плавучим средством навигационного ограждения для информационного обеспечения проведения натурных испытаний беспилотных и безэкипажных судов и средств водного транспорта на тестовой акватории в Волго-Балтийском бассейне внутренних водных путей России. С этой целью были созданы действующие образцы технического средства, специального плавучего средства навигационного ограждения и удаленного рабочего места, которые в дальнейшем прошли испытания в реальных условиях эксплуатации. Отмечается, что сущность полезной модели заключается в расширении функциональных возможностей

навигационного буя, в том числе перспектив его использования в безэкипажном или автономном судоходстве, увеличении точности определения его местонахождения и упрощении конструкции за счет использования широкополосной беспроводной связи Wi-Fi и средств RTK-технологии. Это позволяет обеспечить прямую широкополосную беспроводную связь с судами, необходимую для оперативного обмена данными и осуществления приема, обработки и передачи RTK-поправок в приемник ГНСС, что, в свою очередь, дает возможность судам с более высокой точностью определять местоположение навигационного буя. Подчеркивается, что использование микроконтроллера с беспроводной Wi-Fi связью позволяет отказаться от внешних электрических или оптических разъемов для перепрограммирования (прошивки) устройства, что способствует дополнительному упрощению конструкции. Кроме того, введение в состав изделия интегрированного девятиосевого датчика 3D-положения и датчика температуры воды позволяет определять параметры окружающей водной среды, т. е. выявлять навигационные опасности мореплавания и сообщать о них приближающимся судам, что дополнительно расширяет функциональные возможности навигационного устройства.

Ключевые слова: СНО, ВВП России, автоматизированные системы судовождения, беспилотный, безэкипажный, акватория, технические средства, навигационные опасности, мониторинг.

Для цитирования:

Андрюшечкин Ю. Н. Создание действующей модели специального плавучего средства навигационного ограждения для информационного обеспечения безопасности судоходства / Ю. Н. Андрюшечкин, А. А. Прохоренков, А. И. Лукин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2021. — Т. 13. — № 1. — С. 45–51. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-1-45-5.

Введение (Introduction)

Общим недостатком известных плавучих средств навигационного ограждения (СНО) является невозможность удаленного мониторинга изменения местоположения буя под воздействием, например, ветроволновых нагрузок, а также отсутствие какой-либо обратной связи аналогов с береговыми службами или находящимися рядом судами, что требует обязательной прямой видимости буя для обеспечения безопасности плавания. Для решения этой проблемы необходимым является создание новой модели, которая относится к средствам навигационного ограждения судоходных акваторий и может быть использована для обеспечения безопасности плавания, в том числе автономных и безэкипажных надводных судов.

Целью работы является создание устройства, которое позволяет решить проблему расширения функциональных возможностей навигационного буя, увеличения точности определения его местонахождения и упрощения его конструкции. Сущность работы заключается в расширении функциональных возможностей навигационного буя, в том числе возможности использования в безэкипажном или автономном судоходстве, увеличении точности определения его местонахождения и упрощении конструкции за счет использования широкополосной беспроводной связи Wi-Fi и средств RTK-технологии.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Навигационные буи, предназначенные для обеспечения безопасности водных путей, содержат: поплавков, надводную часть в виде сигнальной (силуэтной) фигуры, светящийся фонарь, радиолокационный отражатель, внутренний отсек для размещения источника электропитания, балансирующий груз, стабилизатор в подводной части и донный якорь [1]. Общим недостатком используемых навигационных буев, согласно данным из источников [2], [3], является невозможность удаленного мониторинга изменения местоположения буя под воздействием ветроволновых нагрузок, а также отсутствие какой-либо обратной связи аналогов с береговыми службами или находящимися рядом судами, что требует обязательной прямой видимости буя для обеспечения безопасности плавания [4]–[6].

