

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ, СУДОРЕМОНТА И ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-2-271-281

FORECASTING THE VOLUME OF DEFECT DETECTION WORKS ON A RIVER FLEET VESSEL HULL

A. B. Krasiuk

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

The issue of using the new Instruction for defect detection of hulls of vessels for river and mixed (river-sea) navigation to predict the number of measurements of hull structures during the subsequent regular survey is discussed in the paper. The electronic version of the defect detection report tables provided for in the Instruction allowing the necessary calculations to be performed is taken into account. At the moment, defect detection of a ship hull is the examination, measurement and assessment of defects in each element of the ship's hull in order to establish method and volumes of repairs that ensure its reliable operation until the next regular survey under specified operating conditions. However, the application of the new Instruction will not allow us to measure every element of the ship's hull, but only those elements whose measurement is necessary. An algorithm for filling out the defect detection report tables in their electronic version is provided in the paper, and the need for a preliminary (calculation) stage of defect detection, which is essentially an analogue of the concept of the zero stage in ship repair, is substantiated. The preliminary stage of defect detection is based on a probabilistic approach to predicting the residual thicknesses of individual ship's hull elements using known wear rates and data from ship's hull defects detection performed previously. The results of calculations of a test example for a representative vessel, for which detailed information both on the hull constructions and on the results of measurements during the previous survey and repair is available, are presented. Using the test example, it is proven that introduction of the preliminary stage of defect detection process will reduce number of measurements of hull structures by 78 % compared to the traditional approach to performing the detection work. The necessity of development at the preliminary stage not only electronic table, but illustrating maps of measurements of the main hull structures, examples of which are given, is substantiated.

Keywords: Ship hull defect detection, ship hull element, defect, wear rate, remaining thickness, forecasting in ship repair, technical condition of the ship's hull.

For citation:

Krasiuk, Alla B. "Forecasting the volume of defect detection works on a river fleet vessel hull." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 16.2 (2024): 271–281. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-2-271-281.

УДК: 620.165.29:629.5

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЪЕМА ДЕФЕКТАЦИОННЫХ РАБОТ КОРПУСА РЕЧНОГО СУДНА

А. Б. Красюк

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

В статье рассмотрен вопрос применения нового документа: «Инструкции по дефектации корпусов речных судов и смешанного река – море плавания, поднадзорных РКО» для прогнозирования числа замеров корпусных конструкций при последующем очередном освидетельствовании. Принимается во внимание

электронный вариант таблиц акта дефектации, предусмотренный новым документом, позволяющих выполнять необходимые расчеты. На текущий момент под дефектацией корпуса судна понимается обследование, измерение и оценка дефектов каждого элемента корпуса судна с целью установления способов и объемов ремонта, обеспечивающих надежную эксплуатацию его до следующего очередного освидетельствования в заданных условиях эксплуатации. Применение новой инструкции позволит выполнять измерение не всех элементов корпуса судна, а только тех, измерение которых является целесообразным. Приводится алгоритм заполнения таблиц акта дефектации в электронном виде, обоснована необходимость проведения предварительного (расчетного) этапа дефектации, являющегося, по сути, аналогом понятия «нулевой этап в судоремонте». Отмечается, что выполнение предварительного этапа дефектации основано на вероятностном подходе к прогнозированию остаточных толщин отдельных элементов корпуса с использованием известных скоростей изнашивания и данных дефектаций корпуса, выполненных в процессе проведенных ранее исследований. Приведены результаты расчетов контрольного примера по судну-представителю, для которого имеются подробные сведения как о конструкции корпуса, так и о результатах измерений при предыдущем освидетельствовании и ремонте. На контрольном примере доказано, что внедрение предварительного этапа дефектации позволит сократить необходимое число измерений корпусных конструкций на 78 % по сравнению с традиционным подходом к выполнению дефектационных работ. Обоснована необходимость разработки на предварительном этапе не только электронных таблиц, но и соответствующих карт замеров основных корпусных конструкций.

Ключевые слова: дефектация корпуса, элемент корпуса судна, дефект, скорость изнашивания, остаточная толщина, прогнозирование в судоремонте, техническое состояние, корпус судна.

Для цитирования:

Красюк А. Б. Прогнозирование объема дефектационных работ корпуса речного судна / А. Б. Красюк // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2024. — Т. 16. — № 2. — С. 271–281. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-2-271-281.

