

СУДОСТРОЕНИЕ, СУДОРЕМОНТ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СУДНА

SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ECOLOGICAL SAFETY OF THE SHIP

УДК 629.12

DOI: 10.37890/jwt.vi86.675

Перспективы роботизации процесса при модернизации барж- площадок проекта Р-56 для повышения разряда плавания (класса) РКО

П. А. Бимберков

ORCID: 0000-0003-4303-8570

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

Аннотация. При модернизации судов с повышением их разряда плавания необходимо обеспечить требования к их корпусным конструкциям на уровне действующих норм на момент разработки проекта модернизации. Целесообразность проектирования и проведения модернизационных работ, а не проектирование и строительство нового судна обусловлена снижением: уровня и объемов проектных работ; требований к уровню производства (материальной базы и кадрового состава); заменяемых и вводимых дополнительно объемов металлопроката. Для сохранения возможности вести погрузочно-разгрузочные работы грейфером согласно действующих норм толщина стенок рамных балок подпалубного набора и примыкающих к палубе поясьев переборок должна быть существенно выше, чем остаточная толщина этих конструкций у модернизируемых барж-площадок проекта Р-56. Их полная замена по принятым технологиям была оценена как нецелесообразная, практически приводящая к отказу от модернизации накопившего остаточные деформации палубного перекрытия. Для модернизации указанных связей палубного перекрытия и переборок в ходе производимого под руководством автора проекта СКС 013.Р-56 в ООО «Судоходная компания «Север» (СК «Север») был произведен комплекс работ по обоснованию установки на них подкрепляющих элементов в виде накладных пластин. Российский Речной Регистр (ныне Российское Классификационное Общество) приняли предложенное обоснование применимости такого технического решения и утвердили проект модернизации. Позже на данное нестандартное техническое решение был получен патент на изобретение №2448861.

Очевидная цель технического решения – минимизация затрат металлопроката и трудозатрат при модернизации палубного перекрытия барж-площадок проекта Р-56, возможность ведения работ силами самой СК «Север». Обсуждается возможная роботизация данного процесса модернизации и возможность подетальной замены стенок подпалубных рамных балок и поясьев переборок при наличии роботизированного комплекса.

Ключевые слова: конструкция палубного перекрытия, повышение разряда плавания, модернизация палубного перекрытия, технология, роботизация процесса модернизации.

Prospects for robotization of the process during the modernization of barge platforms of the R-56 project to increase the RCS sailing category (class)

Pavel A. Bimberekov

Siberian State University of Water Transport, Russian Federation

Abstract When upgrading vessels to upgrade their operational class, it is necessary to ensure that their hull structure requirements meet current standards at the time the modernization project is developed. The feasibility of designing and implementing modernization work, rather than designing and building a new vessel, is determined by the following: the level and scope of design work; production requirements (material resources and personnel); and the volume of rolled metal products to be replaced and introduced. To maintain the ability to perform loading and unloading operations using a grab in accordance with current standards, the wall thickness of the below-deck frame girders and the bulkhead chords adjacent to the deck must be significantly greater than the residual thickness of these structures on the Project R-56 platform barges being modernized. Their complete replacement using accepted technologies was deemed impractical, practically resulting in the abandonment of the modernization of the deck flooring, which has accumulated residual deformations. To modernize the aforementioned deck and bulkhead connections, a series of works were carried out at SKS 013.R-56 Shipping Company LLC (SK Sever) under the supervision of the author of the project to justify the installation of reinforcing elements in the form of overlay plates. The Russian River Register (now the Russian Classification Society) accepted the proposed justification for the applicability of this technical solution and approved the modernization project. Patent No. 2448861 was later issued for this unconventional technical solution.

The obvious goal of the technical solution is to minimize metal and labor costs during the modernization of the deck floors of Project R-56 barges, allowing the work to be carried out by SK Sever itself. Potential robotization of this modernization process and the possibility of replacing the underdeck frame beams and bulkhead chords piece by piece with a robotic system are being discussed.

