

**СУДОСТРОЕНИЕ, СУДОРЕМОНТ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ СУДНА**

**SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ECOLOGICAL SAFETY
OF THE SHIP**

УДК 629.12

DOI: 10.37890/jwt.vi87.694

**Исследование статистики повреждаемости судовых
корпусных конструкций самоходного флота АО «Енисейского
речного пароходства»**

М.В. Дашенко

ORCID: 0009-0005-5726-3068

П. А. Бимбереков

ORCID: 0000-0003-4303-8570

*Сибирский государственный университет водного транспорта, г. Новосибирск,
Россия*

Аннотация Представлена статистика повреждаемости корпусных конструкций самоходных судов Енисейского речного пароходства, имеющей критические повреждения, то есть повлекшие выполнение ремонтно-восстановительных работ. Базой для обработки послужили материалы дефектации и ремонтной документации за период 15 лет эксплуатации. Рассмотрены особенности формирования повреждений в условиях Енисейского бассейна с учётом ледовых нагрузок, мелководья, абразивного износа, температурных воздействий и назначения судов. Проведена систематизация дефектов по проектам судов, элементам корпуса и видам повреждений. Установлено доминирующее влияние коррозионных процессов и деформационных повреждений наружной обшивки, выявлены характерные зоны возникновения усталостных трещин и местных остаточных деформаций. Полученные результаты позволяют определить приоритетные направления контроля технического состояния корпусов судов направленные на минимизацию процедуры, в том числе на основе роботизации процесса.

Ключевые слова: Повреждаемость корпусных конструкций; самоходные суда внутреннего плавания; статистический анализ дефектов; коррозионные повреждения корпуса; усталостные трещины; техническое обслуживание и ремонт флота.

A study of damage statistics for ship hull structures of the self-propelled fleet of JSC «Yenisei River Shipping Company»

Maxim V. Dashchenko

ORCID: 0009-0005-5726-3068

Pavel A. Bimberekov

ORCID: 0000-0003-4303-8570

Siberian State University of Water Transport, Russian Federation

Abstract: The article presents statistics on the damage rate of hull structures of self-propelled vessels of the Yenisei River Shipping Company that suffered critical damage, i.e.,

required repair and restoration work. The data is based on defect detection and repair documentation for a period of 15 years of operation. The article examines the characteristics of damage formation in the Yenisei Basin, taking into account ice loads, shallow water, abrasive wear, temperature effects, and the purpose of the vessels. Defects are systematized by vessel designs, hull elements, and types of damage. The dominant influence of corrosion processes and deformation damage to the outer plating is established, and characteristic zones of fatigue cracks and local residual deformations are identified. The obtained results make it possible to determine priority areas for monitoring the technical condition of vessel hulls aimed at minimizing the procedure, including through robotic process automation.

Keywords: Damage rate of hull structures; self-propelled inland waterway vessels; statistical analysis of defects; corrosion damage to the hull; fatigue cracks; fleet maintenance and repair.

Введение

Эксплуатация самоходных судов в условиях Енисейского бассейна сопровождается воздействием совокупности неблагоприятных факторов, включая ледовые нагрузки, ограниченные глубины судоходных путей, абразивное воздействие грунта и значительные температурные перепады. Данные условия формируют специфические требования к прочности и надёжности судовых корпусов и обуславливают характер повреждений, возникающих в процессе длительной эксплуатации.

Корпусные конструкции судов внутреннего плавания в течение жизненного цикла подвергаются действию переменных нагрузок, коррозионных процессов и локальных механических воздействий, связанных с маневрированием, швартовками и эксплуатацией в ледовых условиях. Постепенное накопление дефектов приводит к снижению эксплуатационной надёжности, увеличению трудоёмкости ремонтов и росту эксплуатационных затрат.