Введение (Introduction)

Надежная эксплуатация корпуса судна подразумевает его способность выполнять требуемые функции в заданных условиях при соблюдении периодичности освидетельствований и ремонтов. Понятие *надежная эксплуатация корпуса судна* связано с понятиями: *дефект* и *отказ*. Более 90 % дефектов в течение всего срока эксплуатации судна составляет износ корпусных конструкций, т. е. дефект, являющийся наиболее прогнозируемым из всех существующих видов дефектов корпуса судна.

В ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова разработана новая «Инструкция по дефектации корпусов судов внутреннего и смешанного *река – море* плавания, поднадзорных РКО»¹ (далее — Инструкция) [1], основанная на вероятностном подходе, которая позволяет существенно сократить число замеров корпусных конструкций (при гарантированном обеспечении надежности эксплуатации), что может быть выгодно для судовладельца, но неэффективно для судоремонтного завода и исполнителя дефектации. Разработанная Инструкция предполагает проведение так называемого *предварительного этапа дефектации*, позволяющего заблаговременно, до осуществления процедуры измерения корпусных конструкций, рассчитать прогнозные остаточные толщины и разработать оптимальную схему замеров корпусных конструкций. В случае выполнения замеров сотрудниками завода-исполнителя ремонта данный предварительный этап можно рассматривать как аналог понятия *нулевой этап в судоремонте*, позволяющий выровнять загрузку судоремонтного предприятия по периодам года.

При использовании новой Инструкции и внедрении предварительного этапа дефектации сотрудники отдела дефектации будут загружены работами, связанными с подготовительными или промежуточными расчетами с обоснованием количества измеряемых элементов с учетом их расположения на корпусе судна и формированием оптимальной карты замеров корпусных конструкций. К работам по формированию оптимальной карты замеров корпусных конструкций могут быть подключены также сотрудники иных компетентных организаций. В любом случае предварительный (расчетный) этап может повысить достоверность данных, представленных в таблицах акта дефектации, позволяя выполнять измерения только тех элементов конструкций корпуса, которые действительно нуждаются в обследовании.

¹ РКО — Российское классификационное общество

Методы и материалы (Methods and Materials)

Контрольный пример расчета, выполненного по электронным таблицам. В статье [2] доказано, что использование статистических данных о скоростях изнашивания позволяет прогнозировать уровень общей и местной прочности с достаточной достоверностью. По итогам результатов расчетов, полученных в разработанных электронных таблицах, можно сделать вывод о техническом состоянии отдельных элементов корпуса и групп связей. Выполненные ранее расчеты и исследования доказали достоверность использования вероятностного подхода к определению прогнозируемых остаточных толщин [3]–[5]. Так, в контрольном примере, приведенном в [2], выполнен расчет характеристик $\Delta F_{\text{ост}i}$ и $\Delta F_{\text{ост.прог}i}$:

$$\Delta F_{\text{ост}i} = b_i (t_{\text{ост}i} - [t_{\text{ост}}]), \quad (1)$$

где $\Delta F_{\text{ост}i}$ — характеристика, рассчитанная исходя из результатов измерения остаточных толщин;
 $t_{\text{ост}i}$ — остаточная толщина элемента, определенная по результатам измерений;
 b_i — размер элемента в плане корпуса судна (ширина пояса обшивки или настила, высота стенки балки набора, ширина стенки балки набора);
 $[t_{\text{ост}}]$ — допускаемая остаточная толщина группы связей;

$$\Delta F_{\text{ост.прог}i} = b_i (t_{\text{ост.прог}i} - [t_{\text{ост}}]), \quad (2)$$

где $\Delta F_{\text{ост.прог}i}$ — характеристика, рассчитанная по прогнозируемой остаточной толщине;
 $t_{\text{ост.прог}i}$ — прогнозируемая остаточная толщина элемента, рассчитанная по формуле (3).

При известном количестве лет службы элемента в группе связей прогнозируемая остаточная толщина рассчитывается следующим образом:

$$t_{\text{ост.прог}i} = t_{\text{при}} - \bar{C}(1 + m'\sigma_c)\tau_i, \quad (3)$$

где τ_i — количество лет службы элемента в составе группы связей;

$\bar{C}$ — скорость изнашивания элемента корпуса, определяемая согласно Правилам классификации и постройки судов¹ (далее — ПКПС);

$\sigma_c = C(0,51 - 1,06C)$ — стандарт скорости изнашивания;

m' — коэффициент, определяемый в зависимости от числа элементов в составе группы связей n' с одинаковым значением допускаемого износа $[\Delta t]$.

