

УДК 629.12

DOI: 10.37890/jwt.vi87.696

Автоматизация оценки технического состояния корпуса судна

Ю.А. Кочнев

ORCID: 0000-0002-6864-4473

И.Б. Кочнева

ORCID: 0000-0002-5612-3742

О.К. Зяблов

ORCID: 0000-0002-2981-779X

Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация: Суда внутреннего и смешанного (река-море) плавания характеризуются ограниченными сроками ремонтно-восстановительных работ, приходящихся на «холодный» период года, существенный возраст и отсутствие документации в электронном виде. Эти обстоятельства существенно усложняют дефектацию судна и сопутствующую подготовку организационно-технической документации. В связи с курсом на цифровизацию и формирование единого цифрового паспорта судна, задача автоматизации оценки технического состояния корпуса является критически важной. Ключевая проблема заключается в разрыве информационных потоков: планирование ремонта ведется в условиях неопределенности объема работ, а оценка технического состояния (дефектация) и подготовка отчетной документации (растяжки, таблицы регистрации результатов измерений и рекомендации по восстановлению технического состояния) выполняются вручную или с использованием устаревших методов, при этом передача информации между этапами выполняется в большинстве случаев «перепечатыванием» цифр. В работе предлагается комплексный подход к автоматизации планово-организационной подготовки судоремонта, включающий три основных направления: автоматизированное восстановление цифровой основы, роботизация процесса дефектации и интеграция данных в документооборот с цифровой алгоритмизацией их обработки. Все перечисленные направления позволят не только поднять качество дефектации, но и повысить эффективность судна в целом.

Ключевые слова: дефектация, судоремонт, робот, подготовка технической документации

Automation of vessel hull technical condition assessment

Yuri A. Kochnev

ORCID: 0000-0002-6864-4473

Irina B. Kochneva

ORCID: 0000-0002-5612-3742

Oleg K. Zyablov

ORCID: 0000-0002-2981-779X

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia.

Abstract: Inland and mixed (river-sea) navigation vessels are characterized by limited periods of repair and restoration work occurring during the “cold” period of the year, significant age and lack of electronic documentation. These circumstances significantly complicate the defect detection of the vessel and the accompanying preparation of organizational and technical documentation. In connection with the course towards digitalization and the formation of a unified digital passport of the vessel, the task of automating the assessment of the hull technical condition is critically important. The key problem is the disruption of information flows: repair planning is carried out in conditions of uncertainty of the scope of work, and the assessment of the technical condition (defects) and

the preparation of reporting documentation (stretch marks, tables for recording measurement results and recommendations for restoring the technical condition) are carried out manually or using outdated methods, in this case, the transfer of information between stages is carried out in most cases by “retyping” numbers. The work proposes an integrated approach to automating the planning and organizational preparation of ship repair, including three main areas: automated restoration of the digital basis, robotization of the defect detection process and integration of data into document flow with digital algorithmization of their processing. All of the above areas will not only improve the quality of defect detection, but also increase the efficiency of the vessel as a whole.

Keywords: defect detection, ship repair, robot, preparation of technical documentation.

Введение

Суда внутреннего плавания в силу специфики своей работы в весенне – осенний период имеют короткий временной интервал на ремонтно-восстановительные работы при капитальном, среднем и других видах ремонта. Планирование по размещению судна на территории завода для осуществления регламентных операций зачастую выполняется, когда необходимый объем и состав работ по ремонту ещё не известен. Оценку технического состояния выполняют после установки судна на «кильблоках» в «холодные» периоды года, что существенно её затрудняет.

После проведения оценки технического состояния требуется предъявить Российскому Классификационному обществу (РКО) набор документов, в состав которого, например, входит растяжка наружной обшивки корпуса судна с нанесёнными проектными и остаточными толщинами, а также различными дефектами. Для речных судов, у которых в настоящее время средний возраст превысил 40 лет [1], документация в электронном векторном формате, облегчающем оформление по нормам РКО, практически отсутствует.

По мимо этого передача информации от источника данных (измерительного прибора) к конечному документу, передаваемому на согласование эксперту классификационного общества, включая все промежуточные расчётные и сводные результаты, выполняется вручную.

