

СУДОСТРОЕНИЕ, СУДОРЕМОНТ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СУДНА

SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ECOLOGICAL SAFETY OF THE SHIP

УДК 629.5.083.5: 621.182.56

<https://doi.org/10.37890/jwt.vi70.244>

Анализ причин и районов локализации износов наружной обшивки корпусов судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания

Е.Г. Бурмистров¹

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0385-0847>

Д.А. Кромов²

¹*Волжский государственный университет водного транспорта», г. Нижний Новгород, Россия*

²*ООО «Борская судоремонтная компания», г. Бор, Нижегородская обл., Россия*

Аннотация. В данной статье выполнен анализ районов локализации износов листов наружной обшивки корпусов судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания и причин их вызывающих. Отмечено, что с проблемой износа листов наружной обшивки сопряжены задачи обеспечения водонепроницаемости и прочности корпусов судов, от которых зависит сохранение судами своего функционального назначения как плавучих транспортных инженерно-технических сооружений. Результаты исследования показывают, что: 1) износы наружной обшивки судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания исследованных групп (буксиры-толкачи, нефтерудовозы, сухогрузные и пассажирские суда) имеют различную локализацию; 2) локализация износов зависит от района эксплуатации, главных размерений и конструктивных особенностей судов; 3) износы обусловлены коррозионным, эрозионным и абразивным воздействием внешней среды, структурными изменениями металла в сварных швах и околошовных зонах, а также низким качеством лакокрасочной защиты корпусов судов, недостаточным вибродемпфированием судовых механизмов, в отдельных случаях, неудовлетворительной центровкой судовых механизмов и валопроводов; 4) местные остаточные деформации (вмятины, бухтины, ребристость), частота их образования, появление и развитие трещин по сварным швам и целому металлу обусловлены потерей устойчивости связей вследствие их износа; 5) между величинами износа и остаточными деформациями листов наружной обшивки имеется корреляционная связь. Установление вида корреляционной зависимости требует специального изучения.

Ключевые слова: корпус судна, наружная обшивка, износы, повреждения, районы локализации, требования Регистра.

Analysis of the causes and the localization areas of the hull outer plating wear of inland and mixed (river-sea) navigation ships

Evgeny G. Burmistrov¹

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0385-0847>

Dmitriy A. Kromov²

¹*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

²*«Bor Ship Repair Company» LLC, Bor, Nizhny Novgorod Region, Russia*

Abstract. This article analyzes the localization areas of the hull outer plating wear of inland and mixed (river-sea) navigation ships and the causes of them. It is noted that the problem of wear of outer plating sheets is associated with the tasks of ensuring watertightness and strength of ship hulls, on which the preservation of the functionality of ships as floating transport engineering structures depends. The results of the study show that: 1) wear of the outer skin of inland and mixed (river-sea) navigation ships of the studied groups (pusher tugs, oil ore carriers, dry cargo and passenger ships) have different localization; 2) the localization of wear depends on the area of operation, the main dimensions and design features of the ships; 3) wear is caused by corrosive, erosive and abrasive effects of the external environment, structural changes in the metal in welds and near-weld zones, as well as poor quality of paint and varnish protection of ship hulls, insufficient vibration damping of ship mechanisms, in some cases, unsatisfactory alignment of ship mechanisms and shafting; 4) local residual deformations (dents, crooks, ribbing), the frequency of their formation, the appearance and development of cracks in welds and the whole metal are due to the loss of stability of bonds due to their wear; 5) there is a correlation between the wear values and residual deformations of the outer skin sheets. Establishing the type of correlation dependence requires special study.

Keywords: ship hull, outer plating, wear, damage, localization areas, Register requirements.

Введение

Эффективность эксплуатации судна, исправность его технического состояния неразрывно связаны с решением проблемы износа листов наружной обшивки каждого конкретного корпуса и сопряжёнными с ней задачами обеспечения его водонепроницаемости и необходимой местной и общей прочности [1-4]. Успешность решения этих проблем на этапе судоремонта по сути определяет, сохранит ли судно свой функционал как плавучее инженерно-техническое сооружение, предназначенное для перевозки грузов и пассажиров или каких-либо других специфических функций.

Проблемами износа связей корпусов судов занимались многие отечественные и зарубежные учёные. Известны, в частности, работы Н.Е. Петровой, Н.В. Бурнашевой, В.В. Огневой, В.А. Компанеца, О.Е. Сурова, В.А. Веселова, М.В. Китаева, П.О. Пастухова, Хоанг Минь Шона и др. Однако выполнявшиеся ими исследования направлены на изучение износов как физического процесса, относящегося к судну в целом или только к его корпусу. В то же время известно (например, из работ [5-7]), что износ обшивки распределяется по длине, ширине корпуса и высоте борта крайне неравномерно. Кроме того, сам износ (как физический процесс) может иметь различную физическую природу [8, 9] и зависит от совокупности внешних и внутренних факторов, воздействующих на судно в процессе его эксплуатации.

Поэтому целью исследования авторов данной статьи являлся анализ причин и районов локализации износов наружной обшивки корпусов судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания. В качестве объектов исследования были приняты корпуса металлических судов. В качестве предмета исследования – износы наружной обшивки различной природы и локализации.