Эксплуатируемые в настоящее время навигационные и гидрометеорологические буи, содержащие приемник глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) GPS/ГЛОНАСС, соединенный с модулем передачи данных по каналам GSM/GPRS/LTE- или УКВ-связи, а также

светодиодный навигационный фонарь с функцией удаленного мониторинга Nonius™ AtoN, обладают недостатком, заключающимся в том, что они передают в береговые центры только гидрометеоинформацию или данные о собственном местоположении буя, что является лишь частью навигационного обеспечения, необходимого для безопасного плавания судов. Особенно это касается автономных или безэкипажных судов, которым для безопасного судоходства требуется дополнительная информация, указанная в [7]–[11]. Также к их недостаткам можно отнести невозможность оперативной передачи информации от навигационного буя непосредственно на судно по радиоканалу (беспроводной связи), минуя береговой центр информации [12]–[15].

Навигационное устройство содержит светогенерирующий блок и блок приема/передачи сигналов, которые расположены в герметичном прозрачном корпусе. Светогенерирующий блок выполнен в виде по меньшей мере одного светооптического модуля, блок приема/передачи сигналов состоит из радиопередающего устройства GSM/GPRS, модуля GPS/ГЛОНАСС и приемника ГНСС. При этом все указанные элементы связаны с микроконтроллером, расположенным также внутри герметичного корпуса, что соответствует требованиям. Устройство может быть дополнительно снабжено разъемом, предназначенным для подключения внешних устройств, а радиопередающее устройство выполнено в виде УКВ-передатчика. Это позволяет увеличить функциональные возможности навигационного буя, а именно повысить точность определения его местонахождения и упростить конструкцию.

В навигационном бую, состоящем из подводной и надводной частей. Последняя представлена в виде сигнальной (силуэтной) фигуры, в верхней части которой в герметичном корпусе закреплено навигационное устройство, включающее драйвер светодиодов светодиодного излучателя, соединенный с фотодатчиком, модуль GPS/ГЛОНАСС — приемник ГНСС, модем LTE и микроконтроллер, входы которого связаны с выходами всех указанных устройств. Микроконтроллер выполнен с интегрированной беспроводной связью Wi-Fi и возможностью передачи RTK-поправок в приемник ГНСС, при этом модуль GPS/ГЛОНАСС — приемник ГНСС и модем LTE выполнены с поддержкой RTK-технологии. При этом навигационный буй дополнительно оснащен интегрированным девятиосевым датчиком 3D-положения, расположенным в надводной части изделия, и датчиком температуры воды, расположенным в его подводной части, а выходы датчиков соединены с входами микроконтроллера. Корпус навигационного буя выполнен из полимерного материала и имеет сквозную вертикальную полость для размещения датчика температуры воды и электрических проводов. Для исключения негативного влияния ультрафиолетового излучения на электронные компоненты корпус навигационного устройства выполнен из металла, при этом матрица светодиодного излучателя вынесена наружу.

Поскольку в состав технического средства (навигационного устройства (см. рис. 1)) входят светоизлучающие элементы и антенны для приема/передачи сигналов ГНСС и сотовой связи, его размещение необходимо выполнять в самой верхней части корпуса плавучего СНО.

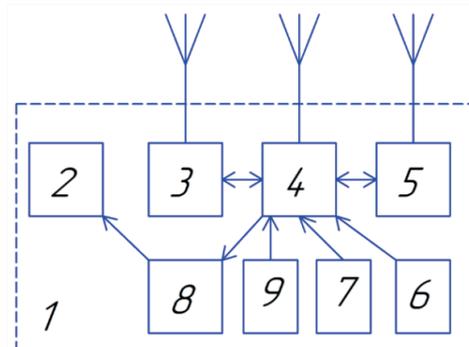


Рис. 1. Принципиальная схема технического средства (навигационного устройства) специального СНО:
 1 — герметичный корпус; 2 — светодиодный излучатель;
 3 — приемник сигналов ГНСС (GPS/ГЛОНАСС);
 4 — микроконтроллер; 5 — LTE-модема сотовой связи;
 6 — датчик освещенности; 7 — датчик 3D-положения;
 8 — драйвер светодиодного излучателя; 9 — термодатчик

Специальное плавучее СНО (рис. 2) содержит: корпус 1, надводная часть которого выполнена в виде сигнальной (силуэтной) фигуры; надводный рым 2 для перемещения и установки специального СНО; подводный рым 3 для крепления специального СНО с помощью цепей и якоря, навигационное устройство 4, схема которого приведена на рис. 1; блок аккумуляторных батарей 5; вертикальное сквозное отверстие 6 в специальном СНО для размещения электрических проводов и термодатчика для измерения температуры воды 7.