Наличие большого опыта эксплуатации и материалов дефектации по судам Енисейского пароходства позволяет проведение обобщённого анализа повреждаемости корпусных конструкций, достигших критического значения, требующих ведения ремонтно-восстановительных работ. Систематизация таких данных позволяет выявить типовые зоны концентрации дефектов, установить общие статистические закономерности и сформировать практические выводы, направленные на повышение эффективности технического обслуживания и ремонта флота. При этом может быть оценена и целесообразность применения новых методов контроля технического состояния корпусов судов.

В научной литературе накоплена значительная информация по статистике повреждаемости судовых корпусных конструкций [1...17]. Анализ указанных литературных источников хотя и показывает общие тенденции получения корпусными конструкциями судов повреждений, но и говорит о возможности индивидуального проявления в зависимости от условий эксплуатации. Этот вывод определяет потребность продолжения исследования повреждаемости применительно к отдельным компаниям, имеющим конкретные условия эксплуатации.

Цель и задачи исследования

Целью данной статьи является получение статистических закономерностей повреждаемости судовых корпусных конструкций самоходного флота Енисейского пароходства, повлекшие проведение ремонтно-восстановительных работ (критические повреждения).

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи: – систематизация повреждений корпусных конструкций; – распределения повреждений по проектам судов; – оценка доли повреждений отдельных элементов корпуса; –

выявление тенденций и закономерностей повреждаемости; – формирование выводов, отражающих приоритетные типы повреждений, которые требуются учитывать в эксплуатационной практике. Под повреждением понимаем следующие приобретаемые в процессе эксплуатации судов дефекты корпусных конструкций: сквозная язвенная коррозия, местные утонения обшивки сверхдопустимого норматива, гофрировка, вмятины, бухтины.

Объекты и материалы исследования

Объектами исследования приняты самоходные суда, эксплуатируемые в составе флота Енисейского пароходства, выполненные по следующим проектам: Р33Б, Р14А, Н3181, 936, 81170, 795, 758, 1366, Н3290, 21-88, Р77.

В качестве исходных материалов использованы акты дефектации корпусов судов, а также материалы судоремонтных предприятий: Красноярский судоремонтный центр АО «ЕРП», Подтёсовская ремонтно-эксплуатационная база флота АО «ЕРП», Ермолаевская ремонтно-эксплуатационная база флота АО «ЕРП», отражающие характер и объёмы выявленных повреждений. Исследование охватывает информацию по повреждениям выбранных проектов судов за период эксплуатации около 15 лет.

Методика исследования

Исследование предусматривает получение статистических распределений различных видов повреждений для различных типов судов, районам их эксплуатации, видам связей корпусных конструкций (наружная обшивка, рамный и холостой набор, узлы сопряжения балок), а также дефектам сварных швов.

На начальном этапе осуществлялся анализ материалов дефектации и ремонтных ведомостей корпусов судов. На их основе формировалась совокупность данных о повреждениях корпусных конструкций. Все выявленные дефекты классифицировались по характеру возникновения.

Далее фиксировалась частота повреждений по проектам судов.

На следующем этапе проводился структурный анализ по типам повреждений корпусных конструкций, включающий определение удельных долей дефектов наружной обшивки, элементов рамного и холостого набора, сварных соединений и узлов сопряжений.

Заключительным этапом являлась оценка статистических данных получения повреждений с учётом эксплуатационных условий Енисейского бассейна, типа рассматриваемых проектов судов.

Виды учитываемых повреждений корпусных конструкций

В ходе анализа все выявляемые повреждения корпусных конструкций были условно разделены на следующие основные группы: – коррозионные (наружной и внутренней обшивки); – усталостные (трещины в элементах рамного и холостого набора); – локальные обшивки деформационной природы (вмятины, бухтины и гофрировка); – дефекты сварных соединений; – повреждения деформационной природы элементов днищевого и бортового набора.

Анализ распределения повреждений по проектам судов

Статистическая обработка обобщённых данных показала, что наибольшее количество повреждений приходится на суда проектов Н3290, Р33Б и 21-88, что объясняется их значительным возрастом и высокой интенсивностью эксплуатации, включающей и буксировку судов под бортом, а также частым задействованием в условиях мелководья: на притоках Енисея в условиях весеннего паводка, на реках Подкаменная Тунгуска, Нижняя Тунгуска, Большая Хета. Суда проектов 936 и Р77

характеризуются меньшей общей повреждаемостью, что связано с их независимой эксплуатацией и использованием в большей части на транзитных переходах магистральных рек и в хорошо оборудованных портах.