Целенаправленность судовладельцев, Объединённой судостроительной корпорации и участников жизненного цикла судна на формирование единого цифрового документа, сопровождающего развитие судна от этапа постройки до его утилизации, в виде электронного паспорта, единой информационной модели или электронного регламента утилизации судна и т.п. [2], [3], [4], [5], [6], требует широкого внедрения электронного взаимодействия между участниками судостроения и судоремонта. Тогда автоматизация оценки технического состояния корпуса речного судна, как одного из элементов развития цифровизации в судоремонте становится актуальной и востребованной задачей.

Материалы и методы

Цифровизацию процесса оценки технического состояния корпусов судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания, поднадзорных Российскому классификационному обществу можно представить в виде трёх основных этапов:

- подготовка проектной документации;
- выполнение работ на судне;
- оформление отчётной документации.

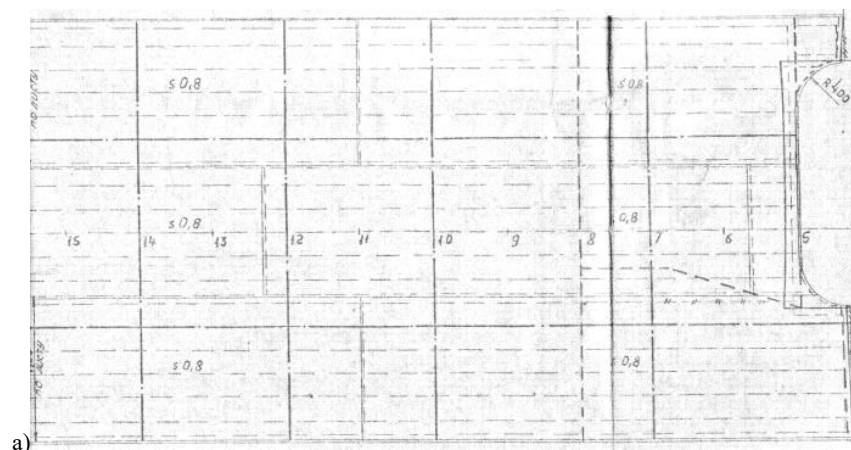
Взаимосвязь между указанными этапами приведена на рисунке 1. Поток информации может быть начат с пространственной цифровой модели судна (ПЦМ), при её наличии. В случае полной или частичной автоматизации третьего этапа (Дефектация), которая проводится непосредственно на судне, ПЦМ необходима и должна быть создана для каждого объекта морской и речной техники, для чего может

быть использован теоретический чертёж, практический корпус, конструктивный чертёж корпуса, растяжка наружной обшивки, настилов палуб и водонепроницаемых переборок.



Рис. 1. Блок-схема информационных потоков при подготовке к ремонту

Учитывая, как было отмечено выше, отсутствие для большинства речных судов, находящихся в эксплуатации, перечисленных чертежей в электронном виде, необходимо их восстановление с бумажного носителя. Получение растрового формата не представляет сложностей и может быть выполнено или с применением промышленных сканеров больших форматов, или даже с помощью камеры мобильного телефона с последующим масштабированием и объединением в один рисунок. Его перевод в векторный формат возможен, например утилитами лёгкого САПР nanoCAD отечественной компании CSoft (рисунок 2). Одним из преимуществ предлагаемого подхода может служить разработка на его основе тяжелого судостроительного САПР на базе ModelStudio с формированием единой информационной модели объекта морской и речной техники.



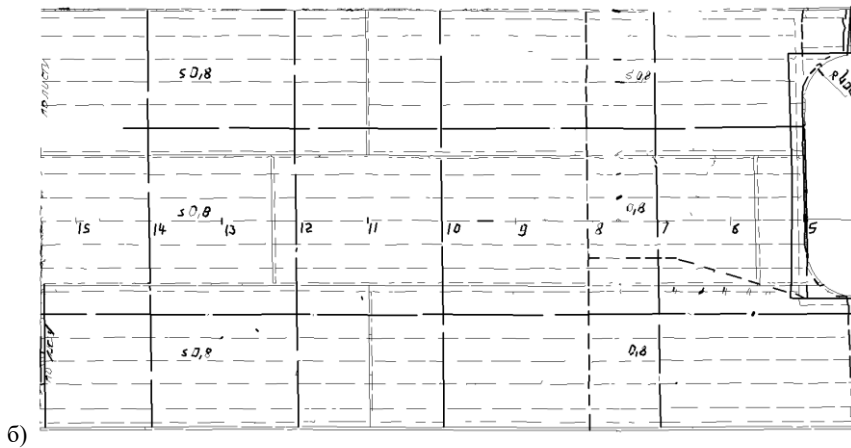


Рис. 2. Растровый (а) и векторный (б) примеры части конструктивного чертежа

Существенным недостатком предлагаемого перехода является разрыв пунктирных и штрихпунктирных линий, которых на рассматриваемом чертеже большое количество, так как они обозначают разные элементы конструкции корпуса судна. Их представление в виде отдельных сегментов требует дополнительной обработки, что сопоставимо по трудозатратам с созданием нового чертежа, за счёт обвода растровой подложки, которую поддерживают большинство современных лёгких САПР.