В качестве основных задач исследования ставились следующие:

- 1) проанализировать износы наружной обшивки судов внутреннего и смешанного (река-море) различных типов, назначения, размерений, конструктивных особенностей с точки зрения их локализации по длине, ширине и высоте борта;
- 2) выявить связь между локализацией износов по районам корпуса судна и их физической природой и причинами появления;
- 3) установить взаимосвязь между износами связей (величиной износа, его интенсивностью) и появлением местных остаточных деформаций (вмятин, бухтин, ребристости), а также трещин.

Материалы и методы

Исследования выполнялись на базе ООО «Борская судоремонтная компания» и кафедры «Проектирование и технология постройки судов» ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта» в период с 2020 г. по настоящее время. Для исследований применялись методы математической статистики. Рассматривались статистические данные (результатам дефектации корпусов судов), имеющиеся в распоряжении ООО «Борская судоремонтная компания» (БРСК) за предыдущие 10 лет. Для анализа принимались выборки по судам разных типов и классов, поднадзорных Российскому Речному Регистру: буксиры-толкачи пр. ОТ-1500 и ОТ-2000 (10 ед.); нефтерудовозы пр. 1553 и 1570 (7 ед.); сухогрузы пр. 507, 507А, 19610 и 19611 (15 ед.); пассажирские пр. 81080 (3 ед.). Все рассматриваемые суда имеют стальной цельносварной корпус. Материал наружной обшивки корпуса – преимущественно углеродистые стали Ст3 и Вст3сп с отдельными элементами (ширстрек, ледовый пояс) у некоторых судов из низколегированной стали 09Г2С. Совместно с износами (главным образом, наружной обшивки) исследовались остаточные деформации, графические интерпретации которых представлены на рис. 1. В качестве методической основы исследования приняты основные положения, описывающие научные подходы к оценке технического состояния корпусов судов и износостойкости их материалов, изложенные в работах [2, 5, 7], а также в Правилах классификационных обществ [12, 13].

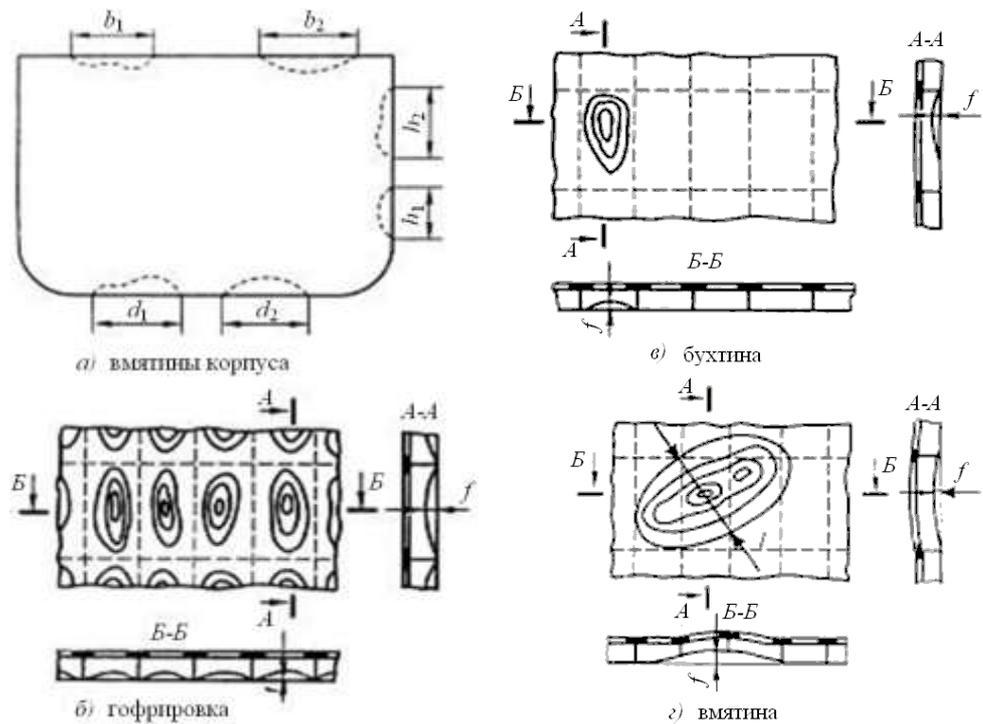


Рис. 1. Виды дефектов обшивки корпусов судов [12, 13]

Результаты

Влияние износа корпуса судна на его прочность. Из работ [1, 4, 8] и др. известно, что прочность корпуса напрямую зависит от возраста судна. Чем дольше судно эксплуатируется, тем сильнее «стареет» его корпус. Старение проявляется в форме:

- 1) уменьшения толщины листов обшивки вследствие абразивного и коррозионного износа (сплошная и язвенная коррозия, истирания и проч.);
- 2) нарушения целостности наружной обшивки (трещины, разрывы, пробоины и др.);
- 3) изменение первоначальной конструктивной формы корпуса в результате деформаций, вызванных эксплуатационными особенностями или перегрузками (прогиб, перегиб).

Как следствие, уменьшается общая прочность корпуса судна, ухудшаются его характеристики и мореходные качества как при ходе «на волнении», так и «на тихой воде».

