

ON THE POSSIBILITY OF CONTINUING OPERATION OF VOLGONEFT-TYPE TANKERS PROVIDED TIMELY, HIGH-QUALITY REPAIRS ARE PERFORMED

A. B. Krasiuk, A. A. Butsanets

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

This article addresses issues related to the duration of accident-free operation of Volgoneft-type tankers, project No. 1577, provided that high-quality repairs and modernization are carried out. The relevance of the study is due to the accident that occurred on December 15, 2024, in the Kerch Strait, where two vessels of this project (Volgoneft-212 and Volgoneft-239) were wrecked, leading to an environmental disaster caused by fuel oil spill. The paper examines possible causes of the accident, including failure to comply with requirements of the Russian classification society (RS), overloading, and lack of high-quality hull repairs. The article considers the hypothesis that the reliability of vessel operation is determined not by their age, but by their technical condition, which is ensured by the shipowner through regular inspections combined with high-quality hull repair. The article presents the results of strength calculations for tanker hulls carried out in 2019–2024 and provides data on modernization, including the replacement of structures with high-strength steel (RS D32 with a yield strength of 315 MPa), raising of the second bottom, and relocation of bulkheads in the cargo area according to MAKO requirements. The design features of the vessels, their classification restrictions, and the influence of residual deformations, such as overall residual buckling, on the probability of hull fracture are analyzed. Special attention is given to hazardous sections in the cargo tank area, where fractures occurred in the wrecked vessels. To increase reliability, it is proposed to reinforce the hulls with additional strips at the most weakened connections (deck covering or bottom plating), which is an economically efficient solution. The conclusion is made that, subject to compliance with the Russian classification society's requirements for regular technical inspections and an individual approach to repairs, Volgoneft-type tankers can continue safe and effective operation despite their average age of 48 years in 2025. The results show that modernized tankers have sufficient strength reserve for safe operation within the RCS classes ("XM-PR 2.5" or "XM-SP 3.5").

Keywords: Volgoneft-type tanker, safe navigation, technical condition, ship hull, high-quality repair, hull modernization, strength calculations, hull reinforcement.

For citation:

Krasiuk, Alla B. and A. A. Butsanets. "On the possibility of continuing to operate Volgoneft-type tankers, provided that they undergo timely, high-quality repairs." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 17.4 (2025): 545–557. DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-4-545-557.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСА ВОЗМОЖНОСТИ ДАЛЬНЕЙШЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТАНКЕРОВ ТИПА «ВОЛГОНЕФТЬ» ПРИ УСЛОВИИ СВОЕВРЕМЕННОГО КАЧЕСТВЕННОГО РЕМОНТА

А. Б. Красюк, А. А. Буцанец

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

Темой работы является исследование вопросов длительности безаварийной эксплуатации танкеров типа «Волгонефть» проекта № 1577 при условии качественного ремонта и модернизации. Актуальность работы обусловлена произошедшей 15 декабря 2024 г. аварией в Керченском проливе, где два судна проекта («Волгонефть-212» и «Волгонефть-239») потерпели крушение, вызвав экологическую катастрофу из-за выброса мазута. Рассмотрены возможные причины аварии, включая несоблюдение требований Российского классификационного общества, перегруз, отсутствие качественного ремонта корпусов. Выполнен анализ гипотезы о том, что надежность эксплуатации судов определяется не их возрастом, а техническим состоянием, которое в свою очередь обеспечивается судовладельцем через регулярные освидетельствования в совокупности с качественным ремонтом корпуса. Представлены результаты

прочностных расчетов корпусов танкеров, выполненных в 2019–2024 гг., и данные о модернизации, включающей замену конструкций на сталь повышенной прочности (РС D32 с пределом текучести 315 МПа), подъем второго дна и перенос переборок в грузовой зоне в соответствии с требованиями МАКО. Рассмотрены особенности конструкции судов, их классификационные ограничения и влияние остаточных деформаций, таких как общий остаточный перегиб, на вероятность перелома корпуса. Особое внимание уделено опасным сечениям в районе грузовых танков, где произошли переломы у потерпевших крушение судов. Для повышения надежности предлагается усиление корпусов путем установки полос подкрепления на наиболее ослабленные связи (настил палубы или обшивку днища), что является экономически эффективным решением. Сделан вывод о том, что при соблюдении требований Российского классификационного общества в части регулярного контроля технического состояния и индивидуального подхода к ремонту танкеры «Волго-нефть» могут продолжать безопасную и эффективную эксплуатацию несмотря на возраст, составляющий в среднем 48 лет в 2025 г. Результаты расчетов показывают, что модернизированные танкеры обладают достаточным запасом прочности для безопасной эксплуатации в рамках классов РКО («ХМ-ПР 2,5» или «ХМ-СП 3,5»).

Ключевые слова: танкер типа «Волго-нефть», безопасное судоходство, техническое состояние, корпус судна, качественный ремонт, модернизация корпуса, прочностные расчеты, усиление корпуса.

Для цитирования:

Красюк А. Б. Исследование вопроса возможности дальнейшей эксплуатации танкеров типа «Волго-нефть» при условии своевременного качественного ремонта / А. Б. Красюк, А. А. Буцанец // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2025. — Т. 17. — № 4. — С. 545–557. DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-4-545-557. — EDN DYSASI.

Введение (Introduction)

15 декабря 2024 г. в Керченском проливе произошло крушение двух танкеров проекта № 1577 типа «Волго-нефть». Авария сопровождалась выбросом мазута в акваторию Черного моря. До настоящего времени высказываются мнения о необходимости вывода всех судов типа «Волго-нефть» из эксплуатации независимо от фактического технического состояния каждого из судов данного проекта. В Научном центре (НЦ) ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова» в течение нескольких десятилетий выполнялись исследования корпусов судов по заказу судоводительских компаний. Были выполнены работы по расчету и оценке общей прочности корпуса судов и местной прочности их элементов, разрабатывались методы и обосновывались объемы ремонта. В рамках данных исследований специалистами лаборатории «Ремонта корпусов судов» были выполнены расчеты прочности корпусов судов типа «Волго-нефть», принадлежащих другому судовладельцу. В течение ряда лет (2018–2023 гг.) проводилась работа по составлению и согласованию отчетов по группе танкеров данного проекта с инспекторами Российского классификационного общества (РКО). По некоторым исследуемым судам расчеты прочности и оценка их надежности выполнялись 2–3 раза при очередных освидетельствованиях.