То есть, при отсутствии ПЦМ судна, растяжку наружной обшивки (НО) корпуса более рационально выполнять традиционными методами. Однако, учитывая, что она необходима только для включения в комплект документов РКО, её представление может быть заменено на условное схематичное представление в электронных таблицах (Open Office, MS Excel и др.).

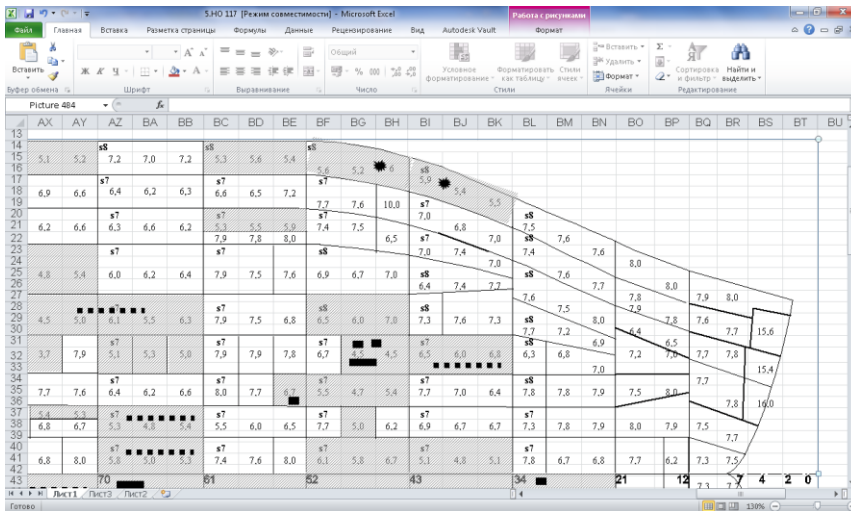


Рис. 3. Растяжка НО в формате электронной таблицы

Автоматизация части процесса дефектации на судне может быть выполнена за счёт применения роботизированных комплексов (рисунок 4), который состоит из несущей платформы на гусеничном ходу, электродвигателей, прижимных магнитов,

блока управления роботом с источником питания, блока толщинометрии, «умной» камеры; блока геодезической оценки кривизны поверхности и оценки пространственного положения [7], взаимосвязь между которыми приведена на рисунке 5.