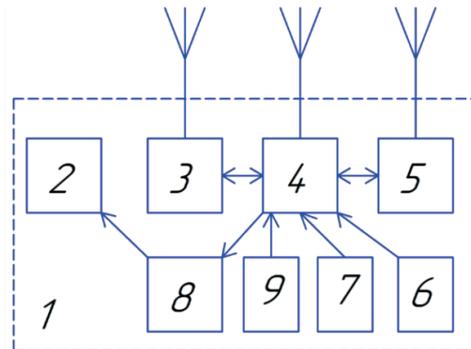


Рис. 2. Принципиальная схема специального СНО

Сущность навигационного устройства заключается в расширении функциональных возможностей навигационного буя, в отличие от возможности использования в безэкипажном или автономном судоходстве, увеличении точности определения его местонахождения и упрощении конструкции за счет использования широкополосной беспроводной связи Wi-Fi и средств RTK-технологии. Это позволяет обеспечить прямую широкополосную беспроводную связь с судами, необходимую для оперативного обмена данными и осуществления приема, обработки и передачи RTK-поправок в приемник ГНСС, что, в свою очередь, позволяет судам с более высокой точностью определять местоположение навигационного буя.

Использование микроконтроллера с беспроводной Wi-Fi связью позволяет отказаться от внешних электрических или оптических разъемов для перепрограммирования (прошивки) устройства, что дополнительно упрощает конструкцию. Кроме того, введение в состав изделия интегрированного девятиосевого датчика 3D-положения и датчика температуры воды позволяет определять параметры окружающей водной среды, т. е. выявлять навигационные опасности мореплавания и сообщать о них приближающимся судам, что дополнительно повышает функциональные возможности изделия.

Описание организации работы специального СНО действующей модели технического устройства. После установки специального СНО в заданное место акватории «Беспилотник» ГНСС (GPS / ГЛОНАСС) приемник 3 принимает сигналы от глобальных навигационных спутниковых систем и передает их в микроконтроллер 4 для повышения точности определения местоположения буя. Посредством LTE-модема сотовой связи 5 принимаются RTK-поправки. Например, по протоколу RTCM от сети референционных станций SmartNet Russiav микроконтроллер 4 также поступают данные от датчика освещенности 6 интегрированного девятиосевого датчика 3D-положения (трехосевой гироскоп, трехосевой акселерометр, магнитометр), датчика температуры воды 7 где они обрабатываются по определенному алгоритму и посредством LTE-модема сотовой связи 5 передаются в береговой центр управления или автоматизированное рабочее место оператора для мониторинга положения навигационного буя и внешних параметров в зависимости от времени суток, освещенности и параметров волнения вод. Микроконтроллер 4 формирует управляющие сигналы на драйвер светодиодного излучателя 8, который, в свою очередь, управляет режимом работы светодиодного излучателя 2.

При необходимости дополнительного информационного обеспечения плавания автономных или безэкипажных надводных судов и их нахождения в зоне действия беспроводной связи навигационного устройства буя они имеют возможность подключения по Wi-Fi сети непосредственно к микроконтроллеру 4 (см. рис. 1) для получения необходимых данных, поступающих от измери-

тельных датчиков. Все настройки технического устройства определяются при программировании микроконтроллера 4. После подачи питания на техническое устройство и соединения по Wi-Fi сети устройство автоматически переходит в автономный режим работы без участия оператора. Прием сигналов ГНСС и беспроводной связи восстанавливается автоматически после потери связи.

Синхронизация данных от технического устройства по времени производится на стороне сервера хранения. При необходимости, определяемой на этапе технического проектирования, возможна синхронизация по данным ГНСС. Для эксплуатации, обслуживания и ремонта технического устройства специального СНО требуется подготовленный персонал.