В научной литературе рассматриваются различные аспекты прочности корпусов судов. Например, в некоторых работах [1]–[5] исследуются остаточные деформации корпусов (общие и местные), рассматриваются методические основы дефектации стальных конструкций, а также вопросы влияния погрешностей измерений на прочность и способы повышения точности, а также предлагаются новые подходы мониторинга, такие как использование телеуправляемых подводных аппаратов для неразрушающего контроля. В публикациях [5]–[10] выполнен анализ надежности корпусов с учетом остаточных деформаций (общих и местных), разработаны способы расчета надежности с учетом ремонтов и условий эксплуатации. Работы по ремонту судов речного флота, механизации инструментального контроля и патент на метод контроля наружной обшивки отражают переход от теории к практическим рекомендациям, включая интеграцию ремонтов в модели надежности. В публикациях [11]–[16] рассмотрены вопросы влияния деформаций на элементы корпусов, математические модели и алгоритмы для проведения инспекций. Обсуждаются перспективные направления корректировки дефектации для судов смешанного плавания, а также изменения технического состояния из-за износа. При этом в литературе не рассматриваются вопросы, касающиеся ремонта корпуса судов типа «Волго-нефть».

В средствах массовой информации описаны различные версии причины аварии, а также рассматриваются их последствия [17], [18]. В частности, существует мнение о необходимости списания данного проекта судов еще 10–15 лет назад. Однако надежность корпуса судна зависит не столько от возраста, сколько от его технического состояния, за которое отвечает судовладелец. Обеспечение надежной эксплуатации судна судовладельцем подразумевает соблюдение периодичности качественных освидетельствований и ремонтов, а также выполнение работ по модернизации корпуса судна.

В настоящее время основное внимание специалистов сосредоточено на проблеме ликвидации экологических последствий, вызванных крушением танкеров в Керченском проливе. Необходимо всесторонне исследовать причины наступления этой масштабной экологической катастрофы.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Обзор первопричин гибели танкеров. Причинами вывода судна из эксплуатации вследствие наступления аварийного случая (без возможности его последующего восстановления) являются:

- затопление вследствие потери остойчивости;
- перелом корпуса, как это произошло в случае гибели т/х «Волгонефть-212» и «Волгонефть-239».

Понятие надежной эксплуатации судна связано с понятиями: *дефект* и *отказ*. При этом более 95 % всех дефектов судна не приводят к его отказу, гибели и выводу из эксплуатации. Часть дефектов корпуса являются вполне прогнозируемыми при условии регулярного слежения за техническим состоянием. Что касается такого вида отказа, как *перелом корпуса*, то его также можно считать прогнозируемым, и для исключения возможности его возникновения необходимо:

- соблюдение предусмотренных классом и районом плавания (в данном случае Российским классификационным обществом (РКО) условий эксплуатации;
- соблюдение сезонных ограничений к плаванию (наличие или отсутствие класса «лед» в формуле класса судна);
- соблюдение действующей и одобренной РКО «Инструкции для капитана по погрузке-выгрузке» или иного по названию, но аналогичного по содержанию документа (исключение перегруза);
- своевременное и качественное выполнение ремонта корпуса судна;
- проверка уровня общей прочности корпуса судна после ремонта, подтверждающая соответствие судна классу, указанному в «Свидетельстве на годность к плаванию».

В случае соблюдения указанных требований перелом судна может произойти только в случае форс-мажорных обстоятельств, вызванных глобальным потеплением, а именно: цунами, смерчи, бури, изменение параметров ветроволнового режима и др. Следует отметить, что строгое соблюдение всех действующих на момент оценки требований РКО обеспечивает такой запас общей прочности корпуса, что его перелом не может произойти в принципе. Таким образом, на основании ранее изложенного можно сделать вывод о том, что существует комплекс причин перелома корпусов судов «Волгонефть-239» и «Волгонефть-212»: несоблюдение требований класса судна, возможный перегруз, некачественный ремонт и отсутствие модернизации корпуса.

Опыт эксплуатации и общая характеристика технического состояния танкеров типа «Волгонефть». Связь возраста судна с вероятностью возникновения такого отказа, как перелом корпуса, обусловлена существенным, имеющим основополагающее значение качеством ремонта и технического обслуживания судов. В 2015–2025 гг. отечественный флот начал пополняться нефтеналивными судами новой постройки (в том числе внутреннего плавания), однако, из-за дефицита провозной способности, старые суда все еще используются и работают надежно и эффективно. В частности, имеется опыт эксплуатации нефтеналивных судов более старого проекта № 576ТМ «М-ПР 2,5 (лед 10)», 1961 г. постройки, поддерживающим ремонтом в 2017 г., ремонтом в 2019 г. и работой до 2023 г.

Базовым для эксплуатирующихся в настоящее время танкеров типа «Волгонефть» пр. № 1577 являлся проект № 550А, а также его модификация — проект № 558. Дата начала строительства серии 1959 г. По данному проекту построили около 80 судов.

Для судов проекта № 558 в СПГУВК (ныне — ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова) были выполнены следующие расчеты их общей прочности:

1. В 2014 г. по т/х «Волгонефть-41» с классом «*О-ПР 2,0 м» (на момент расчета возраст судна составлял 45 лет). Свидетельство на годность к плаванию продлевалось на 5 лет.

2. В 2018 г. выполнен расчет прочности теплохода «Волгонефть-56» проекта № 558 класса «*О-ПР 2,0 м» (на момент расчета возраст судна составлял 52 года).

Несмотря на возраст судов, с учетом ограничения класса и качества выполненных ремонтных работ, общая прочность на момент выполненных расчетов была обеспечена, о чем свидетельствует дальнейшая эксплуатация данных судов. По откорректированному проекту № 1577 велось строительство танкеров в период 1969–1982 гг. Всего по проекту № 1577 было построено около 70 единиц флота.