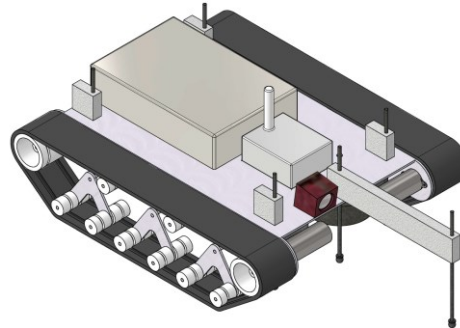


Рис. 4. Робот для дефектации корпуса металлического судна

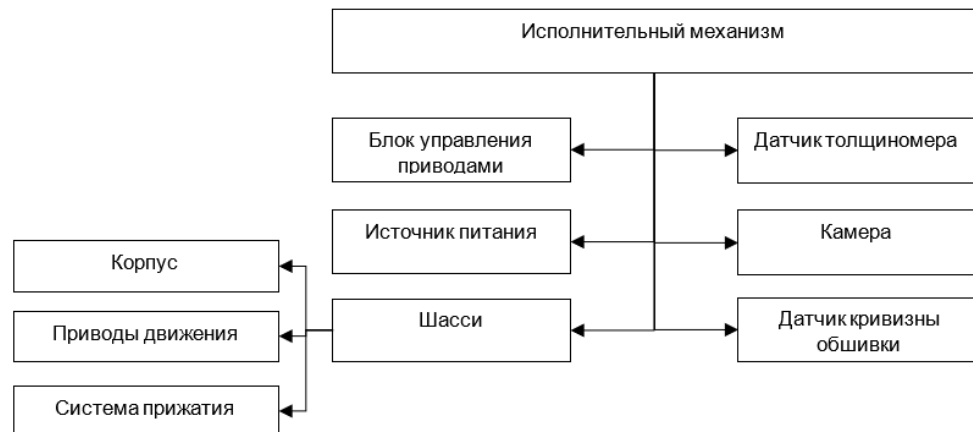


Рис. 5. Принципиальная схема телеуправляемого аппарата для дефектации

Перечисленные конструктивные элементы позволяют предлагаемой конструкции самостоятельно перемещаться по криволинейной поверхности наружной обшивки, а также плоским поверхностям палуб и переборок прикрепляясь к ним за счёт неодимовых магнитов. Наличие умной камеры в связке с системой искусственного интеллекта на базе нейросетей позволит находить и определять геометрические характеристики дефектов поверхностей (вмятин, гофрировок, пробоин и т.д.). Однако внешнее определение положения балок набора, пазов и стыков обшивки только за счёт машинного зрения может быть затруднительным, поэтому позиционирование робота осуществляется по ПЦМ корпуса, формируемой в блоке 1 (рисунок 1).

Наличие растяжки наружной обшивки, настилов палуб, платформ и переборок в векторном формате, позволяет, используя средства расширения возможностей на базе языка Visual Lisp, идентифицировать линии чертежа (рисунок 6) тем самым автоматизировать передачу данных из памяти робота на графо-математическую модель (ГММ) и в электронные таблицы.

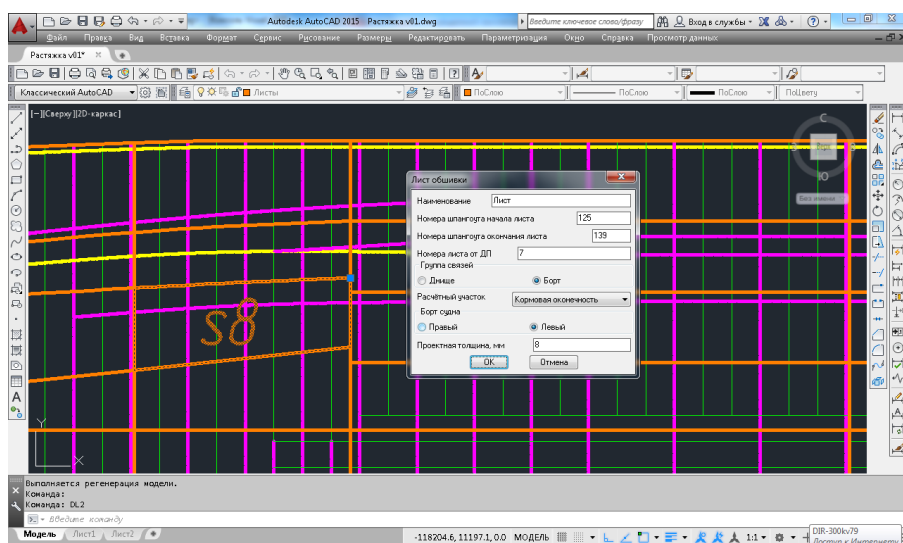


Рис. 6. Растяжка наружной обшивки

В ГММ проставляются идентифицированные дефекты и остаточные толщины листовых элементов связей корпуса. В таблицы заносится аналогичная информация, но в отличие от растяжек в численном виде и выполняются вычисления остаточных толщин, анализ деформаций, сравнения дефектов с допускаемыми значениями, формируются рекомендации по ремонту. Все перечисленное представляет собой отчёт по дефектации, направляемый в классификационное общество на согласование.

ПЦМ, выполненная на первом этапе, позволяет автоматически сформировать эквивалентный брус судна, на основе которого выполняется расчёт общей прочности по регламентированной методике, так же направляемый на согласование.

Обсуждение

Комплексный подход к автоматизации дефектации и последующего оформления документации на её основе, содержащий пространственную цифровую модель судна, строго упорядоченные потоки информации между реальным судном, средствами измерения, базами данных, алгоритмами обработки текущей информации и её конечного представления можно рассматривать как инновационный подход к доминирующей части плано-организационной подготовки судоремонта. Внедрение единичных предложений из рассмотренной схемы, как например, только роботизация или графоаналитическое представление корпуса, не приведёт к качественным изменениям и скорее всего только усложнит отработанный годами процесс.