Значения коэффициента m' в зависимости от числа элементов в составе группы связей n' следующие:

n'	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 и более
m'	1,65	1,3	1,07	0,90	0,75	0,63	0,52	0,42	0,33	0,00

Расчет контрольного примера показал, что для всех групп связей характеристика $\Delta F_{\text{ост.прог}i}$, определенная по прогнозной остаточной толщине, оказалась меньше аналогичной характеристики, рассчитанной по результатам измерения остаточных толщин $\Delta F_{\text{ост}i}$, т. е. $\Delta F_{\text{ост.прог}i} < \Delta F_{\text{ост}i}$. Выполненный расчет доказал, что использование вероятностного подхода к определению остаточных толщин не приведет к снижению надежности оценки технического состояния корпусных конструкций.

Содержание предварительного этапа дефектации. Имеющиеся в новой Инструкции таблицы оформления результатов дефектации позволяют использовать их для выявления именно тех элементов корпуса, которые при очередном плановом освидетельствовании необходимо измерить. Пример общей формы заполнения таблицы прогнозирования замеров корпусных конструкций на предварительном этапе приведен в табл. 1. Данный подход можно применить в том случае, если у судовладельца (либо на предприятии — исполнителе ремонта и дефектации) имеются данные предыдущего освидетельствования корпуса судна. В этом случае используется электронный вариант таблиц, позволяющий выполнять необходимые расчеты.

¹ Правила классификации и постройки судов: в 2 ч. Ч. I : Корпус и его оборудование. М., 2019.

Таблица 1

Техническое состояние отдельных элементов корпуса по степени износа

Район	Район № III	Средняя часть							Участок № III-2				Нач. шп. 70			Кон. шп. 79	
		Проектная толщина (фактическая толщина по результатам предыдущей дефектации)	Ширина элемента	Количество лет службы элемента	Допускаемый износ элемента в группе связей	Количество элементов в группе связей с одинаковым допускаемым износом	Значения замеров по точкам, мм	Остаточная толщина элемента	Прогнозируемая остаточная толщина	Допускаемая остаточная толщина элемента по табл. 3.6.5 ПОСЭ	Допускаемая средняя остаточная толщина элементов в группе связей по табл. 3.6.3 ПОСЭ	Характеристика $\Delta F_{ост. i}$ по остаточной толщине	Характеристика $\Delta F_{ост. прог. i}$ по прогнозируемой толщине				
Наименование и номер элемента	Район в плане	Борт	$t_{пр}^*$, мм	b_i , м	τ_i , лет	Δt , мм								n'	$t_{ост1}$	$t_{ост2}$	$t_{ост3}$
	1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Скорость изнашивания																	
А	Б	В															
1. Обшивка днища	VI скуловой	7,9	1,55	5	0,8	10						7,3	6,0	7,2		0,00016	
	V пояс	7,9	1,58	5	0,8	10						7,3	4,7	7,2		0,00016	
	IV пояс	7,8	1,47	5	0,8	10						7,2	4,7	7,2		0,0	
	III пояс	7,8	1,55	5	0,8	10						7,2	4,7	7,2		0,0	
	II пояс	7,8	1,16	5	0,8	10						7,2	4,7	7,2		0,0	
	I пояс	7,8	1,58	5	0,8	10						7,2	4,7	7,2		0,0	
	I пояс	7,8	1,58	5	0,8	10						7,2	4,7	7,2		0,0	
	II пояс	7,9	1,58	5	0,8	10						7,3	4,7	7,2		0,00016	
	III пояс	7,8	1,55	5	0,8	10						7,2	4,7	7,2		0,0	
	IV пояс	7,8	1,47	5	0,8	10						7,2	4,7	7,2		0,0	
	V пояс	7,9	1,58	5	0,8	10						7,3	4,7	7,2		0,00016	
	VI скуловой	7,8	1,55	5	0,8	10						7,2	6,0	7,2		0,0	
Σ																0,00063	

Алгоритм заполнения табл. 1 следующий:

1. Создается копия электронного варианта таблиц по итогам предыдущей дефектации.
2. Устанавливается число лет эксплуатации судна с момента предыдущей дефектации до следующего очередного освидетельствования с округлением в большую сторону до следующего целого числа лет. Полученные данные вносятся в столбец 4 таблицы.
3. Из таблиц предыдущей дефектации в столбец 5 таблицы вносятся данные о допускаемом износе, рассчитываемом как разница между проектной толщиной $t_{\text{пр}i}$ и допускаемой остаточной для группы связей $[t_{\text{ост}}]$:

$$[\Delta t] = t_{\text{пр}i} - [t_{\text{ост}}]. \quad (4)$$

4. В столбце 2 вместо проектной толщины элемента группы связей $t_{\text{пр}i}$ указывается фактическая остаточная толщина данных элементов $t_{\text{пр}i}^*$, определенная по итогам предыдущей дефектации в столбце 10 аналогичной таблицы.