На момент первого расчета прочности корпуса танкера с исходным проектом № 1577 в лаборатории «Ремонта корпусов судов» ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова в 2018 г. возраст первого судна составлял 45 лет. Основная часть расчетов прочности корпусов судов типа «Волгонефть» в лаборатории ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова была выполнена в период 2019–2024 гг.

Необходимо отметить, что по группе судов с исходным проектом № 1577 до момента выполнения проверки прочности в лаборатории ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова в предыдущие годы (указано в табл. 1) были выполнены работы по модернизации судов, связанные со значительными объемами замены корпусных конструкций в средней (грузовой) части (районе цилиндрической вставки). Так, при обновлении танкеров типа «Волгонефть» была предусмотрена замена корпусных конструкций с использованием листовой и профильной стали РС D32 с пределом текучести $R_{сн} = 315$ МПа. Была выполнена замена обшивок, настилов и набора корпуса судна в районе грузовых трюмов. Для большинства анализируемых судов их *грузовая зона на момент расчета прочности представляла собой практически новый корпус*. Кроме того, у анализируемых судов работы по их модернизации предусматривали подъем уровня второго дна и перенос расположения непроницаемых переборок в грузовой зоне в соответствии с требованиями МАКО.

Особенности конструкции и классификационные ограничения модернизированных судов типа «Волгонефть». Суда типа «Волгонефть» представляют собой однопалубные, двухвинтовые наливные суда смешанного *река–море* плавания с восемью грузовыми танками, двойным дном, двойными бортами, баком и ютом, с кормовым расположением жилой надстройки, машинного отделения, переходным мостиком в ДП судна, наклонным форштевнем и крейсерской кормой. Данные суда предназначены для перевозки нефтепродуктов I, II, III, IV классов, в том числе требующих подогрева без ограничений по температуре вспышки.

Средний возраст эксплуатирующихся судов проекта № 1577 в 2025 г. составляет 48 лет (при среднем возрасте списания данных судов 38,8 лет). В табл. 1 приведены сведения по судам типа «Волгонефть», по которым выполнялись расчеты прочности в лаборатории ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова.

Таблица 1

Характеристики судов типа «Волгонефть»

Наименование судна	Год постройки	Проект и класс на момент постройки	Модернизация корпуса, год	Год выполнения расчета прочности и возраст судна	Проект и класс на момент расчета прочности	Возраст судна в 2025 г.
«Волгонефть-261»	1978	1577 «*М-СП»	2017	2021, 43 года	1577/5878 «*М-ПР 2,5»	47

Таблица 1
 (Окончание)

«Волго-нефть-250»	1975	1577 «М-СП»	2005, и 2021 (подъем второго дна)	2021, 46 лет	1577/5867 «М-СП 3,5»	50
«Волго-нефть-251»	1975	1577 «М-СП»	2004–2005, 2020–2021 (подъем второго дна)	2021, 46 лет	1577/5876 «М-СП 3,5»	50
«Волго-нефть-254»	1976	550А(1577) «М-СП»	2017	2021, 45 лет	550А(1577)/5643 «М-ПР 2,5»	49
«Волго-нефть-259»	1977	1577 «М-СП»	2014	2019, 42 года	1577/5876 «М-СП 3,5»	48
«Волго-нефть-266»	1979	1577 «М-СП»	2012	2019, 40 лет	1577/5886 «М-СП 3,5»	46
«Волго-нефть-267»	1979	1577 «М-СП»	2012	2019, 40 лет	1577/5876 «М-СП 3,5»	46

Из табл. 1 видно, что по всем судам в выборке были выполнены работы по модернизации, а по некоторым судам — дважды. Причем при однократной модернизации замена основных несущих элементов корпуса в средней части на аналогичные конструкции из стали повышенной прочности осуществлялась в совокупности с подъемом настила второго дна и переносом переборок в грузовой зоне. При модернизации корпусов судов работы проводились в два этапа: на первом этапе выполнялся усиленный ремонт, а на втором — подъем уровня настила второго дна.

Несмотря на значительные объемы и высокую стоимость работ по модернизации судна в целях обеспечения эксплуатации с классами РКО «М-СП» и «М-ПР5» ответственный владелец данных судов не подавал заявку на возобновление ледового класса. При этом следует отметить, что фактические остаточные толщины элементов конструкций исследуемых судов в районе ледового пояса на момент выполнения расчетов прочности удовлетворяли требованиям ледовой категории «лед-10», а иногда и ледовой категории «лед-20».

Наличие в формуле класса РКО знака «лед» допускает эксплуатацию судов в межнавигационный период. Уровень ледового класса устанавливается исходя из обеспечения местной прочности элементов ледового пояса (полноклассное судно — «лед 40») и ряда ограниченных ледовых классов: «лед 30», «лед 20» и «лед 10». Отсутствие в формуле класса знака «лед» ограничивает не только сезоны плавания, но и допускаемые к эксплуатации районы. *Является ли причиной гибели танкеров в керченском проливе отсутствие класса «лед»?* Безусловно, это служит основной причиной потери общей прочности и перелома корпуса в связи с выходом судов за пределы предусмотренного классом района эксплуатации. Так, действующим классом т/х «Волго-нефть-212» являлся класс РКО «М-ПР 2,5», т/х «Волго-нефть-239» класс РКО «О-ПР 2,0». Модернизация данных судов не осуществлялась.

Анализ районов плавания судов. В соответствии с требованиями РКО допускается эксплуатация судов во внутренних и морских водных бассейнах, если ограничения в формуле класса судна не ниже параметров водного бассейна, включая ограничения по сезонам эксплуатации. Так, к водным бассейнам разряда «М-ПР» относятся: Азовское море в сезон с марта по ноябрь; 10-мильная прибрежная зона от Керченского пролива до порта «Новороссийск» — для судов с допустимым значением высоты волны в формуле класса до 2,0 м в сезон с марта по ноябрь, а для остальных судов с апреля по сентябрь. Учитывая, что авария произошла 15 декабря, ни одно из потерпевших крушение судов не имело допуска к эксплуатации в данное время и в данном месте. Особенно это касается т/х «Волго-нефть-239», имеющего класс РКО на момент аварии «О-ПР 2,0», что ниже разряда водного бассейна.