Результаты (Results)

Для тестирования навигационного комплекса со специальным плавучим СНО были проведены испытания на тестовой акватории беспилотных и безэкипажных судов и средств водного транспорта, которые предусматривали:

- проверку поступления данных от специального СНО на внешний сервер по сетям LTE мобильной связи;

- оценку точности определения местоположения СНО;

- оценку процента потери данных при их передаче;

- проверку визуализации данных на интерактивной карте средствами интернет-браузера.

Для проверки поступления данных от технического устройства специального СНО на внешний сервер по сетям LTE мобильной связи выполнялись последовательные запросы по протоколу http, использовался get-запрос, на внешнем сервере проверялись log-файлы, использовалась статистика AWStat, проверялись ошибки Apache-сервера (error_log). В процессе проверки никаких ошибок выявлено не было.

Оценка точности определения местоположения СНО с использованием разработанного технического устройства выполнялась с помощью записи данных об определяемом по сигналам ГНСС местоположении устройства на протяжении одного часа (≈ 3000 измерений). При этом использовались два устройства с различными приемниками ГНСС, разнесенными на 15 м друг от друга. Математическая обработка показала, что точность определения местоположения технического устройства при 95 % обеспеченности составляет 12 мВ (приемник А — U-Blox NEO-6) и 6 м (приемник Б — U-Blox NEO-7), что соответствует заявленным техническим характеристикам приемников со штатной антенной.

Выводы (Summary)

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Разработано навигационное устройство для специального плавучего СНО, применяемого для информационного обеспечения проведения натурных испытаний беспилотных и безэкипажных судов и средств водного транспорта на тестовой акватории в Волго-Балтийском бассейне внутренних водных путей РФ.

2. Основные предложенные и конструкторские решения по созданию действующей модели технического средства для специального плавучего СНО прошли экспериментальную апробацию.

3. Специальное программное обеспечение, разрабатываемое в целях обеспечения функционирования действующей модели технического средства для специального плавучего СНО, проверено путем ввода данных натурального эксперимента, проведенного на тестовой акватории «Беспилотник».

4. Разработанный эскиз позволяет перейти к созданию и последующим испытаниям действующей модели технического средства для специального плавучего СНО, применяемого для информационного обеспечения проведения натурных испытаний беспилотных и безэкипажных судов и средств водного транспорта на тестовой акватории в Волго-Балтийском бассейне внутренних водных путей РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка рекомендаций по обеспечению безопасности безэкипажного судовождения в прибрежных и портовых зонах, а также на внутренних водных путях при эксплуатации безэкипажного судна

для задач гидрографии и мониторинга водных объектов. Шифр: «БП-Морфометр-А»: отчет о ОКР (заключительный); ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»; руковод. А. А. Буцанец. — СПб., 2018. — № НИОКТР АААА-А19-119100890038-2.

2. Каретников В. В. К вопросу построения системы мониторинга плавучего навигационного оборудования на Онежском озере / В. В. Каретников, Ю. Н. Андрущечкин, А. П. Яснов // Морская радиоэлектроника. — 2017. — № 1 (59). — С. 16–19.

3. Прохоренков А. А. Использование трехмерных навигационных карт для повышения безопасности судоходства по внутренним водным путям / А. А. Прохоренков // International Journal of Advanced Studies. — 2019. — Т. 9. — № 1. — С. 26–49. DOI: 10.12731/2227-930X-2019-1-26-49.

4. Титов А. В. Оценка рисков эксплуатации безэкипажных судов / А. В. Титов [и др.] // Морские интеллектуальные технологии. — 2019. — № 1–4 (43). — С. 11–23.

5. Lahtinen J. The Risks of Remote Pilotage in an Intelligent Fairway—preliminary considerations / J. Lahtinen, O. A. V. Banda, P. Kujala, S. Hirdaris // Proceedings of the International Seminar on Safety and Security of Autonomous Vessels (ISSAV) and European STAMP Workshop and Conference (ESWC) 2019. — Sciendo, 2020. — Pp. 48–57.