Keywords: Deck design, increasing the class, deck modernization, technology, robotization of the modernization process.

Введение

На момент принятия решения о модернизации барж-площадок проекта Р-56 их срок эксплуатации превысил тридцать лет. Задачей проектных работ было получить для модернизируемых судов класс «М3,0» Российского Речного Регистра (РРР) [1] (в настоящее время Российского Классификационного Общества (РКО) [2]) при исходном «Р1,2». Отдельные позиции произведённой модернизации по проекту СКС 013.Р-56, разработанном под руководством автора в ООО «Судоходная компания «Север» (СК «Север») были освещены в работах [3...8]. Дадим в табл.1 основные характеристики судов до и после модернизации.

Таблица 1

Основные характеристики судов до и после модернизации

Параметр	Ед. изм.	Номер проекта	
		Р-56	СКС 013.Р-56
Класс РРР (РКО)	-	«Р1,2»	«М3,0»
Длина габаритная	м	86,0	86,0
Длина расчётная	м	83,51	80,4
Ширина расчётная	м	16,5	16,5
Высота борта	м	2,85	2,85
Осадка в полном грузу	м	2,63	2,04
Осадка порожнём	м	0,400	0,483

Параметр	Ед.	Номер проекта	
Водоизмещение в полном грузу	т	3244,3	2460
Водоизмещение порожнем	т	414,3	502,7
Грузоподъёмность	т	2830	1957

В результате дефектации модернизируемых судов по палубному перекрытию, получены следующие значения остаточных толщин табл.2. Дополнительно в таблице даны принятые для расчета значения остаточных толщин связей.

Таблица 2

Остаточные толшины связей палубного перекрытия модернизируемых судов

№	Наименование связи	Средняя остаточная толщина связи корпуса судна, мм					
		Проект-ная	СКС-3000	СКС-3001	СКС-3002	СКС-3003	принятая в расчет
1	Настил палубы	10	9,7...9,8	9,7...9,8	9,1...9,6	9,5...9,7	9,1
2	Стенка балок рамного набора палубы	5	4,9	4,8...4,9	4,8...5,0	4,9...5,0	4,8
3	Полка рамных бимсов	6	-	-	-	-	5,8
4	Полка рамных карлингсов	8	-	-	-	-	7,8
5	Поперечные переборки	5	4,8	4,8	4,7...4,8	4,6...4,8	4,6
6	Продольные переборки	5	4,9	4,9	4,7...4,8	4,7...4,8	4,7
7		8	7,8	7,8	7,7...7,8	7,8...7,9	7,7
8	Ребро жесткости палубы	7	6,8	6,8	-	-	6,8

В проектный расчёт были взяты с ошибкой в безопасную сторону минимальные значения остаточных толщин (табл.2). Толщина стенок рамных подпалубных балок и верхних поясов переборок не соответствовали требованиям РПП для случая ведения погрузочно-разгрузочных работ грейфером.

В табл.3 дадим значения пролётов балок у палубного перекрытия проекта №Р-56 и сопоставление их с требуемыми по Правилам РПП (РКО).

Таблица 3

Сопоставление пролетов балок проекта №Р-56 с требуемыми по действующим Правилам РПП (РКО)

№	Наименование пролета	Значение, мм		Примечание
		по [1], мм	По проекту №Р-56	
1	Расстояние между продольными подпалубными ребрами жесткости	400...650	660	Шпация отличалась от действующих Правил РПП на момент проектирования, принята РПП
2	Расстояние между карлингсами	2500	3300; 2640	Отличалась от действующих Правил РПП на момент проектирования, принята РПП
3	Расстояние между бимсами	1800	1200	Удовлетворяет современным требованиям
4	Шпация в носовой оконечности	550	600	Не удовлетворяет современным требованиям
5	Шпация форпика	550	400	Удовлетворяет современным требованиям
6	Шпация в кормовой	550	660	Не удовлетворяет