Результаты и их обсуждение (Results and Discussion)

Влияние конструкции корпуса на место возникновения перелома. Критерием гарантии общей прочности корпуса судна и отсутствия вероятности его перелома является соблюдение условия:

$$M_{\text{пр.экс}} \geq K_{\text{годн}} |M_{\text{р}}|, \quad (1)$$

где $M_{\text{пр.экс}}$ — предельный момент корпуса, определенный с учетом износов и остаточных деформаций для прогиба и перегиба по абсолютной величине, кН · м;

$K_{\text{годн}}$ — нормативное значение коэффициента запаса прочности для годного технического состояния, определяемое по табл. Прил. 1.3.3 Правил РКО¹ и равно для судна класса «М–СП» — 1,27, для класса «М–ПР»²;

$|M_{\text{р}}|$ — расчетный изгибающий момент при прогибе и перегибе, взятый по модулю.

Предельный момент корпуса судна в эксплуатации согласно [1] вычисляется по формуле Прил. 1.3.2–1 Правил РКО:

$$M_{\text{пр.экс}} = 10^3 \cdot W_{\text{пр.экс}} \cdot \sigma_{\text{оп}}, \quad (2)$$

где $W_{\text{пр.экс}}$ — момент сопротивления рассматриваемого сечения корпуса, определенный с учетом имеющихся в связях в данный момент времени остаточных толщин и параметров деформаций в этом сечении, исходя из предположения о том, что в одной из точек сечения напряжения равны опасным, относительно этой связи, м³;

$\sigma_{\text{оп}}$ — опасное напряжение в указанной связи, зависящее от предела текучести материала корпуса и того, несет данная крайняя связь поперечную нагрузку или нет, МПа.

Для судов, указанных в табл. 1, основные несущие конструкции при модернизации были заменены аналогичными новыми изготовленными из стали повышенной прочности (сталь РС D32 с пределом текучести $R_{\text{сн}} = 315$ МПа взамен предусмотренной исходным проектом стали с пределом текучести $R_{\text{сн}} = 290$ МПа). Это наряду с большим значением момента сопротивления из-за наличия в корпусе конструкций с нулевым износом, обеспечивает и больший запас прочности, и большее значение предельного момента корпуса.

Вместе с тем как у исходного проекта № 1577, так и у модернизированных судов имеет так называемое *опасное сечение*. Это сечение корпуса имеет более ослабленную конструкцию по сравнению с районом расположения грузовых танков. Кроме того, конструкции данного более ослабленного сечения выполнены из стали с пределом текучести $R_{\text{сн}} = 235$ МПа. Такие наиболее опасные сечения традиционно проверяются, несмотря на то, что они и не всегда являются наиболее опасными с точки зрения опасности возникновения перелома.

В табл. 2 приведены сведения об остаточных моментах сопротивления корпусов судов. Видно, что наименьшие моменты сопротивления крайних связей корпуса у т/х «Волгонефть-254» с классом РКО «М–ПР 2,5», а на судах, эксплуатирующихся с классом «М–СП 3,5», имеют наихудшие значения для корпуса в средней части т/х «Волгонефть-250», для района шп. 170 — т/х «Волгонефть-267».

Таблица 2

Моменты сопротивления корпусов судов

Наименование судна	Момент сопротивления							
	Средняя часть				Ослабленное сечение (шп.170)			
	Палуба		Днище		Палуба		Днище	
	Перегиб	Прогиб	Перегиб	Прогиб	Перегиб	Прогиб	Перегиб	Прогиб
Класс судна на момент выполнения расчета прочности: «М–ПР 2,5»								
«Волгонефть-261»	1,264	1,255	1,308	1,416	1,043	1,045	0,917	1,009
«Волгонефть-254»	1,002	0,902	1,087	1,248	0,744	0,621	0,849	0,920

¹ Правила освидетельствования судов в процессе их эксплуатации (в ред., утв. Приказом № 78п; введ. в действ. с 07.11.2016 в ред. изв. № 32п. от 02.06.2025. С. 102.

² Класс «О–ПР» не принимается к расчету, так как он ниже анализируемого района водного бассейна.

Таблица 2
(Окончание)

Класс судна на момент выполнения расчета прочности: «М-СП 3,5»								
«Волгонефть-250»	1,131	1,036	1,302	1,386	1,031	1,033	0,916	1,010
«Волгонефть-251»	1,182	1,134	1,293	1,394	1,037	1,041	0,911	1,006
«Волгонефть-259»	1,247	1,221	1,413	1,512	1,029	1,032	0,905	1,000
«Волгонефть-266»	1,560	1,990	1,580	2,05	1,37	1,87	1,28	2,08
«Волгонефть-267»	1,269	1,248	1,425	1,519	0,818	0,713	0,915	0,990

Несмотря на то, что анализируемые суда — однотипные, имеются различия в конструкции как на момент их постройки, так и после модернизации, касающиеся изменения параметров грузовых танков, а также отличия в инструкциях по погрузке-выгрузке. Более точно судить об уровне общей прочности судна в эксплуатации можно только после сопоставления фактического значения коэффициента запаса прочности со значением, регламентированным Правилами РКО. Условие обеспечения общей прочности:

$$k_{\text{факт}} = \frac{M_{\text{пр.экс}}}{|M_p|} = \frac{W_{\text{пр.экс}} \cdot \sigma_{\text{опт}} \cdot 10^3}{|M_p|} \geq K_{\text{годн}}, \quad (3)$$

где $k_{\text{факт}}$ — фактическое значение коэффициента запаса общей прочности, рассчитанное для судна в эксплуатации с учетом имеющихся износов и остаточных деформаций.

В табл. 3 приведены коэффициенты запаса общей прочности для т/х «Волгонефть-254», наиболее схожего по характеристикам и классу эксплуатации с судами, потерпевшими аварию, и для судов типа «Волгонефть» с классом РКО «М-СП», предусматривающих большие нагрузки от перевозимого груза и иные инструкции по погрузке-выгрузке, в частности для т/х «Волгонефть-267».