5. После заполнения столбца 2 таблица в автоматическом режиме рассчитывает прогнозируемую остаточную толщину на момент выполнения очередного освидетельствования (заполнение столбца 11 по формуле (3)) и соответствующую характеристику (заполнение столбца 15 по формуле (2)).

6. В случае, если итоговая сумма характеристик $\sum \Delta F_{\text{ост.прог}i}$ отрицательна, то при очередном освидетельствовании следует в первую очередь выполнить измерения тех элементов группы связей, у которых частная характеристика $\Delta F_{\text{ост.прог}i}$ имеет отрицательное значение, и при необходимости выполнить измерения остальных элементов группы связей или дополнительные измерения в соответствии с требованиями Инструкции.

7. В случае, если итоговая сумма характеристик $\sum \Delta F_{\text{ост.прог}i}$ имеет положительное значение и прогнозные значения остаточных толщин всех элементов группы связей $t_{\text{ост.прог}i}$ не менее допускаемой минимальной остаточной толщины $[t_{\text{ост}min}]$, указанной в столбце 12, измерения можно не выполнять.

8. При положительной итоговой сумме характеристик группы связей $\sum \Delta F_{\text{ост.прог}i}$ и в случае если для отдельных элементов группы связей прогнозные значения остаточных толщин $t_{\text{ост.прог}i}$ менее допускаемой минимальной остаточной толщины $[t_{\text{ост}min}]$, можно сделать вывод об обеспеченности общей прочности, но при этом следует выполнить замеры отдельных элементов, не удовлетворяющих критерию местной прочности ($t_{\text{ост.прог}i} < [t_{\text{ост}min}]$).

9. Для остальных элементов корпуса и групп связей, удовлетворяющих критериям прочности по результатам расчетов, выводы о необходимости выполнения измерений делают на основе итогов визуального осмотра (наличие язвенного износа и прочих дефектов).

10. На предварительном этапе столбцы 7–10 и 14 таблицы остаются без заполнения.

Примечание. В табл. 2 приведен пример выполнения расчетов предварительного этапа дефектации в случае, когда общая прочность группы связей и местная прочность отдельных элементов обеспечены.

Прогнозирование объема дефектационных работ. Примером реализации использования электронных таблиц новой Инструкции для прогнозирования объема дефектационных работ является расчет, выполненный по судну-представителю — танкеру «Волгонефть-266» класса РКО «М–СП 3,5» проекта № 1577/5886. Корпус данного судна был обновлен в 2012 г. по проекту 1577/550А-ЛМПП, в 2019 г. была выполнена подробная (поэлементная дефектация) корпуса данного теплохода. Поскольку следующее очередное освидетельствование корпуса т/х «Волгонефть-266» должно производиться в межнавигационный период, можно точно определить срок службы элементов корпуса, приняв его $\tau_i = 5$ лет.

Расчет прогнозируемых остаточных толщин $t_{\text{ост.прог}i}$ и соответствующих им характеристик выполнен для следующих связей корпуса судна:

- листовых элементов и набора продольного направления;
- поперечных переборок и полупереборок;
- набора поперечного направления.

По результатам предыдущей дефектации т/х «Волгонефть-266» в 2019 г. известно фактическое число замеров ранее указанных элементов корпуса. Так, общее количество измерений составило 13926 точек (в том числе по листовым элементам и набору продольного направления — 9239 точек; по поперечным переборкам и полупереборкам — 438 точек; по набору поперечного направления — 4426 точек). Ожидается, что такое же количество измерений должно быть и при очередном освидетельствовании корпуса в следующий межнавигационный период.