Некоторые формы проявления «синдрома старения» судов и ожидаемые последствия этого процесса, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Последствия некоторых дефектов корпусных конструкций

Вид дефекта	Форма проявления	Последствия
Коррозионный износ	Уменьшение площади поперечного сечения связей, моментов сопротивления, моментов инерции	Повышение номинальных напряжений, уменьшение критических напряжений
	Изменение формы поверхности связей	Локальная концентрация напряжений, изменение критических напряжений
	Изменение механических свойств материала	Изменение пределов текучести и прочности, относительного удлинения, хрупких и усталостных характеристик
	Свищи	Нарушение непроницаемости
Остаточные деформации	Изменение плоской или прямолинейной формы связей	Уменьшение несущей способности набора и листов
	Изменение механических свойств материала	Охрупчивание
Трещины	Уменьшение рабочей площади связей	Повышение номинальных напряжений
	Изменение напряжённого состояния в районе трещины	Повышение концентрации напряжений
	Нарушение целостности	Нарушение непроницаемости корпуса

Вопросы обоснования современных технологий восстановления общей прочности корпусов судов, основанные на аналитических и экспериментальных зависимостях для описания параметров дефектов, расчёта их нормативных значений, определения запасов общей прочности судна с дефектами и т.п. подробно описаны в работе [9]. Там же приведены результаты анализа влияния дефектов корпуса судна на его общую прочность и способы восстановления общей прочности, обеспечивающие наименьшие затраты материалов, труда и времени в зависимости от планируемого срока дальнейшей эксплуатации судна. Поэтому в данном исследовании авторы в большей степени сосредоточились на выявлении районов локализации износов и дефектов, что представляется весьма важным для расчёта технологических параметров восстановления общей прочности корпуса, а также для выбора стратегии ремонта.

Выявление районов локализации износов и повреждений. Из исследования [10] следует, что районы локализации износов наружной обшивки судов в значительной степени определяются:

- 1) типом и назначением судна;
- 2) назначением избыточных толщин и их корректировкой на этапе проектирования судна с учётом особенностей предполагаемого района эксплуатации, агрессивности внешней среды, а также веществ, перевозимых в различных цистернах, танках и отсеках;
- 3) конструктивными особенностями судна (форма обводов корпуса, шероховатость обшивки и т.п.);

4) технико-эксплуатационными характеристиками (скорость хода, продолжительность рейса, автономность плавания и проч.);

5) возрастом судна.

Все факторы являются значимыми, однако в рамках данного исследования особый интерес вызывают факторы, обусловленные типом и конструктивными особенностями (размерениями, формой корпуса) судов. В этой связи рассматривались выборки по четырём принципиально разным (по типу, размерениям и форме корпуса) группам судов: 1) буксиры-толкачи; 2) нефтерудовозы; 3) сухогрузные суда и 4) пассажирские суда.

Общими, выявленными у судов всех групп, являются износы обшивки коррозионного, эрозионного и механического происхождения. Кроме того, весьма распространённым видом износов по всем группам судов являются износы по стыкам и пазам сварных швов наружной обшивки (т.н. дорожная коррозия). Такие дефекты выявляются практически в 80%, а для «возрастных» судов – в 100% случаев. Вызваны, очевидно, структурными изменениями металла в зоне термического влияния, возможно, возникновением гальванической пары (электрохимической коррозии) из-за изначально неверно подобранных сочетаний марок основного металла и сварочных материалов. По-видимому, именно этим объясняется вспучивание и отслаивание лакокрасочных покрытий изначально именно по сварным швам с созданием условий для развития и последующего распространения коррозии уже и на основной металл. Поэтому эти дефекты подлежат устранению, так как в местах стыков листового металла, а именно в сварных швах, имеет место значительная концентрация напряжений. Как следствие, связи корпуса здесь подвержены большему неблагоприятному воздействию и быстрее приходят в «негодное» состояние (рис. 2).



Рис. 2. Локализация дорожной коррозии по стыкам и пазам наружной обшивки бортов корпуса судна-представителя

Несмотря на выявленную для всех групп общность износов, районы их локализации, тем не менее, существенно различаются. Для сравнения на рис. 3 и 4 представлены фрагменты растяжек наружной обшивки (привести их полностью не позволяет формат журнала) судов-представителей, из которых следует, что проблемными, например, для сухогрузов (даже с ледовыми усилениями корпуса) является носовая оконечность на уровне и ниже ватерлинии, а для пассажирских судов – днищевая обшивка в кормовой половине корпуса и слева от ДП, а также первый бортовой пояс и тоже слева от ДП.