Внедрение рассматриваемых предложений возможно только совместно с изменением подхода классификационного общества, судовладельцев, судоремонтных предприятий к самой идеологии оценки технического состояния судна и последующем его поддержании и, при необходимости, восстановлением. Однако это необходимо делать в рамках выполнения национального проекта «Экономика данных и цифровая трансформация государства» [8, 9]. Аналоги подобных решений в рамках морского судостроения у нас в стране уже есть [10] и их как наилучшие практики, необходимо внедрять для судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания.

Заключение

Предлагаемые способы автоматизации процесса дефектации судна и сопутствующих работ по выпуску технической документации после их внедрения в технологические процессы позволит снизить их трудоёмкость, повысить качество и,

что наиболее важно, существенно сократить сроки исполнения. Последнее обстоятельство, так же положительно скажется и на общей эффективности судна, за счёт возможности более позднего вывода из эксплуатации на очередной ремонт и освидетельствование.

Список литературы

1. Красюк, А.Б. Исследование вопроса возможности дальнейшей эксплуатации танкеров типа «Волгонефть» при условии своевременного качественного ремонта / А.Б. Красюк, А.А. Буцанец // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2025. – Т. 17, № 4. – С. 545-557. – DOI 10.21821/2309-5180-2025-17-4-545-557.
2. Конфигурация электронного паспорта судна / А.Э. Тимин, Е.В. Филиппов, В.В. Огнева, Е.Г. Бурмистров // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2017. – № 51. – С. 64-68.
3. Кочнева, И.Б. Концептуальная модель регламента утилизации судна / И.Б. Кочнева, Ю.А. Кочнев // Морские интеллектуальные технологии. – 2025. – № 2-1(68). – С. 100-106. – DOI 10.37220/МИТ.2025.68.2.010.
4. Электронная информационная модель изделий судостроения на различных стадиях жизненного цикла / О. Галкина, А. Рындин, Л. Рябенский [и др.] // САПР и графика. – 2005. – № 4. – С. 18.
5. Давыдов Денис. Единый формат данных для судостроения – новый предмет оживленных дискуссий // [Электронный ресурс]: <https://mashnews.ru/edinyij-format-dannyix-dlya-sudostroeniya-novuij-predmet-ozhivlennyix-diskussij.html> (дата обращения 31.01.2026)
6. Логинов, А.Н. Особенности разработки и внедрения информационной системы по созданию рабочей конструкторской документации по общекорабельным системам / А.Н. Логинов, Р.О. Арчевков, С.А. Никифоров // Судостроение. – 2022. – № 1(860). – С. 18-23.
7. Автоматизированная оценка технического состояния корпуса судна перед его утилизацией / О.К. Зяблов, И.Б. Кочнева, Ю.А. Кочнев, В.А. Лобанов // Морские интеллектуальные технологии. – 2025. – № 3-3(69). – С. 61-67. – DOI 10.37220/МИТ.2025.69.3.056.
8. Неуступова, А. С. Цифровизация судостроения на основе современных информационных технологий (опыт и перспективы) / А.С. Неуступова, А.С. Горбачев // Естественно-гуманитарные исследования. – 2025. – № 3(59). – С. 402-407.
9. Представлен проект цифровой трансформации судостроительной отрасли. [Электронный ресурс]. https://www.korabel.ru/news/comments/predstavlen_proekt_cifrovoy_transformacii_sudostr_oitelnoy_otrasli.html (дата обращения 02.03.2026)
10. Зяблов О.К., Науменко А.Н. Сравнительный анализ правил PPP и РМРС в области освидетельствований и дефектации судов. // Великие реки 2018: Материалы международной научно-методической конференции. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2018. – URL: <http://vf-река-море.рф/2018/PDF/9.pdf> (дата обращения 02.03.2026).