Выполненные расчеты с использованием электронных таблиц показали, что необходимое число измерений можно существенно уменьшить. Так, в соответствии с подходом, предусмотренным в новой Инструкции, необходимо выполнить измерения в 2991 точке листовых элементов и набора продольного направления (сокращение количества измерений на 67,6 %), а также в шестидесяти точках набора поперечного направления (сокращение количества измерений 98,6 %). Конструкции поперечных переборок и полупереборок можно не измерять ввиду 100 %-го сокращения числа точек замеров. В целом по корпусу судна сокращение точек замеров составит 78,4 %.

Таблица 2

Сопоставление требуемого количества измерений отдельных связей корпуса при поэлементной дефектации т/х «Волгонефть» и с применением новой Инструкции

Наименование связи	Количество точек измерения		Сокращение числа точек измерения, %
	Поэлементная дефектация	Новая Инструкция	
Обшивка днища	835	189	77,4
Обшивка борта (ниже ватерлинии)	292	21	92,8
Обшивка борта (выше ватерлинии)	288	6	97,9
Настил палубы	807	414	48,7
Настил второго дна	450	0	100
Обшивка внутренних бортов	360	0	100
Обшивка диаметральной переборки	252	0	100
Карлингсы	509	180	64,6
Продольные ребра жесткости палубы в балластных отсеках	902	357	60,4
Продольные ребра жесткости палубы в грузовых танках	885	819	7,5
Днищевые стрингеры	609	198	67,5
Продольные ребра жесткости днища	1032	807	21,8
Продольные ребра жесткости настила второго дна	888	0	100
Бортовые стрингеры	494	0	100
Продольные ребра жесткости внутренних бортов	630	0	100
Всего по листовым элементам и набору продольного направления	9239	2991	67,6
Поперечные переборки и полупереборки	438	0	100
Поперечные ребра жесткости палубы	42	0	100
Бимсы холостые	186	0	100
Бимсы рамные	1104	0	100
Рамные шпангоуты	868	0	100
Холостые шпангоуты	540	0	100
Рамные шпангоуты второго борта	372	0	100
Стойки диаметральной переборки	246	0	100
Флоры	1068	60	94,3
Всего по набору поперечного направления	4426	60	98,6

В табл. 2 приведены результаты более подробного анализа по отдельным корпусным конструкциям (связям) т/х «Волгонефть-266», откуда видно, что наибольшее сокращение числа необхо-

димых измерений при использовании новой Инструкции у поперечных переборок, полупереборок и набора поперечного направления. Это обусловлено тем, что Правилами освидетельствования судов в процессе их эксплуатации (ПОСЭ) для данных элементов корпуса установлены менее жесткие требования к остаточным толщинам по сравнению с аналогичными величинами, установленными для связей продольного направления (как листовых, так и набора). Стопроцентное сокращение числа замеров таких продольных связей как настил второго дна, обшивка внутренних бортов, диаметральной переборки и подкрепляющего данные связи набора, объясняются тем, что данные элементы корпуса были заменены на новые в 2012 г. и требования ПОСЭ к ним менее жесткие, чем к крайним связям корпуса (настилу палубы и обшивке днища). Для тех связей, измерение которых необходимо осуществить в соответствии с требованиями данной Инструкции, был выполнен анализ их расположения по районам корпуса, результаты которого приведены на рис. 1.



Рис. 1. Распределение общего количества измерений элементов по районам корпуса судна
Fig. 1. Distribution of the total number of elements measurements by regions of the ship's hull

Как видно из диаграммы на рис. 1, элементы связей в районе носовой оконечности можно практически не измерять, за исключением одного листа наружной обшивки днища. Наибольшее число конструкций, требующих дополнительных измерений, находится в средней части корпуса судна, что объясняется более строгими требованиями ПОСЭ к прочности конструкций, расположенных в грузовой зоне.

Значительное число измерений следует осуществить в таких зонах корпуса, как «переходный район от средней части к кормовой оконечности» и «кормовая оконечность». Несмотря на то, что Правилами освидетельствования судов в процессе их эксплуатации к связям корпуса данных районов предъявляются менее жесткие требования по сравнению со средней частью корпуса, прогнозные толщины многих элементов здесь менее допускаемых значений. Это объясняется тем, что при обновлении корпуса т/х «Волгонефть-266» в 2012 г. была выполнена замена на новые конструкции, расположенные главным образом в грузовой зоне. Конструкции, расположенные от средней части судна к корме, были заменены лишь отдельными участками.