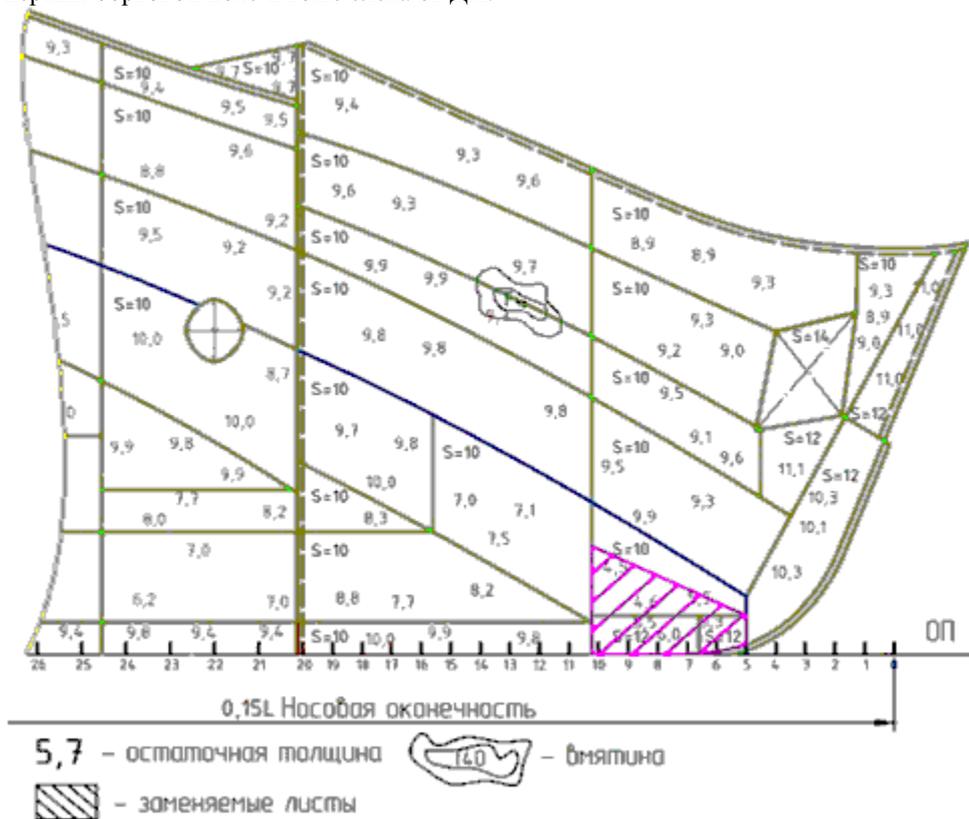


Рис. 3. Локализация износов наружной обшивки в носовой части сухогрузного теплохода с ледовым усилением (фрагмент)

Износ и, соответственно, утонение обшивки в носовой части сухогрузов ведёт к потере устойчивости листов, что обычно проявляется в виде её ребристости (гофрировки). Для корпусов в средней части характерны износы бортовых листов в районе привального бруса, а также скулового пояса на участках, подверженных механическим воздействиям, например, при шлюзованиях, швартовке и т.п. (то есть, от трения о стенки шлюза, причальную стенку), что ведёт к повреждению защитного лакокрасочного покрытия и развитию коррозионных процессов. Износ листов днищевой обшивки имеет другую природу. В основном это абразивный износ от плавания в условиях мелководья. Для днищевых листов в районе машинного отделения к этому, по-видимому, добавляются значительные знакопеременные вибрационные воздействия от работающих двигателей и некачественно отцентрованных валопроводов. Это вызывает усталость металла и приводит к

появлению трещин не только по сварным швам в стыках и пазах обшивки, но и по целому металлу. Выявленные районы локализация таких дефектов именно в этих районах подтверждают правильность данного предположения.

Выявленные проблемы корпусов пассажирских теплоходов обусловлены, очевидно, не только воздействием указанных выше внешних факторов, но и характерным расположением различных цистерн (фекальных (стационарных), балластных, питьевой воды и др.) и кингстонах ящиков, изнутри корпуса примыкающих непосредственно к обшивке днища и/или борта. Вследствие одновременного воздействия агрессивной среды (вода, фекально-сточные воды, жидкий балласт) снаружи и изнутри корпуса имеет место ускоренный износ металла. Агрессивное воздействие воды и воздуха в сочетании с механическим воздействием также вызывают ускоренный износ обшивки в районе ватерлинии (см. характерный пример на рис. 4, левый борт, 1-й бортовой пояс).

Более подробно районы локализации выявленных дефектов по изученным типам судов приведены в табл. 2.