№	Наименование пролета	Значение, мм		Примечание
	оконечности			современным требованиям и по размеру и т.к. система набора продольная
7	Шпация ахтерпика	550	400	Удовлетворяет современным требованиям

На основании рассмотрения данных табл. 3 были сделаны следующие заключения:

- позиция 1 определялась в базовом проекте для расчетной нагрузки, была обоснована и практически проверена допустимость отклонения от норм РРР при полной загрузке до 2830 т, показала свою работоспособность. Допустимость её сохранения при учёте понижения загрузки подтверждена в проекте модернизации расчётом;

- позиция 2 базового проекта определялась для расчетной нагрузки, была обоснована и практически проверена допустимость отклонения от норм РРР при полной загрузке до 2830 т: пролет величиной 2640 мм близок нормативному, его было решено сохранить; пролет в 3300 мм принято разделить на два посредством установки карлингсов на расстоянии 1650 мм от диаметральной плоскости;

- позиции 4,6 изменять нецелесообразно;

- позиции 3,5,7 соответствовали действующим нормам РРР.

Для введения стенок рамных подпалубных балок и верхних поясков переборок в соответствие требованиям РРР в сложившейся практике обычно предпринималась полная замена связей палубного перекрытия (см. например [9]), что предполагало и удаление самой усиленной из связей корпуса – палубного настила. В качестве альтернативного решения автором было предложена установка в плоскости стенок балок и верхних поясов переборок накладных листовых элементов. Их крепление предполагалось электросваркой по периметру и в плоскости стенки электрозаклёпками. Был произведён сравнительный эксперимент, подробно описанный в [5], показавший работоспособность получаемых конструкций, в том числе и возможность контроля остаточных толщин подкреплённой стенки и подкрепляющего накладного элемента. Представленные в РРР результаты эксперимента убедили в допустимости такого решения и проект модернизации СКС013.Р-56 был утверждён и реализован СКС «Север». Позднее с согласия компании автор получил на данное техническое решение патент на изобретение [10].

На рис.1 представлено промежуточное состояние подкрепления оговоренных конструкций палубы накладными листовыми элементами. Кроме того здесь виден дополнительный карлингс, установленный на расстоянии 1650 мм от диаметральной плоскости.

Цель работы: рассмотрение на конкретном частном примере случая модернизационных работ при формировании палубного перекрытия включающего монтаж дополнительных конструкций баржи-площадки проекта Р-56 с повышением класса до «*М3,0» и обсуждение данного вида работ при возможной роботизации процесса.



Рис. 1 Фотоизображение реализации подкрепления стенок рамных балок и верхних поясов переборок листовыми накладными элементами по проекту СКС13.Р-56

Технология монтажа и установки дополнительных связей палубного перекрытия

Накладные листовые элементы были заранее нарублены в размер на гильотине и в них выколоты отверстия под электрозаклёпки. Накладные элементы подавались вручную, устанавливались у балок на полки и при необходимости подгонялись по месту при наличии незначительных вмятинок. Размер большинства из последних, как правило, не требовал учёта при дефектации. Далее накладные элементы фиксировались прихватками и проваривались. На переборках полки отсутствуют и для удобства монтажа иногда использовались временные опорные элементы. Принципиально при наличии небольших кромочных деформаций или выпучин стенок подпалубных балок накладные листовые элементы возможно устанавливать с любой стороны стенки. При наличии значимых, мешающих установке накладных листовых элементов деформаций стенок рамного попалубного набора и переборок предварительно возможно проведение работ по их правке до приемлемой величины, используя принципиальные технологии, изложенные, например в [11-14]. Отметим, что пригоночные работы на высоте в верхнем положении в практически закрытом пространстве, не самые комфортные и работники по возможности пытаются от них «откреститься».