Таблица 3

Коэффициенты запаса прочности корпуса т/х «Волгонефть-254» и т/х «Волгонефть-267»

Коэффициенты запаса для корпуса в средней части				Коэффициенты запаса для корпуса в районе шп.170				$K_{\text{годн}}$ класс «М-ПР»
Палуба		Днище		Палуба		Днище		
Перегиб	Прогиб	Перегиб	Прогиб	Перегиб	Прогиб	Перегиб	Прогиб	
т/х «Волгонефть-254»								
1,293	1,768	1,262	2,201	1,340	2,321	1,375	3,096	1,26
т/х «Волгонефть-267»								
1,59	1,95	1,59	2,05	1,277	1,63	1,29	2,04	1,27

Фактически модернизированные суда типа «Волгонефть» имеют достаточный запас общей прочности и при наличии проведения качественных дефектации и ремонта могут безопасно эксплуатироваться на внутренних водных путях. Как отмечалось ранее, для судов внутреннего плавания с большой длиной наиболее опасным сечением являются районы перехода от стали повышенной прочности к стали обычной прочности с $R_{\text{сн}} = 235$ МПа как для танкеров, так и для сухогрузных судов. Это районы от коффердама до машинного отделения. Тем не менее практика расчетов прочности показывает, что наиболее вероятными районами перелома могут служить также некоторые сечения средней части корпуса судна, тогда как сечение по конструкции более ослабленное и изготовленное из стали обыкновенной прочности может не представлять опасности с точки зрения потери общей прочности в силу того, что на данный район корпуса действуют меньшие по абсолютному значению суммарные изгибающие моменты $|M_p|$.

Как показали расчеты прочности т/х «Волгонефть-254» (наиболее близкого по конструкции с судами потерпевшими аварию), опасное с точки зрения перелома корпуса сечение расположено в районе грузовых танков (рис. 1). Перелом судов, потерпевших крушение в Керченском проливе,

также произошел в районе расположения грузовых танков. У т/х «Волгонефть-254» фактические значения коэффициентов запаса прочности близки к предельному для класса эксплуатации «М-ПР 2,5» значению для крайней связи «днище» в состоянии нагрузки «перегиб», что соответствует сжатию на вершине волны.

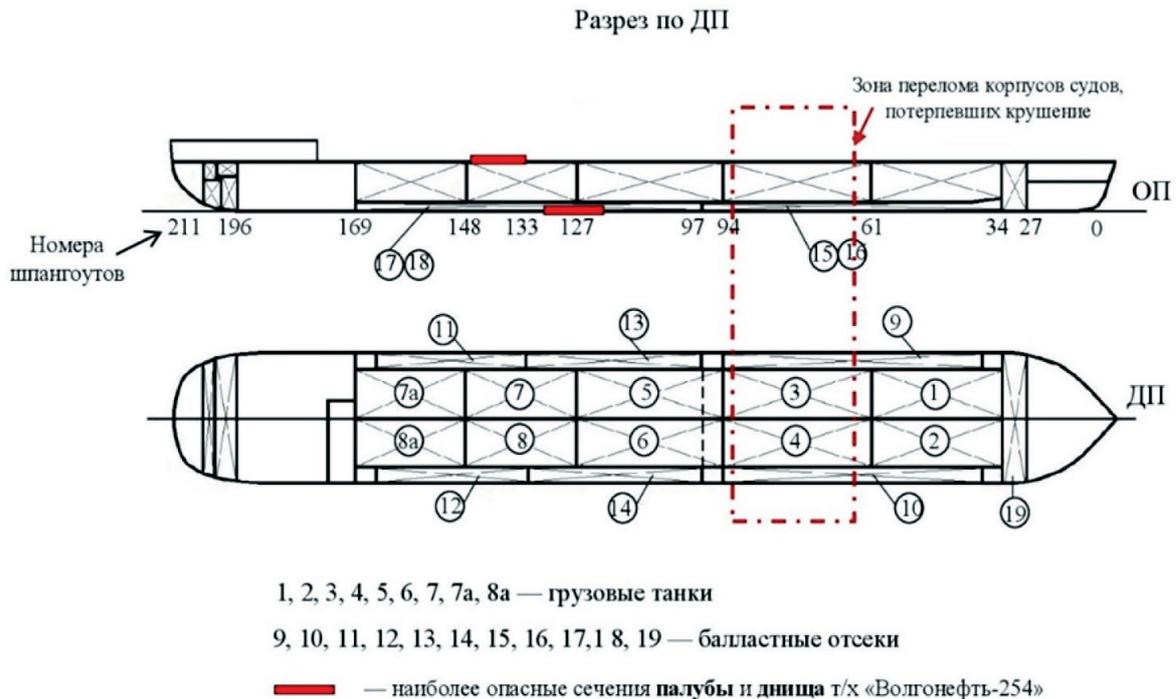


Рис. 1. Расположение сечений т/х «Волгонефть-254», наиболее опасных с точки зрения вероятности возникновения перелома корпуса

Изображения корпуса т/х «Волгонефть-239» после посадки на мель (рис. 2) также свидетельствует о том, что произошло сжатие и слом днища, а также разрушение палубного настила при его растяжении.