6. Rokseth B. Safety Verification for Autonomous Ships / B. Rokseth, O. I. Haugen, I. B. Utne // MATEC Web of Conferences. — EDP Sciences, 2019. — Vol. 273. — Pp. 02002. DOI: 10.1051/mateconf/201927302002.

7. Каретников В. В. Основные принципы построения алгоритмов управления беспилотным судном в акватории порта / В. В. Каретников // Речной транспорт (XXI век). — 2019. — № 2 (90). — С. 55–57.

8. Karetnikov V. Tasks of developing the aquatory for testing autonomus ships in inland waterways / V. Karetnikov, G. Chistyakov, E. Ol'khovik // E3S Web of Conferences. — EDP Sciences, 2020. — Vol. 157. — Pp. 02010. DOI: 10.1051/e3sconf/202015702010.

9. Каретников В. В. Создание акватории для проведения испытаний безэкипажных судов на внутренних водных путях Российской Федерации / В. В. Каретников, Г. Б. Чистяков, В. А. Бекряшев // Морская радиоэлектроника. — 2019. — № 4 (70). — С. 46–49.

10. Karetnikov V. Technology Level and Development Trends of Autonomous Shipping Means / V. Karetnikov, E. Ol'khovik, A. Ivanova, A. Butsatets // Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport. — Springer, Cham, 2019. — Pp. 421–432. DOI: 10.1007/978-3-030-57450-5_36.

11. Котляренко В. И. К вопросу об испытаниях высокоавтоматизированных и беспилотных автотранспортных средств / В. И. Котляренко // Труды НАМИ. — 2020. — № 1 (280). — С. 94–102. DOI: 10.51187/0135-3152-2020-1-94_102.

12. Сикарев И. А. Критерии оснащения зоны испытаний и эксплуатации безэкипажных судов системами обмена информации / И. А. Сикарев, А. В. Гаранин, О. В. Петриева // Методы и технические средства обеспечения безопасности информации. — 2020. — № 29. — С. 33.

13. Михайлюк Ю. П. Безэкипажные плавсредства: современное состояние и перспективы / Ю. П. Михайлюк, А. А. Цулеев // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. — 2019. — № 2. — С. 51–52.

14. Васин А. В. К вопросу создания телекоммуникационной автоматизированной системы организации движения на внутренних водных путях / А. В. Васин, В. В. Каретников, А. И. Меншиков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 4. — С. 870–879. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-870-879.

15. Пат. 202 129 Российская Федерация, МПК В63В 22/16. Навигационный буй / Е. О. Ольховик, В. В. Каретников; Заявлено и патентообл. ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова». — № 2020135843; Заявл. 30.10.2020; Опубл. 03.02.2021, Бюл. № 4.

REFERENCES

1. *Razrabotka rekomendatsii po obespecheniyu bezopasnosti bezekipazhnogo sudovozhdeniya v pribrezhnykh i portovykh zonakh, a takzhe na vnutrennikh vodnykh putyakh pri ekspluatatsii bezekipazhnogo sudna dlya zadach gidrografii i monitoringa vodnykh ob»ektov. Shifr: «BP-Morfometr-A». Report. SPb., 2018. № НИОКТР АААА-А19-119100890038-2.*

2. Andryushechkin, Y. N., V. V. Karetnikov, and A. P. Yasnov. “On the question of the use of modern information technology for navigation safety on lake Onega.” *Marine Radio-electronics* 1(59) (2017): 16–19.

3. Prokhorenkov, Andrei Aleksandrovich. “Use of three-dimensional navigation charts to improve inland waterways navigation safety.” *International Journal of Advanced Studies* 9.1 (2019): 26–49. DOI: 10.12731/2227-930X-2019-1-26-49.