Обсуждение возможности роботизации рассматриваемого процесса модернизации палубного перекрытия

Примем следующий ряд допущений возможности ведения процессов роботизированным комплексом или несколькими отдельными роботами:

- 1) сканировать пространство отсека, при этом точно позиционируя перемещение сканирующего устройства по специально устанавливаемым направляющим или существующим балкам судового набора;
- 2) перемещать по заданной на основе картины сканирования траектории рабочий орган и с заданными параметрами движения как на холостом ходу (без осуществления процесса, например, сварки, резки, нагрева и т.п.) так и в рабочем режиме с возможностью корректировки человеком-оператором;
- 3) извлекать с места расположения удаляемые элементы связей и устанавливать их заменяющие для фиксации и сварки в запланированном месте;
- 4) производить финальную обработку сварочных швов (очистку от шлака, контроль, возможно окраску) и т.п.

Качественно оценим применение роботизации при реализации процесса модернизации палубного перекрытия согласно проекту СКС 013.Р-56 и для случая или полной замены подпалубных балок или только их стенок, а также примыкающих к палубе поясьев переборок. По нашему мнению, реализацию оговоренных процессов модернизации можно представить в следующем порядке.

При реализации по проекту СКС 013.Р-56

1. Произвести процесс лазерного сканирования или фотограмметрическим методом в отсеках с базированием или на специально установленные направляющие, либо на существующий набор. Возможно и сканирование при помощи дрона, в частности и при его произвольном движении по отсеку, что также должно привести за счёт большого объёма взаимоувязанной информации к точному формированию 3-D моделей отсеков, отведённых для модернизационных работ.

2. После размещения в отсеках роботизированного комплекса производство монтажа и жёсткой фиксации заранее заготовленных накладных листовых элементов на основе 3-D моделей отсеков. Предполагается, что в результате предварительной обработки 3-D моделей отсеков будут заложены режимы и траектории для производства сварочных работ. Вполне очевидно, что действия робота могут быть проверены на холостом ходу и при необходимости быть внесены необходимые корректировки. Отметим возможность предварительной правки конструкций при возникновении такой необходимости и соответственной корректировки 3-D моделей отсеков.

Наблюдение за процессом ведения сварочных работ возможно и дистанционно (например, из соседнего отсека), или в присутствии человека-оператора в самом отсеке, но не непосредственно в зоне выполнения огневых работ.

3. Оговоренная выше финальная обработка сварных швов.

Работы, ввиду отсутствия удаляемых связей и соответственно без ослабления корпуса могут вестись широким фронтом, сразу в нескольких сечениях корпуса.

При реализации полной замены подпалубных балок или стенок балок и примыкающих к палубе поясьев переборок

Данный пункт полностью повторяет аналогичный пункт предыдущей реализации. Временное исключение работы связей из конструкций корпуса судна в ходе демонтажнo-монтажных работ должно быть по возможности минимальным, не приводящим к существенным дополнительным общим и местным деформациям корпуса. Поэтому работа по вырезке, извлечению и монтажу и жёсткой фиксации заменяемых конструкций должны вестись узким фронтом.

После вырезки заменяемых конструкций (балок или стенок балок и верхних поясьев переборок), которые имели деформацию, настил в зоне их крепления уменьшит стрелку прогиба, что потребует дополнительного уточнения 3-D модели в данной зоне.

Данный пункт повторяет пункт 2 предыдущей реализации, однако, с учётом того, что работа должна вестись узким фронтом и пункты 3 и 4 данной реализации будут множественно последовательно повторяться.

Финальная обработка сварных швов (может быть заложена и в ходе ведения работ узким фронтом по пункту 4 данной реализации).

Следует заметить, что использование роботизированного комплекса при обеих реализациях предполагает удаление человека из зоны огневых работ, уменьшение трудоёмкости монтажа подкрепляющих и заменяемых связей палубного перекрытия.