Сводные данные по распределению повреждений по разным проектам судов сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Распределение повреждений корпусных конструкций по проектам судов

Проект судна	Число судов, ед	Число повреждений, ед
P33B	3	11
P14A	4	8
H3181	1	9
936	3	7
81170	1	6
795	1	8
758	2	6
1366	1	5
H3290	3	18
21-88	2	15
P77	3	7

Наибольшая доля повреждений приходится на проекты H3290 и 21-88, суммарно составляя около 40 % от общего числа выявленных дефектов. Минимальные значения отмечены для проектов 936 и P77. На рис. 1 для наглядности представлена гистограмма распределения повреждений по проектам судов по данным табл. 1 в виде.

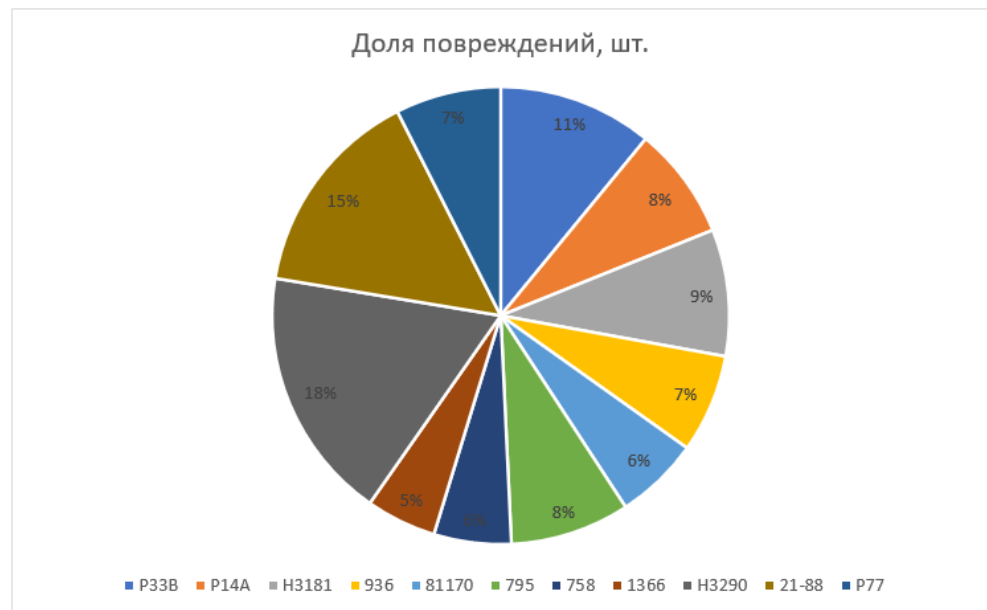


Рис 1. Распределение повреждений судов по проектам

Структура повреждений по элементам корпуса

Структура повреждаемости корпусов судов по элементам, приведшая к ремонтно-восстановительным работам представлена в табл. 2. Она показала, что основная часть критических дефектов связана с наружной обшивкой днища и бортов. Их доля

составляет порядка 45...55 % от общего количества повреждений. Это обусловлено воздействием коррозионного и абразивного износа, а также механических контактов с грунтом и льдом.

Критические повреждения рамного набора составляют в среднем 20...25 % и проявляются преимущественно в виде усталостных трещин в районах концентрации напряжений, а также локальных деформаций стенок и полок. При этом холостой набор характеризуется меньшей долей критических повреждений – около 10...15 %.

Таблица 2

Распределение критических повреждений по элементам корпусных конструкций

Элемент конструкции	Доля повреждений, %
Наружная обшивка (днище, борта)	52
Рамный набор	23
Холостой набор	12
Сварные швы	8
Кницы и узлы сопряжений	5

На рис. 2 приведена гистограмма распределения критических повреждений по основным элементам корпусных конструкций.