4. Titov, Alexey V., Lama Barakat, Olga Y. Lazovskaya, German A. Taktarov, and Oleg P. Kovalev. "Risk assessment of operating unmanned ships." *Marine Intelligent Technologies* 1–4(43) (2019): 11–23.
5. Lahtinen, Janne, O. A. V. Banda, P. Kujala, and S. Hirdaris. "The Risks of Remote Pilotage in an Intelligent Fairway—preliminary considerations." *Proceedings of the International Seminar on Safety and Security of Autonomous Vessels (ISSAV) and European STAMP Workshop and Conference (ESWC) 2019*. Sciendo, 2020. 48–57.
6. Rokseth, Børge, Odd Ivar Haugen, and Ingrid Bouwer Utne. "Safety verification for autonomous ships." *MATEC Web of Conferences*. Vol. 273. EDP Sciences, 2019. DOI: 10.1051/mateconf/201927302002.
7. Karetnikov, V., S. Rudykh, and A. Butsanets. "Basic principles for creating algorithms of control unmanned ship in port's water area." *River Transport (XXIst century)* 2(90) (2019): 55–57.
8. Karetnikov, Vladimir, Gleb Chistyakov, and Evgeniy Ol'khovik. "Tasks of developing the aquatory for testing autonomus ships in inland waterways." *E3S Web of Conferences*. Vol. 157. EDP Sciences, 2020. 02010. DOI: 10.1051/e3sconf/202015702010.
9. Karetnikov, V. V., G. B. Chistyakov, and V. A. Bekryashev. "Creating areas for test of unmanned vessels on waterways of the Russian Federation." *Marine Radio-electronics* 4(70) (2019): 46–49.
10. Karetnikov, Vladimir, Evgeniy Ol'Khovik, Aleksandra Ivanova, and Artem Butsanets. "Technology Level and Development Trends of Autonomous Shipping Means." *Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport*. Springer, Cham, 2019. 421–432. DOI: 10.1007/978-3-030-57450-5_36.
11. Kotlyarenko, V. I. "On the issue of testing highly automated and unmanned vehicles." *Trudy NAMI* 1(280) (2020): 94–102. DOI: 10.51187/0135-3152-2020-1-94-102.
12. Sikarev, I. A., A. V. Garanin, and O. V. Petrieva. "Kriterii osnashcheniya zony ispytaniy i ekspluatatsii bezekipazhnykh sudov sistemami obmena informatsii." *Metody i tekhnicheskie sredstva obespecheniya bezopasnosti informatsii* 29 (2020): 33.
13. Mickhayluck, Y. P., and A. A. Tsuleyev. "Unmanned ships: current state and prospects." *Sovremennye problemy radioelektroniki i telekommunikatsii* 2 (2019): 51–52.
14. Vasin, Andrey V., Vladimir V. Karetnikov, and Aleksandr I. Menshikov. "Creation of automated telecommunication traffic routing system on inland waterways." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.4 (2018): 870–879. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-870-879.
15. Ol'khovik, E. O., and V. V. Karetnikov. RU 202 129 U1, IPC B63B 22/16. Navigatsionnyi bui. Russian Federation, assignee. Publ. 3 Feb. 2021.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Андрюшечкин Юрий Николаевич —
 кандидат технических наук
 ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
 С. О. Макарова»
 198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
 ул. Двинская, 5/7
 e-mail: kaf_svvp@gumrf.ru

Прохоренков Андрей Александрович —
 кандидат технических наук
 ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
 С. О. Макарова»
 198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
 ул. Двинская, 5/7
 e-mail: kaf_svvp@gumrf.ru

Лукин Андрей Иванович — специалист
 Федеральное агентство морского
 и речного транспорта
 125993, Российская Федерация, Москва,
 ул. Петровка, 3/6
 e-mail: kaf_svvp@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Andryushechkin, Yuri N. —
 PhD
 Admiral Makarov State University of Maritime
 and Inland Shipping
 5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
 Russian Federation
 e-mail: kaf_svvp@gumrf.ru

Prokhorenkov, Andrey A. —
 PhD
 Admiral Makarov State University of Maritime
 and Inland Shipping
 5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
 Russian Federation
 e-mail: kaf_svvp@gumrf.ru

Lukin, Andrey I. — Specialist
 The Federal Agency for Maritime
 and River Transport
 3/6 Petrovka Str., Moscow, 125993,
 Russian Federation
 e-mail: kaf_svvp@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 05 февраля 2021 г.
 Received: February 5, 2021.