Заключение

В статье приведён частный случай модернизационных работ палубного перекрытия барж-площадок проекта Р-56, согласно проекту СКС 013.Р-56, реализация которых на практике дала положительный результат. Для пояснения потребности таких работ приведены данные оценок технического состояния палубных перекрытий корпусов барж-площадок и оценки соответствия требованиям Российского Классификационного Общества (на момент модернизации Российского Речного Регистра). Обсуждены возможности применения роботизации процессов при производстве конкретных модернизационных работ по проекту СКС 013.Р-56 и при полной или частичной замене стенок подпалубных балок и верхних поясьев переборок. На основании обсуждения обеих реализаций, на наш взгляд, можно заключить, что вероятней всего и при использовании роботизированных комплексов реализация с накладными элементами будет предпочтительней. В тоже время следует учесть, что при выдерживании одинаковой контактной нагрузки пакет из стенки балки и накладного листового элемента будет тяжелее, по сравнению с целостной стенкой [5]. При этом, правда, поперечное сечение накладных элементов карлингсов войдут всей площадью в эквивалентный брус корпуса судна, что увеличит его прочность. Выбор же конкретной реализации из выше рассмотренных реально может зависеть от множества факторов, наличия металлопроката, рабочей силы, иногда необходимость поддержания в тонусе работников предприятия и т.д., возможности иметь или арендовать роботизированные комплексы и т.п. Могут быть применены и нестандартные решения, в частности, кантование барж в положение палубой вниз. Рациональный выбор сценариев реализаций отдельная непростая задача, которая может решаться при специальном построении оценочных аппаратов, например с использованием функции желательности Харрингтона (см. для примера [15...21]). В любом случае применение роботизированных комплексов улучшает условия работы персонала предприятия в ходе ведения модернизации корпусов судов.

Список литературы

1. Российский Речной Регистр. Правила. В 4 т. Т.2. - М.: Новости, 2009. 406 с.
2. ФАУ «Российское Классификационное Общество». Правила классификации и постройки судов. URL: <https://rfclass.ru/izdaniya-rko/pravila-klassifikatsii-postroyki-i-osvidetelstvovaniya-sudov-vvp-sudov-smeshannogo-reka-more-plavaniya-plavuchikh-obektov/pravila-klassifikatsii-i-postroyki-sudov/> (дата обращения 28.08.2025).
3. Бимбереков П.А. Укрупненная оценка мероприятий модернизации корпуса баржи-площадки проекта Р-56 для повышения класса с «*Р1,2» до «*М3,0». Материалы Международной юбилейной научно-технической конференции «Обновление флота – актуальная проблема водного транспорта на современном этапе». Ч.1. – Новосибирск: ФГОУ ВПО НГАВТ, 2011, с.113-117.
4. Бимбереков П.А. Опыт модернизации барж-площадок проекта №Р-56 с повышением класса до «*М3,0». Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы инновационного развития водного транспорта». – Новосибирск: ФГОУ ВПО НГАВТ, 2013, с.197-198.
5. Бимбереков П.А., Фомин А.В., Сащиков Н.А. Экспериментальное обоснование ремонта рамного судового набора баржи-площадки проекта №р-56 установкой на его стенки накладных листовых элементов. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока, 2011, № 2, с. 136-141.
6. Бимбереков П.А. Стратегия и тактика обеспечения технического состояния корпусов судов внутреннего и смешанного плавания. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Федеральное государственное бюджетное