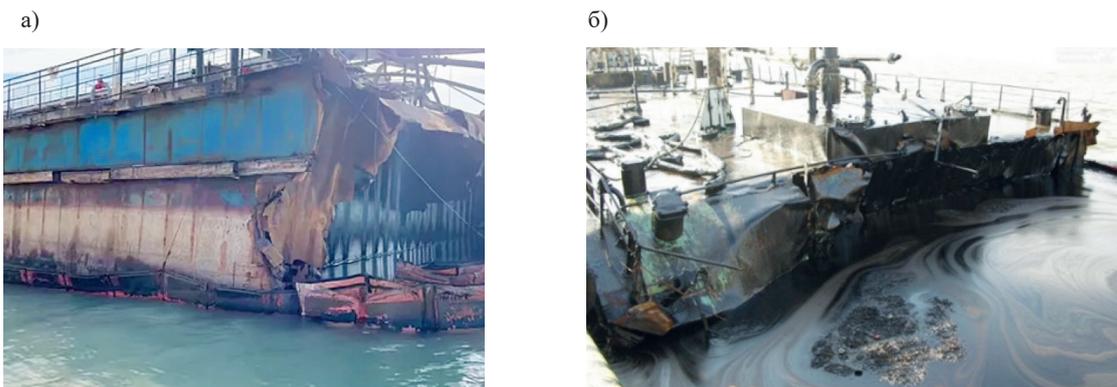


Рис. 2. Состояние корпусных конструкций в зоне перелома корпуса т/х «Волгонефть-239»: а — вид перелома со стороны борта; б — вид разрушения палубного настила (фото с сайта www.crimea-news.com)

Наряду с установленными Правилами РКО нагрузками от общего изгиба: $|M_p|$ — расчетного изгибающего момента, определяемого суммированием момента на тихой воде и дополнительного волнового изгибающего момента, снижению общей прочности корпуса немодернизированных судов типа «Волгонефть» способствует наличие в корпусе общих остаточных деформаций а именно общего остаточного перегиба (рис. 3).

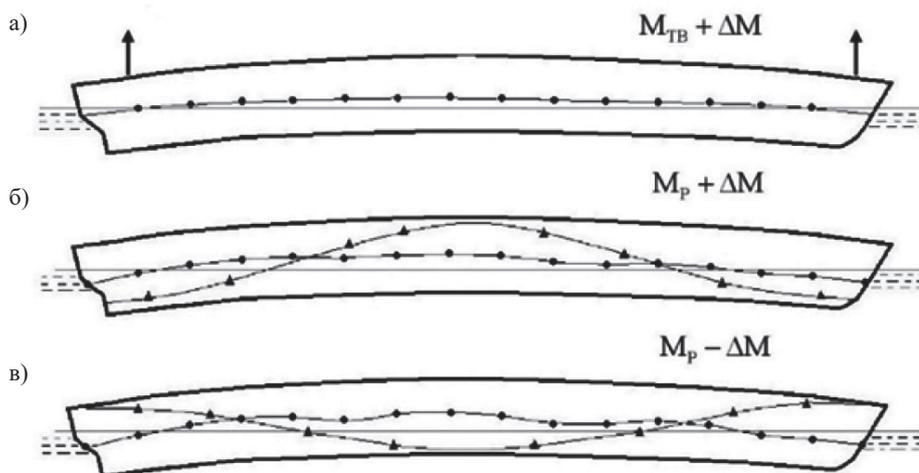


Рис. 3. Влияние общих остаточных деформаций (общего остаточного перегиба) на расчетный изгибающий момент: а — корпус имеет перегиб, судно на тихой воде; б — корпус имеет перегиб, судно на вершине волны; в — корпус имеет перегиб, судно на подошве волны.

Условные обозначения:

- $M_{ТВ}$ — изгибающий момент на тихой воде;
 ΔM — изменение (прирост) момента на тихой воде за счет наличия в корпусе судна общего остаточного перегиба; $M_{доп.в}$ — дополнительный волновой изгибающий момент;
 M_p — расчетный изгибающий момент, определяемый алгебраическим суммированием момента на тихой воде ($M_{ТВ}$) и дополнительного волнового изгибающего момента ($M_{доп.в}$)

Корпуса т/х «Волгонефть-212» и т/х «Волгонефть-239» имели общий остаточный перегиб (когда палуба растянута, а днища сжато), что явилось дополнительным фактором увеличения суммарного изгибающего момента по сравнению с его расчетным значением, установленным Правилами РКО.

Перспективы дальнейшей эксплуатации модернизированных танкеров типа «Волгонефть». Как показал выполненный ранее анализ, фактический возраст судна не всегда является фактором аварии, связанной с потерей общей прочности корпуса. Так, танкеры, прошедшие модернизацию корпуса, обладают достаточным запасом общей прочности, позволяющим их безопасную эксплуатацию в районах и сезонах, предусмотренных классом, указанным в классификационном свидетельстве («ЖМ-ПР 2,5» или «ЖМ-СП 3,5»). Суда, находящиеся в собственности или ведении ответственных судоходных компаний, регулярно проходят очередные освидетельствования и качественный ремонт.

Для обеспечения общей прочности данных судов можно увеличить запас прочности при очередном их ремонте путем установки полос подкрепления на наиболее ослабленную крайнюю связь: настил палубы или обшивку днища (в зависимости от того, какая из крайних связей является наиболее ослабленной).

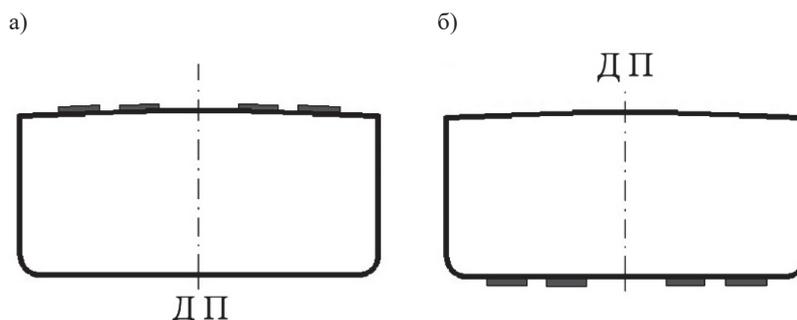


Рис. 4. Схема установки полос подкрепления общей прочности: а — на настиле палубы; б — на обшивке днища

Ремонт корпуса судна подкреплением общей прочности крайних связей является эффективным и экономичным. Решать вопрос об установке подкреплений корпусных конструкций необходимо индивидуально по каждому судну с учетом его класса эксплуатации и фактического технического состояния.