References

1. Krasnyuk, A.B., Butsanets A.A. Issledovanie voprosa vozmozhnosti dal'neishei ehkspluatatsii tankerov tipa «Volgoneft'» pri uslovii svoevremennogo kachestvennogo remonta [On the possibility of continuing to operate volgoneft-type tankers, provided that they undergo timely, high-quality repairs] Vestnik Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping. 2025, T. 17, no.4, pp. 545-557. (In Russ). – DOI 10.21821/2309-5180-2025-17-4-545-557.
2. A.Eh. Timin, E.V. Filippov, V.V. Ogneva, E.G. Burmistrov. Konfiguratsiya ehlektronnogo pasporta sudna [The vessel electronic passport configuration] Vestnik Volzhskoi gosudarstvennoi akademii vodnogo transporta. 2017, no.51, pp. 64-68, (In Russ).
3. Kochneva, I.B., Kochnev, Yu.A. Kontseptual'naya model' reglamenta utilizatsii sudna [Conceptual model of the ship recycling regulations] Morskie intellektual'nye tekhnologii. [Marine intellectual technologies]. 2025, no.2-1(68), pp. 100-106. (In Russ). – DOI 10.37220/МИТ.2025.68.2.010.

4. O. Galkina, A. Ryndin, L. Ryaben'kii [& other] Ehlektronnaya informatsionnaya model' izdelii sudostroeniya na razlichnykh stadiyakh zhiznennogo tsikla. [Electronic information model of shipbuilding products at various stages of the life cycle]. SAPR i grafika. 2005. no.4, p. 18. (In Russ).
5. Davydov Denis. Edinyi format dannykh dlya sudostroeniya – novyi predmet ozhivlennykh diskussii [A unified data format for shipbuilding is a new subject of lively debate] [Ehlektronnyi resurs]: Available at: <https://mashnews.ru/edinyij-format-dannyix-dlya-sudostroeniya-novyyj-predmet-ozhivlennyix-diskussij.html> (accessed 31.01.2026)
6. A.N. Loginov, R.O. Arshekov, S.A. Nikiforov Osobennosti razrabotki i vnedreniya informatsionnoi sistemy po sozdaniyu rabochei konstruktorskoj dokumentatsii po obshchekorabel'nyim sistemam x Features of the development and implementation of an information system for the creation of working design documentation for general ship systems] Sudostroenie. 2022, no.1(860), pp. 18-23. (In Russ).
7. O.K. Zyablov, I.B. Kochneva, Yu.A. Kochnev, V.A. Lobanov. Avtomatizirovannaya otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya korpusa sudna pered ego utilizatsiei [Automated assessment of the technical condition of the vessel's hull before its disposal] Morskoe intellektual'nye tekhnologii. [Marine intellectual technologies] 2025, no.3-3(69), pp. 61-67. (In Russ).– DOI 10.37220/MIT.2025.69.3.056.
8. Neustupova, A.S., Gorbachev A.S. Tsifrovizatsiya sudostroeniya na osnove sovremennykh informatsionnykh tekhnologii (opyt i perspektivy) Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya. 2025, no.3(59), pp. 402-407. (In Russ).
9. Predstavlen proekt tsifrovoi transformatsii sudostroitel'noi otrasli. [Ehlektronnyi resurs]. Available at: https://www.korabel.ru/news/comments/predstavlen_proekt_cifrovoy_transformacii_sudostr_oitelnoy_otrasli.html (accessed 02.03.2026)
10. Zyablov O.K., Naumenko A.N. Sravnitel'nyi analiz pravil RRR i RMRS v oblasti osvidetel'stvovaniy i defektatsii sudov [Comparative analysis of the rules of rmrs and rrr in the field of survey and inspection of ships]. Velikie reki-2018 [Great rivers-2018]: Materialy mezhdunarodnoi nauchno-metodicheskoi konferentsii. Available at: <<http://XN-----7KCGQC6ASSOG3B.XN--P1AI>> (accessed 02.03.2026).

Кочнев Юрий Александрович, д.т.н., доцент, профессор кафедры Проектирования и технологии постройки судов ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: tmnkoch@mail.ru

Yuri A. Kochnev, doctor of Technical Sciences, Professor, professor of Department of Design and construction of ships, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod, Russia, 603951

Кочнева Ирина Борисовна, к.т.н., доцент, доцент кафедры Охраны окружающей среды и производственной безопасности ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: iringre@mail.ru

Irina B. Kochneva, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of Department the Environmental Protection and Industrial Safety, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod, Russia, 603951

Зяблов Олег Константинович, к.т.н., доцент, доцент кафедры Проектирования и технологии постройки судов ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: zyablov_ok@mail.ru

Oleg K. Zyadlov, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of Department the Department of Design and construction of ships, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterova street, Nizhny Novgorod, Russia, 603951

Статья поступила в редакцию 25.03.2026; принята к публикации 20.04.2026; опубликована онлайн 20.06.2026. Received 25.03.2026; published online 20.06.2026.