- образовательное учреждение высшего образования "Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова", 2016.
7. Бимбереков П.А., Никитин С.И., Медведев А.М. Оценка увеличения металлоемкости корпусов при повышении разрядов плавания судов поднадзорных Российскому Классификационному Обществу (РКО). Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока, 2024, № 2, с. 43-48.
 8. Бимбереков П.А., Никитин С.И., Медведев А.М. Оценочные выражения значений дополнительных масс, при повышении класса судов зарегистрированных в Российском Классификационном Обществе (РКО). Тенденции развития науки и образования, 2024. № 111-9, с. 13-18.
 9. Бимбереков П.А. Оценка экономической эффективности двух вариантов ремонта судовых перекрытий имеющих рамные балки с деформированными стенками. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2008. №2. с.174-178.
 10. Пат. № 2448861 Способ модернизации или ремонта несущих элементов судовых конструкций (варианты): Российская Федерация, МПК В63В 9/00 / Бимбереков П.А.; заявитель и патентообладатель Бимбереков П.А. – №2011116007/11 ; заяв. 22.04.2011; опубл. 27.04.2012, бюл. №12.
 11. Ремонт речных судов: Справочник / Ю.К. Аристов, Ф.Ф. Бенуа, А.А. Вышеславцев и др.; Под ред. А.Ф. Видецкого. – М.: Транспорт, 1988. 431 с.
 12. Михайлов В.С. Плавка судовых сварных корпусных конструкций / ЦНИИ технологии судостроения. - Ленинград : Судостроение, 1972, 153 с.
 13. Телянер Б.Е., Турмов Г.П., Финкель Г.Н. Технология ремонта корпуса судна: учебное пособие. Л.: Судостроение, 1984. 288 с.
 14. Чистов В.Б. Технология ремонта корпусов судов. Конспект лекций. – Л.: ЛИВТ, 1978, 66 с.
 15. Harrington, E.C. / E.C. Harrington // Chem. Engng. Progr., vol. 42, №59, 1963, p. 132-147.
 16. Harrington, E.C. He desirability function / E.C. Harrington // Industrial Quality Control, vol. 21, № 10, 1965, p. 494-498.
 17. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий - М.: Наука, 1976, 279 с.
 18. Карташова, Т.М. Вопросы оптимизации при разработке рецептуры и технологии получения новых полимерных материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Т.М. Карташова. – М: МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1969.
 19. Маркова, Е.В. Комбинаторные планы в задачах многофакторного эксперимента / Е.В. Маркова, А.Н. Лисенков. - М.: Наука, 1979, 345 с.
 20. Радаман А., Томилин С.А., Ясаков Г.С. Состояние, перспективы развития и проблема выбора регулируемого электропривода в корабельных электро-энергетических системах/ Морской вестник, №2(22), 2007, с.45-47.
 21. Бимбереков П.А. О влиянии метода ремонта перекрытий на результаты оценки качества судна. Речной транспорт (XI век), 2014, №5, с.46-52.

References

1. Rossijskij Rechnoj Registr. Pravila. V 4 t. T.2. - М.: Novosti, 2009. - 406 s.
2. FAU «Rossijskoe Klassifikacionnoe Obshchestvo». Pravila klassifikacii i postroyki sudov. URL:<https://rfclass.ru/izdaniya-rko/pravila-klassifikacii-i-postroyki-i-osvidetelstvovaniya-sudov-vvp-sudov-smeshannogo-reka-more-plavaniya-plavuchikh-obektov/pravila-klassifikacii-i-postroyki-sudov/> (data obrashcheniya 18.05.25).
3. Bimberekov P.A. Ukрупnennaya ocenka meropriyatij modernizacii korpusa barzhi-ploshhadki proekta R-56 dlya povы`sheniya klassa s «R1,2» do «M3,0». Materialy` Mezhdunarodnoj yubilejnoj nauchno-texnicheskoj konferencii «Obnovlenie flota – aktual`naya problema vodnogo transporta na sovremennom e`tape». Ch.1. – Novosibirsk: FGOU VPO NGAVT, 2011. p.113-117.
4. Bimberekov P.A. Opy`t modernizacii barzh-ploshhadok proekta №R-56 s povы`sheniem klassa do «M3,0». Materialy` mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Problemy` i perspektivy` innovacionnogo razvitiya vodnogo transporta». Novosibirsk: FGOU VPO SSUWT, 2013. p.197-198.
5. Bimberekov P.A., Fomin A.V., Sashhikov N.A. E`ksperimental`noe obosnovanie remonta ramnogo sudovogo nabora barzhi-ploshhadki proekta №R-56 ustanovkoj na ego stenki