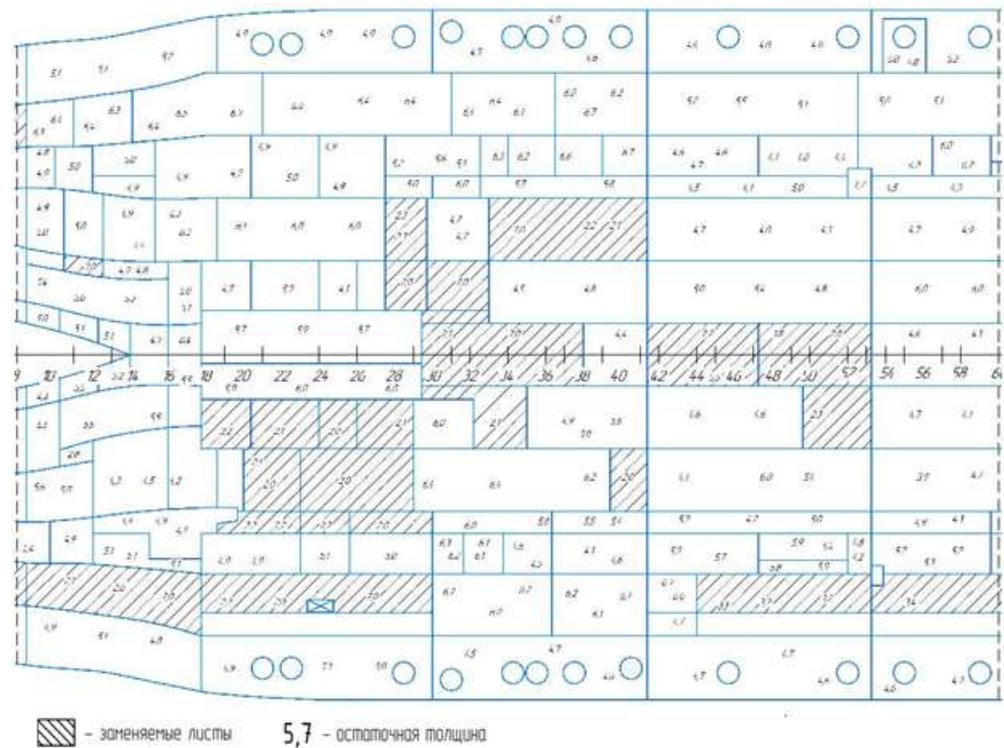


Рис. 4. Растяжка наружной обшивки кормовой части пассажирского теплохода (фрагмент)

Таблица 2

Локализация износов наружной обшивки корпусов судов

Тип судна	Районы локализации износов	Анализ причин износов
Буксир-толкач	1 и 2-й пояса от ДП (носовая часть).	Носовая часть корпуса толкачей подвержена значительному внешнему механическому

	<p>Скуловой пояс (носовая часть) Правый борт, левый борт (носовая часть) 3 и 4 пояса от ДП (кормовая часть)</p>	<p>воздействию из-за сложных условий эксплуатации (буксировка судов, толкание отдельных барж и составов, ломка льда). Кроме износа здесь имеют место такие остаточные деформации как вмятины, бухтины, гофрировки и т.д.</p> <p>Повреждение лакокрасочного покрытия по всей длине корпуса приводит к язвенному износу, сплошной и локальной коррозии [14, 15].</p> <p>Физический износ обусловлен частичной или полной потерей работоспособного состояния судна вследствие его эксплуатации и(или) длительного отстоя. Помимо этого износ обшивки корпуса по всей длине связан со «старением корпуса», которое выражается в уменьшении толщины листовых элементов – износа корпуса.</p> <p>«Возрастные» суда имеют значительный срок эксплуатации (35 лет и более). Дефектации и ремонты обшивки их корпуса производились неоднократно [16]. В ходе планового ремонта судна, в целях экономии, замена обшивки, как правило, производится фрагментами (производственники иронично называют это «методом художественной штопки»), когда изношенные участки листов (а не лист целиком) вырезаются и заменяются новыми. Сварка производится «внатяг», вследствие чего имеет место значительная концентрация напряжений в сварных соединениях, основной металл здесь быстрее приходит в «негодное» состояние.</p>
<p>Нефтерудовоз</p>	<p>1-й и 2-й пояса днищевой обшивки; скуловой пояс по обоим бортам 85% длины; днищевая обшивка по обоим бортам в кормовой оконечности; кормовой подзор; бортовая обшивка в районе переменной ватерлинии (преимущественно в средней части корпуса)</p>	<p>Суда этого типа имеют большую длину. В процессе эксплуатации судна дефекты обшивки корпуса (как правило, это вмятины, локализующиеся по бортам, днищу, палубам и др.) могут возникать в результате сжатия корпуса льдами, столкновения с другими судами, при ударе груза о палубу, замерзания воды в цистернах и др.</p> <p>Местами возникновения трещин являются вырезы в углах перекрытий, сварные швы, пересечения набора с поперечными переборками и др.</p> <p>Значительный износ листов обшивки обусловлен абразивным воздействием среды в средней части корпуса, потёртостями в местах контакта со стенками шлюзовых камер, причальными стенками и т.п. [16]. Вследствие этих причин имеют место повреждения лакокрасочного покрытия корпуса на значительных площадях, что приводит к сплошной и локальной коррозии, а также, к язвенному износу.</p>

Сухогрузный теплоход	1-й и 2-й пояса днищевой обшивки (преимущественно в носовой оконечности); скуловой пояс по обоим бортам на 70...75% длины судна; днищевая обшивка в кормовой оконечности (под МО); кормовой подзор (над движителями); бортовая обшивка в средней части корпуса (особенно под деревянными привальными брусьями)	Значительная гофрировка обшивки объясняется частичной потерей устойчивости листов вследствие значительного её утонения (особенно у судов без ледовых усилений). Ускоренная коррозия под деревянными привальными брусьями вызвана водонабуханием древесины, активным испарением из неё воды под действием солнечных лучей, плохой прокрашиваемостью металла под брусьями. Причины износа металла на скуловых поясах те же, что и рассмотренные выше для нефтерудовозов. Износ днищевой обшивки в районе МО обусловлен, по-видимому, особенностями конструкции корпусов судов в этом районе, неудовлетворительным вибродемпфированием механизмов МО, невысоким качеством центровки двигателей и валопроводов и т.п. причинами. Как следствие имеют место вибрационные трещины. Причём не только по сварным швам, но и по целому металлу.
Пассажирский теплоход	килевой пояс (преимущественно в средней и кормовой частях корпуса); 1-й, 2-й и 3-й пояса днищевой обшивки на оба борта от ДП (как правило, в кормовой части); скуловые пояса (по всей длине судна); Обшивка, преимущественно левого борта носовое мидель-шпангоута	Особенностью конструкции пассажирских теплоходов являются встроенные цистерны (по сути, являются элементами конструкции корпуса) различного назначения. Именно в районах расположения цистерн локализуются наиболее значительные износы листов наружной обшивки, что связано с одновременным воздействием на них агрессивной среды как снаружи, так и изнутри корпуса. Вследствие этого разрушение металла здесь происходит гораздо быстрее, чем в других районах. Кроме того, больший износ обшивки левого борта, очевидно, объясняется более частыми швартовками именно левым бортом.