Рис. 2. Распределение критических повреждений по элементам корпусов судов

Характер повреждений и их причины

Распределение повреждений корпусов судов (критические) представлены на рис. 3. Из него видно, что коррозионные повреждения являются наиболее распространённым видом дефектов для всех рассматриваемых проектов судов. Наибольшая интенсивность коррозии наблюдается в зонах переменной ватерлинии, днища и в балластных отсеках. Для судов более ранних проектов (Н3290, Р77 и Р33Б) характерным повреждением является сквозная коррозия листов обшивки, требующая их замены.



Рис. 3. Распределение повреждений по видам

Усталостные трещины преимущественно локализируются в местах установки рамного набора на обшивку, а также в районах установки переборок на обшивку, преимущественно в машинных отделениях. Их появление связано с циклическими нагрузками и вибрационными воздействиями при длительной эксплуатации.

Локальные деформации в виде бухтин и гофрировки, а также вмятины характерны для судов, эксплуатируемых на участках с ограниченными глубинами и интенсивными швартовными операциями. Такие повреждения чаще всего выявляются в носовой и кормовой частях корпуса.

Приведённая к одному судну статистика повреждаемости

На основании использованных исходных данных была выполнена приведённая условная статистическая оценка повреждаемости корпусных конструкций в среднем на одно судно. Установлено, что на осреднённое судно приходится одно значимое (критическое) повреждение корпусных конструкций за четыре навигационных периода.

С увеличением возраста судна наблюдается рост доли коррозионных повреждений и дефектов обшивки, в то время как для более новых судов критическими повреждениями чаще всего являются локальные деформации и дефекты сварных соединений. Данная тенденция подтверждает необходимость дифференцированного подхода к планированию ремонтных мероприятий.

Обсуждение мероприятий по контролю повреждаемости корпусов судов

В целях ускорения процедур контроля технического состояния корпусов судов целесообразно использовать поэтапность такой процедуры, предусмотренной в частности: [18,19], и некоторым образом реализованной в [20]. Вариантом ускорения процедуры контроля технического состояния могут служить технические решения [21...29] направленные на минимизацию числа обмеров остаточных толщин. Кроме того, технические решения [18,27...30] предполагают возможность сокращения процедуры определения местных остаточных деформаций судового набора, в том

числе по результатам обмера деформаций наружной обшивки в месте крепления судового набора. Существенным подходом к ускорению и сокращению трудозатрат на процедуру дефектации судовых корпусных конструкций, несомненно, станет роботизация процесса [29].

Выводы

Повреждаемость корпусных конструкций самоходных судов Енисейского пароходства формируется под воздействием совокупности эксплуатационных факторов и существенно зависит от возраста судов и конструктивных особенностей проектов.

Наибольший удельный вес в общей структуре дефектов занимают повреждения наружной обшивки и элементов рамного набора, что обуславливает необходимость их приоритетного контроля при дефектации и ремонте.

Коррозионные повреждения являются доминирующим видом дефектов для судов большинства рассматриваемых проектов, определяя основные объёмы корпусных ремонтных работ.

Роботизация процедур контроля повреждений корпусных конструкций является очевидным подходом для минимизации затрат на их производство.