Разработка карт замеров корпусных конструкций. При выполнении предварительного этапа дефектации целесообразно по результатам расчетов в таблицах подготовить карты замеров корпусных конструкций, наличие которых повысит наглядность результатов расчетов и ускорит выполнение основного этапа дефектации. За основу для подготовки таких карт следует взять растяжки обшивок и настилов из предыдущей дефектации. После небольшой обработки в простейшем графическом редакторе на картах замеров следует отразить фоном или штриховкой расположение мест измерений с точным указанием номеров шпангоутов и поясов по результатам расчетов, выполненных в таблицах предварительного этапа. На рис. 2–4 приведены примеры оформления подобных карт замеров с использованием следующих условных обозначений: ЛБ — левый борт; ПБ — правый борт; ДП — диаметральной плоскости; t8 — пример обозначения проектной (исходной) толщины элемента (8 мм); VI пояс — пример обозначения номера пояса обшивки или настила. По оси ДП указаны номера практических шпангоутов.



Рис. 2. Пример оформления карты замеров остаточных толщин настила главной палубы
Fig. 2. An example of drawing up a map of measurements of the residual thicknesses of the main deck plate

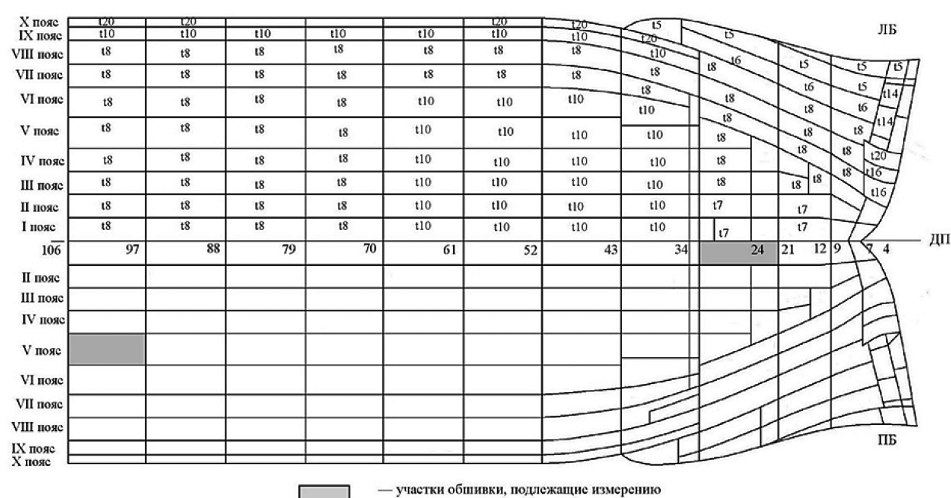


Рис. 3. Пример оформления карты замеров остаточных толщин обшивки днища и наружных бортов
(от четвертого носового шпангоута до шп. 106 средней части)
Fig. 3. An example of drawing up a map of measurements of the residual thicknesses of the bottom and sides shell
(from the fourth bow frame to the frame 106 of the middle part)

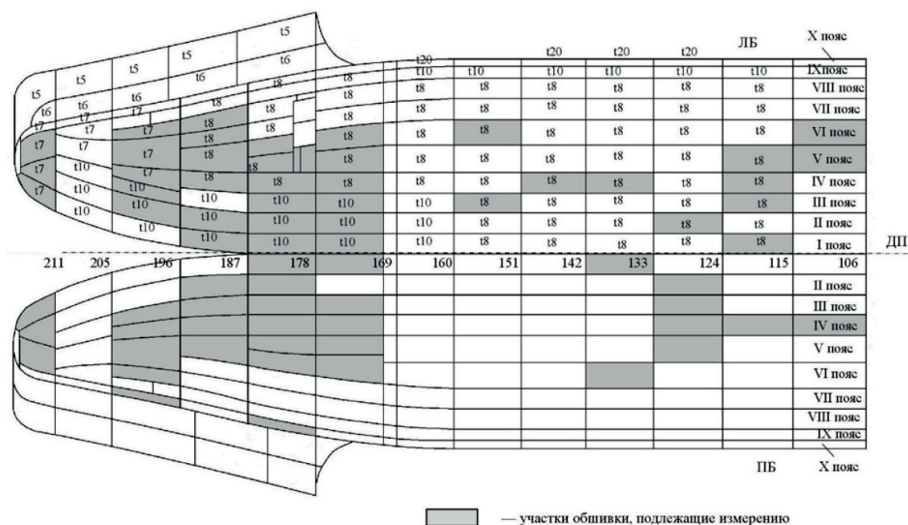


Рис. 4. Пример оформления карты замеров остаточных толщин обшивки днища и наружных бортов
(от шп. 106 средней части до 211 шп. кормовой оконечности)
Fig. 4. An example of drawing up a map of measurements of the residual thicknesses of the bottom and sides shell
(from the frame 106 of the middle part to the frame 211 of the stern part)