Обсуждение

Таким образом, выявленные по результатам анализа экспликации износов и дефектов, представленных на растяжках наружной обшивки [17] обследованных судов, износы наружной имеют выраженную локализацию, которая зависит от конструктивного типа и назначения судна, его размерений и условий эксплуатации. Для буксиров-толкачей это определённые пояса днищевой обшивки в носовой и кормовой частях корпуса, а также скуловой пояс и обшивка бортов преимущественно в носовой оконечности. У нефтерудовозов износы в основном локализуются по днищевым и скуловым поясам примерно на 2/3 длины корпуса, в кормовом подзоре, а также по бортам в районе переменной ватерлинии. Проблемными районами корпусов сухогрузных судов являются 1-й и 2-й пояса днищевой обшивки преимущественно в носовой оконечности, скуловые пояса по обоим бортам, днищевая обшивка в кормовой оконечности в районе МО и кормовой подзор, а также бортовая обшивка в средней части корпуса. Для пассажирских теплоходов характерен повышенный износ днищевой обшивки в средней и кормовой частях корпуса, скуловых поясов по всей длине судна, а также обшивки левого борта носовое мидель-шпангоута.

Физическая природа выявленных износов различна. В первом и втором случаях – это значительное внешнее механическое воздействие, обусловленное условиями плавания (буксировка/толкание составов, ломка льда и др.), повреждение лакокрасочного покрытия, «старение» металла, неверно выбранная технология варки вставок при ремонтах, абразивное воздействием среды, в том числе при контакте со стенками шлюзовых камер, причальными стенками и т.п., эрозионный износ, кавитация от работающих двигателей.

Для обследованных сухогрузных теплоходов причины износов, кроме указанных выше, обусловлены также неудовлетворительным качеством окраски корпуса при ремонтах, неудовлетворительным вибродемпфированием механизмов МО, невысоким качеством центровки двигателей и валопроводов. Износ обшивки в кормовом подзоре, как и у нефтерудовозов, по-видимому, имеет кавитационную природу.

У пассажирских судов, кроме прочего, износ обусловлен неудачными конструкторскими решениями при размещении цистерн различного назначения. В результате металл обшивки изнашивается одновременно и снаружи и изнутри корпуса. Интенсивному износу подвергается также подкрепляющий набор. Кроме того, для судов данной группы характерны более частые швартовки. Поэтому обшивка левого борта испытывает активное абразивное воздействие при трении о причальные сооружения.

Общими для всех групп являются износы по стыкам и пазам сварных швов наружной обшивки, вызванные, по-видимому, структурными изменениями металла в зоне термического влияния, и, в отдельных случаях, электрохимической коррозией из-за неверно подобранных сочетаний марок основного металла и сварочных материалов.

Локализация различных деформаций листов наружной обшивки в целом коррелирует с локализацией износов по длине и ширине корпусов судов исследованных групп, так как в их основе лежит потеря устойчивости, обусловленная утонением металла вследствие износа связей [18, 19]. То есть выполняется условие, когда изменение значений одной величины сопутствует систематическому изменению значений другой величины. Однако установление вида корреляционной зависимости как статистической взаимосвязи двух или более случайных величин (либо величин, которые можно с некоторой допустимой степенью точности считать таковыми), требует специального изучения.

Заключение

По результатам исследования можно отметить ряд обстоятельств:

- 1) износы наружной обшивки судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания исследованных групп (буксиры-толкачи, нефтерудовозы, сухогрузные и пассажирские суда) имеют различную локализацию;
- 2) локализация износов зависит от района эксплуатации, главных размерений и конструктивных особенностей судов;
- 3) износы обусловлены коррозионным, эрозионным и абразивным воздействием внешней среды, структурными изменениями металла в сварных швах и околошовных зонах, а также низким качеством лакокрасочной защиты корпусов судов, недостаточным вибродемпфированием судовых механизмов, в отдельных случаях, неудовлетворительной центровкой судовых механизмов и валопроводов;
- 4) местные остаточные деформации (вмятины, бухтины, ребристость), частота их образования, появление и развитие трещин по сварным швам и целому металлу обусловлены потерей устойчивости связей корпуса вследствие их износа;

5) между величинами износа и остаточными деформациями листов наружной обшивки имеется корреляционная связь. Установление вида корреляционной зависимости требует специального изучения.

Благодарности

Авторы выражают благодарность начальнику Отдела технического контроля ООО «Борская судоремонтная компания» А. Малёшину и инженеру-технологу той же компании Д. Макаровой за помощь в подборе материала для анализа, помощь в организации и производстве замеров остаточных толщин наружной обшивки обследованных судов, консультационную поддержку при подготовке данной статьи.