Перед установкой подкреплений следует проанализировать фактическое техническое состояние корпуса конкретного судна с учетом класса дальнейшей эксплуатации (сохранение класса либо его понижение). В частности, при подкреплении обшивки днища т/х «Волгонефть-254» установкой четырех полос размерами 20 × 300 мм можно увеличить коэффициенты запаса общей прочности. Так, для обшивки днища в наиболее ослабленном сечении средней части корпуса в состоянии перегиба коэффициент запаса при подкреплении увеличится с 1,262 до 1,277.

Выводы (Conclusions)

На основании выполненного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Надежная и безопасная модернизированных корпусов танкеров типа «Волгонефть» возможна.
2. О фактическом техническом состоянии корпуса судна в эксплуатации с обозначенным классом следует судить в каждом отдельном случае, исходя из расчетов общей прочности после качественной дефектации и ремонта.
3. В целях гарантии безопасности эксплуатации данных судов на внутренних водных путях следует установить подкрепления настила палубы или обшивки днища, в зависимости от того, какая крайняя связь является наиболее ослабленной.

Благодарности

Авторы статьи отдают дань уважения и выражают благодарность ушедшим из жизни: д-ру техн. наук, проф. В. Б. Чистову и канд. техн. наук, доц. заведующему лабораторией ремонта корпусов судов А. А. Вышеславцеву.

Профессор В. Б. Чистов — человек энциклопедических знаний, «прочнист от бога», являлся генератором оригинальных идей по расчетам прочности корпусов судов и разработке оптимальных методов их ремонта.

Доцент А. А. Вышеславцев благодаря своей энергии осуществлял контакты с судовладельцами и инспекциями классификационных обществ (РКО и РМРС), обеспечивал регулярную работу лаборатории. За период 1996–2024 гг. было выполнено более 200 работ по хозяйственным договорам.

Трудно переоценить вклад В. Б. Чистова и А. А. Вышеславцева в обеспечение надежной и безопасной эксплуатации судов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барышников С. О. Оптимальная дефектация корпусов судов речного флота / С. О. Барышников, А. Б. Красюк, В. Б. Чистов // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2022. — Т. 14. — № 6. — С. 915–930. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-6-915-930. — EDN CJMFUD.
2. Красюк А. Б. Надежность элементов корпусов судов речного флота / А. Б. Красюк, В. Б. Чистов, В. Г. Никифоров // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2023. — Т. 15. — № 6. — С. 1041–1053. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-6-1041-1053. — EDN QQDZDW.
3. Барышников С. О. Ремонт и надежность корпусов судов речного флота / С. О. Барышников, Т. О. Карлина, В. Б. Чистов // Судостроение. — 2021. — № 1(854). — С. 10–13. DOI: 10.54068/00394580_2021_1_10. — EDN QUAEVB.
4. Красюк А. Б. Методологические основы дефектации стальных корпусов судов / А. Б. Красюк, В. Б. Чистов // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2013. — № 3. — С. 87–93. — EDN QCNRHJ.

5. Барышников С. О. Общие остаточные деформации корпусов судов / С. О. Барышников, Т. О. Карклина // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Технические науки. — 2010. — № 8. — С. 124–128. — EDN NCDTCF.

6. Барышников С. О. Надежность корпусов судов с общими остаточными деформациями / С. О. Барышников, Т. О. Карклина, В. Б. Чистов // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 3. — С. 519–533. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-3-519-533. — EDN TVJHNJ.

7. Карклина Т. О. Повышение точности измерения остаточного перегиба корпуса судна / Т. О. Карклина, А. В. Павлов, В. Б. Чистов // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 4(32). — С. 109–118. — EDN UDJUUR.

8. Красюк А. Б. Влияние погрешностей в определении остаточных толщин элементов корпусных конструкций на общую прочность корпуса судна / А. Б. Красюк // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2013. — № 2(21). — С. 70–77. — EDN RUOIAZ.

9. Барышников С. О. Способ расчета надежности корпусов судов и их элементов с учетом выполненных ремонтов и условий дальнейшей эксплуатации / С. О. Барышников, А. Б. Красюк, В. Б. Чистов // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2020. — Т. 12. — № 1. — С. 85–95. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-1-85-95. — EDN TVZRCH.

10. Барышников С. О. Влияние местных остаточных деформаций на надежность корпусов судов / С. О. Барышников, А. Б. Красюк, В. Б. Чистов // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2022. — Т. 14. — № 3. — С. 403–416. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-3-403-416. — EDN YWDUSM.

11. Кочнев Ю. А. Разработка математической модели и алгоритма определения последовательности дефектации корпуса судна / Ю. А. Кочнев, И. Б. Кочнева, О. К. Зяблов // Научные проблемы водного транспорта. — 2024. — № 78. — С. 66–75. DOI: 10.37890/jwt.vi78.455. — EDN TYQPWG.

12. Кочнев Ю. А. Механизация инструментального контроля технического состояния корпусов судов / Ю. А. Кочнев, О. К. Зяблов // Транспорт. Горизонты развития: Труды 1-го Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород — Новосибирск, 25–28 мая 2021 года. — Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 2021. — С. 48. — EDN SDSPIE.

13. Алешин Н. П. Мониторинг технического состояния корпусов судов с использованием телеуправляемого подводного аппарата / Н. П. Алешин, М. В. Григорьев, В. В. Вельтищев [и др.] // В мире неразрушающего контроля. — 2015. — Т. 18. — № 3. — С. 12–15. — EDN UDJSNB.

14. Кашина В. В. Перспективные направления корректировки процессов дефектации корпусов судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания / В. В. Кашина, Е. Г. Бурмистров // Судостроение. — 2024. — № 3(874). — С. 36–45. — EDN LXSLTS.

15. Патент № 2741671 Российская Федерация, МПК В63В 79/30, В63В 79/00, В63В 43/00. Способ контроля состояния наружной обшивки корпуса судна / П. Е. Бураковский, Е. П. Бураковский, А. В. Мыслик; заяв. и патентообл. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет». — № 2019137061; заявл. 18.11.2019; опубл. 28.01.2021. — EDN OZKXJZ.

16. Петрова Н. Е. Изменение технического состояния судна в результате износа корпусных конструкций / Н. Е. Петрова, Ж. В. Кумова, А. Л. Петров // Транспортное дело России. — 2025. — № 4. — С. 261–264. — EDN OVWHXW.