Список литературы

1. Юпитер, А.Д. Повреждения и ремонт корпусов морских судов [Текст] / А.Д. Юпитер. — М.: Транспорт, 1973. — 216 с.
2. Ершов, Н.Ф. Повреждения и эксплуатационная прочность конструкций судов внутреннего плавания [Текст] / Н.Ф. Ершов, О.И. Свечников. — Л.: Судостроение, 1977. — 311 с.
3. Шурпицкий, А.В. Анализ коррозионного износа корпусов судов смешанного плавания типа «Балтийский» [Текст] / А.В. Шурпицкий // Технология и организация судоремонта. Вып. 161. — Л.: Транспорт, 1978. С. 82-96.
4. Гаврилов, М.Н. Повреждения и надежность корпусов судов [Текст] / М.Н. Гаврилов, А.С. Брикер, М.Н. Эпштейн. — Л.: Судостроение, 1978. — 216 с.
5. Ефименков, Ю.И. Анализ статистических закономерностей образования вмятин в днище и скуловом поясе судов внутреннего плавания [Текст] / Ю.И. Ефименков // Ремонт судов речного флота: Сб. науч. тр. ЛИВТа. — Л.: ЛИВТ, 1985. — С. 71-79.
6. Ватрушкина, Л.П. Вероятностный подход к установлению величины пробоины на речных судах с использованием данных аварийной статистики [Текст] / Л.П. Ватрушкина; Оптимизация характеристик и исследование прочности судов внутреннего плавания: Тр. ГИИВТ; вып.205. — Горький: ГИИВТ, 1984. 138 с.
7. Ефименков, Ю.И. Анализ статистических закономерностей образования вмятин в днище и скуловом поясе судов внутреннего плавания [Текст] / Ю.И. Ефименков; Ремонт судов речного флота: Сб. науч. тр. ЛИВТа. — Л.: ЛИВТ, 1985. — С. 71-79.
8. Барабанов, Н.Б. Повреждения и пути совершенствования судовых конструкций [Текст] / Н.Б. Барабанов, Н.А. Иванов, В.В. Новиков, Г.П. Шмельков. — Л.: Судостроение, 1989. — 256 с.
9. Пойлов, И.П. Взаимозависимость стрелки прогиба стенки набора и стрелки прогиба обшивки при образовании вмятин на корпусе [Текст] / И.П. Пойлов // Ремонт речных судов: Сб. науч. тр. ЛИВТа. — Л.: ЛИВТ, 1989. — С. 133-144.
10. Луценко, В.Т. Повреждения и ремонт транспортных рефрижераторов в дальневосточном бассейне [Текст] / В.Т. Луценко // Судостроение. — 1991. — №3. — С. 48-50.
11. Бимбереков, П.А. Анализ повреждаемости корпусов барж проекта Р-56 [Текст] / П.А. Бимбереков // Повышение эффективности ремонта судовой техники: Сб. науч. трудов НГАВТ. — Новосибирск: НГАВТ, 1993. — С. 21-41.
12. Бимбереков, П.А. Закономерности повреждаемости судовых корпусных перекрытий [Текст] / П.А. Бимбереков // Повышение надежности судовых деталей, механизмов и устройств: Сб. науч. трудов НГАВТ. — Новосибирск: НГАВТ, 1995. — С. 100-107.