Список литературы

1. Что такое Износ обшивки корпуса корабля, что означает ... / Библиофонд: Морской словарь [Электронный ресурс]. Заголовок с экрана. Режим доступа: https://slovari.bibliofond.ru/sea_word/%D0%98%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D1%81%20%D0%BE%D0%B1%D1%88%D0%B8%D0%B2%D0%BA%D0%B8%20%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%B0%20%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D1%8F / (дата обращения 12.02.2022 г.)
2. Барышников, С.О. Научные основы технологии восстановления общей прочности корпуса судна при ремонте / Автореф. дис. на соиск. учёной степени д-ра. техн. наук: 05.08.04 / Сергей Олегович Барышников – Астрахань, 2012. – 42 с.
3. Kompanets V.A., Surov O.E. Idle-time Corrosive wear of hull plating: A Study. В сборнике: Procedia Engineering. International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017. 2017. С. 739-745.
4. Бурнашева, Н.В., Кудрин М.А. Влияние коррозионного износа на прочность корпусных конструкций морских судов / Н.В. Бурнашева, М.А. Кудрин // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2020, №4(394). – С. 76-81.
5. Петрова, Н.Е. Совершенствование оценки технического состояния судна в целях повышения безопасности мореплавания / Дис. на соиск. учёной степени канд. техн. наук: 05.22.19; / Петрова Наталья Евгеньевна. – Мурманск, 2006. – 185 с.
6. Огнева, В.В. Анализ факторов, определяющих скорость изнашивания корпусов судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания [Текст]: Статья / В.В. Огнева, Е.Г. Бурмистров// Труды 16-го конгресса международного научно-промышленного форума «Великие Реки». – Н. Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2014. – С. 317-321.
7. Хоанг Минь Шон. Контроль технического состояния конструкций корпуса судна на основе оценки риска / Автореф. дис. на соиск. учёной степени канд. техн. наук.: 05.08.04 / Хоанг Минь Шон – Астрахань, 2013. – 20 с.
8. Виды и причины износа корпуса [Электронный ресурс] / Морская библиотека : Режим доступа : <https://seaspirit.ru/tag/tehnologiya-sudoremonta>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения 10.02.2022 г.).
9. Уласов, А.М. Метод вероятностной оценки остаточного ресурса корпуса судна и его элементов / А.М. Уласов, Е.Г. Бурмистров // Речной транспорт (XXI век). – №2, 2021. – С. 46-50.3.

10. Цветков, Ю.Н. Методические основы прогнозирования износостойкости судостроительных сплавов при гидроэрозии / Автореф. дис. на соиск. учёной степени д-ра техн. наук: 05.08.04. / Цветков Юрий Николаевич. – СПб.: СПГУВК, 1995. – 47 с.
11. Петрова, Н.Е. Изменение технического состояния корпуса судна в процессе эксплуатации / Н.Е. Петрова «Вестник МГТУ», том 12, №1, 2009 г. – С. 39-41.
12. Правила Российского Речного Регистра, Издательство: Российский Речной Регистр, Страниц: – 1430 с.
13. Правила классификации и постройки морских судов (НД №2-020101-114). Ч II: Корпус. Санкт-Петербург: Рос. Морской Регистр судоходства, 2019. – 279 с.
14. Kitaev M.V., Surov V.A., Pastukhov P.O. A Study of the ice-resistant protective Coatings effect on the deterioration of the outdoor covering of ice vessels and icebreakers. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 3rd International Scientific-Practical Conference on Quality Management and Reliability of Technical Systems. BRISTOL, 2021. С. 012026.
15. Veselov V.A., Surov O.E., Kitaev M.V., Pastukhov P.O. Tests of paint and varnish ice-resistant protective coatings of Ice class vessels. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 3rd International Scientific-Practical Conference on Quality Management and Reliability of Technical Systems. BRISTOL, 2021. С. 012027.
16. Бимбереков, П.А. Ускоренная дефектация и ремонт корпусов судов в эксплуатации / Дис. на соиск. учёной степени канд. техн. наук.: 05.08.04. / Бимбереков Павел Александрович – Новосибирск, 2009. – 174 с.
17. Растяжка наружной обшивки и настила верхней палубы [Электронный ресурс]. Заголовок с экрана. Режим доступа: <https://mybiblioteka.su/8-89868.html> (дата обращения 12.02.2022 г.).
18. Петрова, Н.Е. Результаты замеров толщин листов настилов, обшивок, элементов балок набора / Н.Н. Петрова, В.М. Орешкина, Ж.В. Кумова, А.Л. Петров // Международный журнал экспериментального образования. – 2017, №2. – С. 83-84.
19. Surov O.E., Kompanets V.A. Estimation of authenticity of results of measuring residual thicknesses of ship structures. В сборнике: Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference. 2016. С. 346-351.

References

1. What is the Wear of the ship's hull plating, which means ... / Bibliofond: Marine vocabulary [Electronic resource]. Screen title. Access mode: https://slovari.bibliofond.ru/sea_word/%D0%98%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D1%81%20%D0%BE%D0%B1%D1%88%D0%B8%D0%B2%D0%BA%D0%B8%20%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%B0%20%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D1%8F/ (accessed 02/12/2022)
2. Baryshnikov S.O. Scientific bases of the technology for restoring the overall strength of the ship's hull during repair / Abstract of the thesis. dis. for the competition degree of Dr. tech. Sciences: 05.08.04 / Sergey Olegovich Baryshnikov - Astrakhan, 2012. - 42 p.