17. Корецкий С. В. Влияние на экологию разлива нефтепродуктов с танкеров «Волгонефть-12» и «Волгонефть-239» в акватории Краснодарского края / С. В. Корецкий // Актуальные исследования. — 2025. — № 21–2(256). — С. 21–23. — EDN MLSIPO.

18. Комарова Е. Е. Влияние разлива мазута в Черном море на туристическую деятельность в Краснодарском крае / Е. Е. Комарова // Культурный код и креативные индустрии: тренды, методология, эффективные практики: Материалы III Международной научно-практической конференции, Омск, 20–21 апреля 2025 года. — Омск: Омский государственный технический университет, 2025. — С. 191–194. — EDN WFJNIQ.

REFERENCES

1. Baryshnikov, S. O., A. V. Krasnyuk and V. B. Chistov. “Optimal fault detection of river ship hulls.” *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admiral S. O. Makarova* 14.6 (2022): 915–930. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-6-915-930.

2. Krasnyuk, A. B., V. B. Chistov and V. G. Nikiforov. “Reliability of river fleet vessels hull elements.” *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S. O. Makarova* 15.6 (2023): 1041–1053. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-6-1041-1053.
3. Baryshnikov, S. O., T. O. Karklina and V. B. Chistov. “Repair and reliability of river service ships.” *Shipbuilding* 1(854) (2021): 10–13. DOI: 10.54068/00394580_2021_1_10.
4. Krasnyuk, A. B. and V. B. Chistov. “Metodologicheskie osnovy defektatsii stal’nykh korpusov sudov.” *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S. O. Makarova* 3 (2013): 87–93.
5. Baryshnikov, S. O. and T. O. Karklina. “Total residual strain ship hulls.” *Vestnik INZhEKONa. Seriya: Tekhnicheskie nauki* 8 (2010): 124–128.
6. Baryshnikov, S. O., T. O. Karklina and V. B. Chistov. “Reliability of ships hulls with overall residual deformations.” *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S. O. Makarova* 11.3 (2019): 519–533. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-3-519-533.
7. Karklina, T. O., A. V. Pavlov and V. B. Chistov. “Enhance the accuracy of residual deflection hull.” *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S. O. Makarova* 4(32) (2015): 109–118.
8. Krasnyuk, A. B. “Vliyanie pogreshnostey v opredelenii ostatochnykh tolschin elementov korpusnykh konstruksiy na obschuyu prochnost’ korpusa sudna.” *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S. O. Makarova* 2(21) (2013): 70–77.
9. Baryshnikov, S. O., A. B. Krasnyuk and V. B. Chistov. “A method for calculating the reliability of vessels hulls and their elements, taking into account the performed repairs and conditions for further operation.” *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S. O. Makarova* 12.1 (2020): 85–95. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-1-85-95.
10. Baryshnikov, S. O., A. B. Krasnyuk and V. B. Chistov. “The influence of local residual deformations on the ships hulls reliability.” *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S. O. Makarova* 14.3 (2022): 403–416. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-3-403-416.
11. Kochnev, Yu. A., I. B. Kochneva and O. K. Zhablov. “Development of a mathematical model and algorithm for the sequence of fault detection of the ship’s hull.” *Russian Journal Of Water Transport* 78 (2024): 66–75. DOI: 10.37890/jwt.vi78.455.
12. Kochnev, Yu. A. and O. K. Zhablov. “Mechanization of instrumental monitoring of the technical condition of ship hulls.” *Transport. Gorizonty razvitiya: Trudy 1-go Mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma, Nizhniy Novgorod — Novosibirsk, 25–28 maya 2021 goda*. Nizhniy Novgorod: Volzhskiy gosudarstvennyy universitet vodnogo transporta (FGBOU VO “VGUVT”), 2021: 48–48.
13. Aleshin, N. P., M. V. Grigor’ev and V. V. Vel’tischev et al. “Ship hull diagnostics with the use of remotely operated underwater vehicle.” *V mire nerazrushayushchego kontrolya* 18.3 (2015): 12–15.
14. Kashina, V. V. and E. G. Burmistrov. “Promising directions for correcting the processes of hull deflection of inland and mixed river-sea navigation vessels.” *Shipbuilding* 3(874) (2024): 36–45.
15. Burakovskiy, P. E., E. P. Burakovskiy and A. V. Mysnik. RU 2 741 671 C1, B 63 B 79/30, B 63 B 79/00, B 63 B 43/00. Sposob kontrolya sostoyaniya naruzhnoy obshivki korpusa sudna. Russian Federation, assignee. Publ. January 28, 2021.
16. Petrova, N. E., Zh. V. Kumova and A. L. Petrov. “Changes in the technical condition of the vessel as a result of wear of hull structures.” *Transport Business Of Russia* 4 (2025): 261–264.
17. Koretskiy, S. V. “Environmental impact of oil product spills from tankers «volgoneft-12» and «volgoneft-239» in the krasnodar territory.” *Aktual’nye issledovaniya* 21–2(256) (2025): 21–23.
18. Komarova, E. E. “Vliyanie razliva mazuta v Chernom more na turisticheskuyu deyatel’nost’ v Krasnodarskom krae.” *Kul’turnyy kod i kreativnye industrii: trendy, metodologiya, effektivnye praktiki: Materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Omsk, 20–21 aprelya 2025 goda*. Omsk: Omskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet, 2025: 191–194.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Красюк Алла Борисовна —
кандидат технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: krasnyuk_a_b@mail.ru, kaf_mnt@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Krasiuk, Alla. B. —
PhD of Technical Sciences, professor
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: krasnyuk_a_b@mail.ru, kaf_mnt@gumrf.ru

Буцанец Артем Александрович —
кандидат технических наук,
начальник отдела НТИ и ИС
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: butsanetsaa@gumrf.ru

Butsanets, Artem A. —
PhD of Technical Sciences,
Head of the Department
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping.
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: butsanetsaa@gumrf.ru

*Статья поступила в редакцию 01 июля 2025 г.
Received: July 1, 2025.*