13. Бимбереков, П.А. Определение диапазона применимости визуального (экспертного) метода для освидетельствования деформаций судовых конструкций [Текст] / П.А. Бимбереков // Современные проблемы технических наук: Сб. тезисов докладов конференции. — Новосибирск: НГАВТ, 1996. — С. 87–88.
14. Бимбереков, П.А. Исследование возможности определения деформаций рамного набора бортов барж проекта Р-56 по замерам деформации наружной обшивки [Текст] / П.А. Бимбереков // Современные проблемы технических наук: Сб. тезисов докладов конференции. — Новосибирск: НГАВТ, 1996. — С. 97–98.
15. Бойцов, Г.В. Оценка усталостной прочности конструктивных узлов и корпусов [Текст] / Г.В. Бойцов, М.А. Кудрин // Судостроение. — 2002. — №2. — С. 9–12.
16. Исследование повреждаемости, методики освидетельствования и дефектации корпусных конструкций судов внутреннего и смешанного плавания Бимбереков П.А. Новосибирск, 2007.
17. Бурмистров, Е.Г. Анализ причин и районов локализации износов наружной обшивки корпусов судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания [текст непосредственный] / Е.Г. Бурмистров, Д.А. Кромов // Научные проблемы водного транспорта, 2022. № 70. – С. 15-29.
18. Пат. № 2380273 Способ ведения измерений в ходе контроля местных остаточных деформаций корпуса судна Бимбереков П.А. Заявка № 2006136477/11 от 16.10.2006.
19. Пат. № 2323409 Способ планирования и корректировки процедуры обмеров остаточных толщин Бимбереков П.А. Заявка № 2006139598/28 от 07.11.2006.
20. ФАУ «Российское Классификационное Общество». Правила классификации и постройки судов. URL: <https://rfclass.ru/izdaniya-rko/pravila-klassifikatsii-postroyki-iosvidetelstvovaniya-sudov-vvp-sudov-smeshannogo-reka-more-plavaniya-plavuchikh-obektov/pravila-klassifikatsii-i-postroyki-sudov/> (дата обращения 02.03.26). «Правила освидетельствования судов в процессе их эксплуатации», М.: Российское классификационное общество, 2019. - С.116, 117
21. Вариант корректировки способа обмера остаточных толщин связей корпусов судов и плавучих объектов Бимбереков П.А. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2025. № 3. С. 24–30.
22. Пат. № 2845162 Способ контроля остаточных толщин корпусов транспортных и/или стояночных средств Бимбереков П.А. Заявка № 2024123221 от 13.08.2024.
23. Пат. № 2380272 Способ приближенного определения остаточных толщин Бимбереков П.А. Заявка № 2006139599/11 от 07.11.2006.
24. Определение потребного числа измерений остаточных толщин на участке элемента связи корпуса судна на основе оценочных зависимостей для запаса толщин и рекомендуемых скоростей изнашивания Бимбереков П.А. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2015. № 1. С. 76–80.
25. Корректировка методики определения остаточных толщин обшивки и настилов согласно проекту правил Российского речного регистра Бимбереков П.А. Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2015. № 1. С. 7–13.
26. Бимбереков, П.А. Определение диапазона применимости визуального (экспертного) метода для освидетельствования деформаций судовых конструкций [Текст] / П.А. Бимбереков // Современные проблемы технических наук: Сб. тезисов докладов конференции. — Новосибирск: НГАВТ, 1996. — С. 87–88.
27. Бимбереков, П.А. Исследование возможности определения деформаций рамного набора бортов барж проекта Р-56 по замерам деформации наружной обшивки [Текст] / П.А. Бимбереков // Современные проблемы технических наук: Сб. тезисов докладов конференции. — Новосибирск: НГАВТ, 1996. — С. 97–98.
28. Исследование повреждаемости, методики освидетельствования дефектации корпусных конструкций судов внутреннего и смешанного плавания Бимбереков П.А. Новосибирск, 2007.
29. Определение и нормирование величины деформаций стенок тавровых балок по значению прогиба судовой обшивки в месте крепления набора Бимбереков П.А. Морской вестник. 2008. № 1 (25). С. 93–95.
30. Роботизация в судостроении: трансформация производства, вызовы и стратегические перспективы Бимбереков П.А. Речной транспорт (XXI век). 2025. № 4 (116). С. 41–44.