3. Kompanets V.A., Surov O.E. Idle-time Corrosive wear of hull plating: A Study. In the collection: Procedia Engineering. International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017. 2017. pp. 739-745.
4. Burnasheva, N.V., Kudrin M.A. Influence of corrosion wear on the strength of hull structures of marine vessels / N.V. Burnasheva, M.A. Kudrin // Proceedings of the Krylov State Research Center. - 2020, No. 4 (394). - S. 76-81.
5. Petrova, N.E. Improving the assessment of the technical condition of the vessel in order to improve the safety of navigation / Dis. for the competition degree of Cand. tech. Sciences: 05.22.19; / Petrova Natalya Evgenievna. - Murmansk, 2006. - 185 p.
6. Ogneva, V.V. Analysis of the factors that determine the wear rate of the hulls of inland and mixed (river-sea) navigation [Text]: Article / V.V. Ogneva, E.G. Burmistrov // Proceedings of the 16th Congress of the International Scientific and Industrial Forum "Great Rivers". - Nizhny Novgorod: Publishing house of FBOU VPO "VGAVT", 2014. - S. 317-321.
7. Hoang Minh Son. Control of the technical condition of ship hull structures based on risk assessment / Abstract of the thesis. dis. for the competition degree of Cand. tech. Sciences.: 08/05/04 / Hoang Minh Son - Astrakhan, 2013. - 20 p.
8. Types and causes of hull wear [Electronic resource] / Marine Library: Access mode: <https://seaspirit.ru/tag/texnologiya-sudoremonta>, free. - Zagl. from the screen (accessed February 10, 2022).
9. Ulasov, A.M. Method of probabilistic assessment of the residual life of the ship's hull and its elements / A.M. Ulasov, E.G. Burmistrov // River transport (XXI century). - No. 2, 2021. - P. 46-50.3.
10. Tsvetkov, Yu.N. Methodological bases for predicting the wear resistance of shipbuilding alloys during hydroerosion / Abstract of the thesis. dis. for the competition degree of Dr. tech. Sciences: 05.08.04. / Tsvetkov Yuri Nikolaevich. - St. Petersburg: SPGUVK, 1995. - 47 p.
11. Petrova, N.E. Changes in the technical condition of the ship's hull during operation / N.E. Petrov "Bulletin of MSTU", Volume 12, No. 1, 2009 - P. 39-41.
12. Rules of the Russian River Register, Publisher: Russian River Register, Pages: - 1430 p.
13. Rules for the classification and construction of sea vessels (ND No. 2-020101-114). CH II: Corps. St. Petersburg: Ros. Maritime Register of Shipping, 2019. - 279 p.
14. Kitaev M.V., Surov V.A., Pastukhov P.O. A Study of the ice-resistant protective Coatings effect on the deterioration of the outdoor covering of ice vessels and icebreakers. In the collection: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 3rd International Scientific-Practical Conference on Quality Management and Reliability of Technical Systems. BRISTOL, 2021, p. 012026.
15. Veselov V.A., Surov O.E., Kitaev M.V., Pastukhov P.O. Tests of paint and varnish ice-resistant protective coatings of Ice class vessels. In the collection: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 3rd International Scientific-Practical Conference on Quality Management and Reliability of Technical Systems. BRISTOL, 2021, p. 012027.
16. Bimberekov, P.A. Accelerated defect detection and repair of ship hulls in operation / Dis. for the competition degree of Cand. tech. Sciences.: 05.08.04. / Bimberekov Pavel Aleksandrovich - Novosibirsk, 2009. - 174 p.
17. Stretching of the outer skin and upper deck flooring [Electronic resource]. Over-the-heads from the screen. Access mode: <https://mybiblioteka.su/8-89868.html> (accessed 12.02.2022).

18. Petrova, N.E. The results of measurements of the thicknesses of sheets of flooring, sheathing, elements of beams of the set / N.N. Petrova, V.M. Oreshkina, Zh.V. Kumova, A.L. Petrov // International Journal of Experimental Education. - 2017, No. 2. - S. 83-84.
19. Surov O.E., Kompanets V.A. Estimation of authenticity of results of measuring residual thicknesses of ship structures. In the collection: Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference. 2016. S. 346-351.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Бурмистров Евгений Геннадьевич, д.т.н., профессор, профессор кафедры проектирования и технологии постройки судов, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: burmistrov_e_g@mail.ru

Evgeny G. Burmistrov, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Design and Technology of Ship Construction, Volga State University of Water Transport, 5 Nesterova str., Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: burmistrov_e_g@mail.ru

Кромов Дмитрий Александрович, инженер-технолог, ООО «Борская судоремонтная компания», 606440, Нижегородская обл., г. Бор, ул. М. Горького, д. 23 А. e-mail: dkromov15@gmail.com

Dmitry A. Kromov, process engineer, «Borskaya Shiprepair Company» LLC, 606440, Nizhny Novgorod Region, Bor, st. M. Gorky, 23 A. e-mail: dkromov15@gmail.com

Статья поступила в редакцию 13.02.2022; опубликована онлайн 21.03.2022.
Received 13.02.2022; published online 21.03.2022.