Из рис. 2 видно, что настил палубы в грузовой зоне следует измерить практически полностью за исключением пояса палубного стрингера. Измерение наружной обшивки в районах от носовой оконечности до шп.106 ограничивается дефектацией только двух листов (см. рис. 3). Остальная часть наружной обшивки (см. рис. 4) требует более подробных измерений и обследований. Подобные карты замеров можно составить и для иных листовых элементов корпуса, а также для балок набора, подкрепляющих те или иные обшивки и настилы. Причем расположение измеряемых балок набора можно указать на растяжке соответствующей подкрепляемой конструкции.

Обсуждение результатов (Results and Discussions)

В результате выполненных расчетов с применением новой Инструкции доказано, что число измерений остаточных толщин элементов путем проведения предварительного этапа дефектации корпуса можно существенно сократить. В работах [1]–[3] доказано, что использование вероятностного подхода, предусмотренного новой Инструкцией, гарантирует 95 %-ю достоверность прогнозирования уровня общей и местной прочности.

Вопросами снижения трудоемкости дефектационных работ занимались такие ученые как Ю. А. Кочнев, И. Б. Кочнева, О. К. Зяблов [6], [7]. Так, в работе [6] был разработан алгоритм процесса выполнения измерений дефектов корпуса, направленный на снижение трудоемкости процесса дефектации. В работах этих авторов обоснована также необходимость использования в практике дефектации электронных вариантов таблиц [7], [8]. Прогнозированию общей и местной прочности корпусов судов в эксплуатации посвящены работы ученых: П. А. Бимберекова [9], Е. Г. Бурмистрова и Д. А. Кромов [10], Е. П. Бураковского и П. Е. Бураковского [11], Т. О. Огневого [12]. Вопросы определения технического состояния корпусов судов в эксплуатации с учетом требований классификационных обществ рассмотрены в статьях П. А. Бимберекова [13], П. В. Зановьева, В. А. Компанца и О. Э. Сухова [14], а также С. Н. Гирина, И. А. Гуляева и Ю. И. Ефименкова [15].

В данной статье исследованы расширенные возможности использования электронных таблиц акта дефектации, а именно прогнозирование уровней общего и местного износа элементов корпуса в перспективе, а также доказана целесообразность проведения предварительного (расчетного) этапа дефектации, позволяющего снизить трудоемкость и стоимость дефектационных работ.

Отличие настоящего исследования от выполненных ранее состоит в создании алгоритма заполнения электронных таблиц акта дефектации при их использовании в целях прогнозирования. В частности, обоснована необходимость разработки на предварительном этапе карт замеров корпусных конструкций в целях упрощения работы специалистов по дефектации. Несмотря на разные подходы к снижению трудоемкости дефектационных работ, представленные в настоящей статье и в публикации [6], противоречий в решении данного вопроса не существует, поэтому возможно также совместное использование двух подходов к дефектации, которое приведет как к повышению качества освидетельствования судов, так и к значительному экономическому эффекту за счет снижения трудоемкости.

Заключение (Conclusion)

Подход к дефектации, предусмотренный новой Инструкцией, обеспечивая надежность полученных результатов, позволит существенно снизить затраты как непосредственно на дефектацию, так и на ремонт судна путем сокращения времени нахождения судна в ремонте.

В результате выполненного исследования получены следующие результаты:

- обоснована необходимость проведения предварительного (расчетного) этапа дефектации;
- разработан алгоритм заполнения электронных таблиц акта дефектации на предварительном этапе;
- обоснована целесообразность формирования на предварительном этапе карт замеров корпусных конструкций и приведены примеры;

– предусмотрены два варианта выполнения работ предварительного этапа:

1-й вариант — сотрудниками организации — исполнителя дефектационных работ по приведенному алгоритму (это позволит уменьшить время выполнения измерений при тяжелых условиях труда на открытом воздухе, но загрузит персонал интеллектуальным трудом);

2-й вариант — с привлечением персонала сторонних компетентных организаций.