References

1. Jupiter, A.D. Damage and Repair of Sea-Going Vessel Hulls [Text] / A.D. Jupiter. - M.: Transport, 1973. - 216 p.
2. Ershov, N.F. Damage and Serviceability of Inland Waterway Vessel Structures [Text] / N.F. Ershov, O.I. Svechnikov. - L.: Shipbuilding, 1977. - 311 p.
3. Shurpitsky, A.V. Analysis of Corrosion Wear of Hulls of Mixed-Water Vessels of the «Baltic» Type [Text] / A.V. Shurpitsky // Technology and Organization of Ship Repair. Issue 161. - L.: Transport, 1978. Pp. 82-96.
4. Gavrilov, M.N. Damage and Reliability of Ship Hulls [Text] / M.N. Gavrilov, A.S. Briker, M.N. Epshteyn. - L.: Sudostroenie, 1978. - 216 p.
5. Efimenkov, Yu.I. Analysis of Statistical Patterns of Dent Formation in the Bottom and Bile Belt of Inland Waterway Vessels [Text] / Yu.I. Efimenkov // Repair of River Fleet Vessels: Coll. scientific works of LIVT. - L.: LIVT, 1985. - Pp. 71-79.
6. Vatrushkina, L.P. Probabilistic Approach to Determining the Size of a Hole in River Vessels Using Accident Statistics Data [Text] / L.P. Vatrushkina; Optimization of Characteristics and Strength Study of Inland Waterway Vessels: Proceedings of GIVT; issue 205. - Gorky: GIIVT, 1984. 138 p.
7. Efimenkov, Yu.I. Analysis of Statistical Patterns of Dent Formation in the Bottom and Bile Belt of Inland Waterway Vessels [Text] / Yu.I. Efimenkov; Repair of River Fleet Vessels: Coll. scientific works of LIVT. - L.: LIVT, 1985. - Pp. 71-79.
8. Barabanov, N.B. Damage and Ways to Improve Ship Designs [Text] / N.B. Barabanov, N.A. Ivanov, V.V. Novikov, G.P. Shmelkov. - L.: Sudostroenie, 1989. - 256 p.
9. Poilov, I.P. Interdependence of the deflection arrow of the framing wall and the deflection arrow of the skin during the formation of dents on the hull [Text] / I.P. Poilov // Repair of river vessels: Coll. scientific works of LIVT. - L.: LIVT, 1989. - Pp. 133-144.
10. Lutsenko, V.T. Damage and repair of refrigerated transport vessels in the Far Eastern basin [Text] / V.T. Lutsenko // Shipbuilding. - 1991. - No. 3. - Pp. 48-50.
11. Bimberekov, P.A. Analysis of damageability of the hulls of barges of the R-56 project [Text] / P.A. Bimberekov // Improving the efficiency of repair of marine equipment: Coll. scientific works of NSAWT. — Novosibirsk: NGAVT, 1993. — P. 21–41.
12. Bimberekov, P. A. Damage Patterns of Ship Hull Floors [Text] / P. A. Bimberekov // Improving the Reliability of Ship Components, Mechanisms, and Devices: Collection of Scientific Papers of NGAVT. — Novosibirsk: NGAVT, 1995. — P. 100–107.
13. Bimberekov, P. A. Determining the Range of Applicability of the Visual (Expert) Method for Inspecting Ship Structures for Deformations [Text] / P. A. Bimberekov // Modern Problems of Engineering Sciences: Collection of Conference Abstracts. — Novosibirsk: NGAVT, 1996. — P. 87–88.
14. Bimberekov, P. A. Study of the Possibility of Determining the Deformations of the Side Frame of Barges of Project R-56 Based on Measurements of the Deformation of the Outer Skin [Text] / P.A. Bimberekov // Modern Problems of Technical Sciences: Collection of Abstracts of Conference Papers. - Novosibirsk: NGAVT, 1996. - Pp. 97-98.
15. Boytsov, G.V. Evaluation of the Fatigue Strength of Structural Units and Hulls [Text] / G.V. Boytsov, M.A. Kudrin // Shipbuilding. - 2002. - No. 2. - Pp. 9-12.
16. Study of Damageability, Inspection Methods, and Flaw Detection of Hull Structures of Inland and Mixed Navigation Vessels, Bimbekov P.A. Novosibirsk, 2007.
17. Burmistrov, E.G. Analysis of the causes and areas of localization of wear of the outer hull plating of inland and mixed (river-sea) navigation vessels [direct text] / E.G. Burmistrov, D.A. Kromov // Scientific problems of water transport, 2022. No. 70. - Pp. 15-29.
18. Patent No. 2380273 Method of conducting measurements during monitoring of local residual deformations of a ship's hull Bimberekov P.A. Application No. 2006136477/11 dated 16.10.2006.
19. Patent No. 2323409 Method of planning and adjusting the procedure for measuring residual thicknesses Bimberekov P.A. Application No. 2006139598/28 dated 07.11.2006.
20. Federal Autonomous Institution «Russian Classification Society.» Rules for the Classification and Construction of Ships. URL: <https://rfclass.ru/izdaniya-rko/pravila-klassifikatsii-postroyki-iosvidetelstvovaniya-sudov-vvp-sudov-smeshannogo-reka-more-plavaniya-plavuchikh-obektov/pravila-klassifikatsii-i-postroyki-sudov/> (accessed March 2, 2026). «Rules for the Inspection of Vessels During Their Operation», Moscow: Russian Classification Society, 2019. - Pp. 116, 117