- nakladny`x listovy`x e`lementov. Nauchny`e problemy` transporta Sibiri i Dal`nego Vostoka, 2011, № 2, p. 136-141.
6. Bimberekov P.A. Strategiya i taktika obespecheniya texnicheskogo sostoyaniya korpusov sudov vnutrennego i smeshannogo plavaniya. Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora texnicheskix nauk / Federal`noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel`noe uchrezhdenie vy`sshego obrazovaniya Gosudarstvenny`j universitet morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova, 2016.
 7. Bimberekov P.A., Nikitin S.I., Medvedev A.M. Ocenka uvelicheniya metalloemkosti korpusov pri povy`shenii razryadov plavaniya sudov podnadzorny`x Rossijskomu Klassifikacionnom Obshhestvu (RKO). Nauchny`e problemy` transporta Sibiri i Dal`nego Vostoka, 2024, № 2, p. 43-48.
 8. Bimberekov P.A., Nikitin S.I., Medvedev A.M. Ochenochny`e vy`razheniya znachenij dopolnitel`ny`x mass, pri povy`shenii klassa sudov zaregistrirrovanny`x v Rossijskom Klassifikacionnom Obshhestve (RKO). Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya, 2024. № 111-9, p. 13-18.
 9. Bimberekov P.A. Ocenka e`konomicheskoy e`ffektivnosti dvux variantov remonta sudovy`x perekry`tij imeyushhix ramny`e balki s deformirovanny`mi stenkami. Nauchny`e problemy` transporta Sibiri i Dal`nego Vostoka. 2008. №2. p.174-178.
 10. Pat. №2448861 Method of updating or repairing ship structure bearing components (versions), IPC E02 B 14/00 / Bimberekov, P.A.; applicant and patent holder Bimberekov, P.A. – No. 2011116007/11; appl. 22.04.2011; published 27.04.2012, Bulletin No. 12.
 11. Remont rechny`x sudov: Spravochnik / Yu.K. Aristov, F.F. Benua, A.A. Vy`sheslavcev i dr.; Pod red. A.F. Videczkogo. – M.: Transport, 1988. 431 p.
 12. Mixajlov V.S. Pravka sudovy`x svarny`x korpusny`x konstrukcij / CzNII texnologii sudostroeniya. - Leningrad : Sudostroenie, 1972, 153 p.
 13. Telyaner B.E., Turmov G.P., Finkel` G.N. Texnologiya remonta korpusa sudna: uchebnoe posobie. L.: Sudostroenie, 1984. 288 p.
 14. Chistov V.B. Texnologiya remonta korpusov sudov. Konspekt lekcij.– L.: LIVT, 1978, 66 p.
 15. Harrington, E.C. He desirability function / E.C. Harington // Industrial Quality Control, vol. 21, № 10, 1965, p. 494-498.
 16. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976, 279 с.
 17. Adler Yu.P., Markova E.V., Granovskij Yu.V. Planirovanie e`ksperimenta pri poiske optimal`ny`x uslovij - M.: Nauka, 1976, 279 p.
 18. Kartashova, T.M. Voprosy` optimizacii pri razrabotke receptury` i texnologii polucheniya novy`x polimerny`x materialov: avtoref. dis. ... kand. texn. nauk / T.M. Kartashova. – M: MXTI im. D.I. Mendeleeva, 1969.
 19. Markova, E.V. Kombinatorny`e plany` v zadachax mnogofaktornogo e`ksperimenta / E.V. Markova, A.N. Lisenkov. - M.: Nauka, 1979, 345 p.
 20. Radaman A., Tomilin S.A., Yasakov G.S. Sostoyanie, perspektivy` razvitiya i problema vy`bora reguliruемого e`lektroprivoda v korabel`ny`x e`lektro-e`nergeticheskix sistemax/ Morskoy vestnik, №2(22), 2007, p.45-47.
 21. Bimberekov P.A. O vliyaniy metoda remonta perekry`tij na rezul`taty` ocenki kachestva sudna. Rechnoj transport (XI vek). 2014. №5. p.46-52

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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 19.12.2025; принята к публикации 05.02.2026; опубликована онлайн 20.03.2026. Received 19.12.2025; published online 20.03.2026.