21. A Variant of Adjusting the Method for Measuring Residual Thicknesses of Hull Struts of Ships and Floating Objects Bimberekov P.A. Scientific Problems of Transport of Siberia and the Far East. 2025. No. 3. Pp. 24–30.
22. Patent No. 2845162. Method for monitoring residual thicknesses of vehicle and/or parking vehicle bodies. P.A. Bimberekov. Application No. 2024123221, dated August 13, 2024.
23. Patent No. 2380272. Method for approximate determination of residual thicknesses. P.A. Bimberekov. Application No. 2006139599/11, dated November 7, 2006.
24. Determining the Required Number of Residual Thickness Measurements in a Section of a Ship Hull Structural Element Based on Estimated Dependencies for the Thickness Reserve and Recommended Wear Rates Bimberekov P.A. Scientific Problems of Transport of Siberia and the Far East. 2015. No. 1. pp. 76–80.
25. Adjusting the Methodology for Determining the Residual Thicknesses of Sheathing and Flooring in Accordance with the Draft Rules of the Russian River Register Bimberekov P.A. Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technology. 2015. No. 1. pp. 7–13.
26. Bimberekov, P.A. Determining the Range of Applicability of the Visual (Expert) Method for Inspecting Deformations of Ship Structures [Text] / P.A. Bimberekov // Modern Problems of Technical Sciences: Coll. Abstracts of conference papers. — Novosibirsk: NGAVT, 1996. — Pp. 87–88.
27. Bimberekov, P.A. Study of the Possibility of Determining the Deformations of the Frame Framing of the Sides of Project R-56 Barges Based on Measurements of the Deformation of the Outer Shell [Text] / P.A. Bimberekov // Modern Problems of Technical Sciences: Collection of Abstracts of Conference Papers. — Novosibirsk: NGAVT, 1996. — Pp. 97–98.
28. Study of Damageability, Methods of Inspection and Flaw Detection of Hull Structures of Inland and Mixed-Water Vessels Bimberekov, P.A. Novosibirsk, 2007.
29. Determination and Standardization of the Value of Deformations of T-Beam Walls Based on the Value of Sag of the Ship's Shell Framing at the Attachment Point Bimberekov, P.A. Marine Herald. 2008. No. 1 (25). P. 93–95.
30. Robotization in shipbuilding: production transformation, challenges, and strategic prospects. Bimberekov P.A. River transport (XXI century). 2025. No. 4 (116). P. 41–44.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Дашенко Максим Владимирович, ведущий инженер АО «Енисейское речное пароходство», магистрант института инженерных и цифровых технологий, Сибирский государственный университет водного транспорта, 630099, Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, e-mail: dashenko_mv@mail.ru

Maxim V. Dschchenko, leading engineer of Yenisei River Shipping Company JSC, master's student at the Institute of Engineering and Digital Technologies, Siberian State University of Water Transport, 630099, Novosibirsk, Shchetinkina str., 33, e-mail: dashenko_mv@mail.ru

Бимбереков Павел Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры Теории корабля, судостроения и технологии материалов, Сибирский государственный университет водного транспорта, 630099, Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, e-mail: bimberekov@yandex.ru

Pavel A. Bimberekov, Dr. Sci. (Eng), assistant professor, Professor of the Department Ship Theory, Shipbuilding and Materials Technology, Siberian State University of Water Transport, 630099, Novosibirsk, Shchetinkina str., 33, e-mail: bimberekov@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 11.03.2026; принята к публикации 20.04.2026; опубликована онлайн 20.06.2026. Received 11.03.2026; published online 20.06.2026.