Использование любого варианта проведения предварительного этапа, предшествующего факту очередного освидетельствования судна, будет выгодно судовладельцу как за счет сокращения стоимости ремонтных работ, так и за счет сокращения цикла ремонта. При этом также возможно косвенное влияние на деятельность судоремонтных предприятий, а именно высвобождение производственной мощности (пропускной способности) слипов и доков при сокращении цикла ремонта судов.

При наличии интереса у судовладельцев в вопросе оптимизации дефектационных работ сотрудники ГУМРФ имени адм. С. О. Макарова могут разработать электронные таблицы акта дефектации по конкретному проекту судна и выполнить необходимые расчеты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барышников С. О. Оптимальная дефектация корпусов судов речного флота / С. О. Барышников, А. Б. Красюк, В. Б. Чистов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2022. — Т. 14. — № 6. — С. 915–930. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-6-915-930.
2. Красюк А. Б. Надежность элементов корпусов судов речного флота / А. Б. Красюк, В. Б. Чистов, В. Г. Никифоров // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2023. — Т. 15. — № 6. — С. 1041–1053. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-6-1041-1053.
3. Барышников С. О. Ремонт и надежность судов речного флота / С. О. Барышников, Т. О. Карклина, В. Б. Чистов // Судостроение. — 2021. — № 1 (854). — С. 10–13. DOI: 10.54068/00394580_2021_1_10.
4. Красюк А. Б. Дефектация и ремонт листов ледового пояса ледоколов речного флота / А. Б. Красюк, В. Б. Чистов // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 5(33). — С. 86–92. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-5-86-92.
5. Красюк А. Б. Методологические основы дефектации стальных корпусов судов / А. Б. Красюк, В. Б. Чистов // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2013. — № 3. — С. 87–93.
6. Кочнев Ю. А. Разработка математической модели и алгоритма определения последовательности дефектации корпуса судна / Ю. А. Кочнев, И. Б. Кочнева, О. К. Зяблов // Научные проблемы водного транспорта. — 2024. — № 78. — С. 66–75. DOI: 10.37890/jwt.vi78.455.
7. Зяблов О. К. Автоматизированное формирование отчёта по дефектации судна с использованием графо-математической модели корпуса / О. К. Зяблов, Ю. А. Кочнев, И. Б. Кочнева // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. — 2019. — № 59. — С. 62–69.
8. Зяблов О. К. Графическое моделирование объектов ремонта в составе электронных актов дефектации по корпусу и ДРК судна / О. К. Зяблов, Е. В. Фунтикова // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. — 2012. — № 31. — С. 57–59.
9. Бимбереков П. А. Некоторые аспекты мониторинга прочности судов в ходе эксплуатации / П. А. Бимбереков // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. — 2009. — № 2. — С. 155–160.
10. Бурмистров Е. Г. Анализ причин и районов локализации износов наружной обшивки корпусов судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания / Е. Г. Бурмистров, Д. А. Кромов // Научные проблемы водного транспорта. — 2022. — № 70. — С. 15–29. DOI: 10.37890/jwt.vi70.244.
11. Бураковский Е. П. Нормирование параметров прогрессирующих дефектов корпусов судов / Е. П. Бураковский, П. Е. Бураковский // Инновации в науке и образовании – 2011. Труды IX Международной науч. конф.: в 2 ч. — Калининград: Калининградский гос. техн. ун-т, 2011. — Т. 1, ч. 1. — С. 345–347.
12. Огнева В. В. Особенности прогнозирования износов корпусов судов при планировании объемов судоремонта / В. В. Огнева, Е. Г. Бурмистров // Судостроение. — 2014. — № 5 (816). — С. 46–49.
13. Бимбереков П. А. Определение потребного числа измерений остаточных толщин на участке элемента связи корпуса судна на основе оценочных зависимостей для запаса толщин и рекомендуемых скоростей изнашивания / П. А. Бимбереков // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. — 2015. — № 1. — С. 76–80.
14. Зиновьев П. В. Методика оценки достоверности результатов замеров остаточных толщин при дефектации судовых конструкций / П. В. Зиновьев, В. А. Компанец, О. Э. Суров // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2015. — № 40–41. — С. 41–48.
15. Гири С. Н. Общие принципы учета эксплуатационных ограничений при нормировании мореходных характеристик судов прибрежного плавания / С. Н. Гири, И. А. Гуляев, Ю. И. Ефименков // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. — 2018. — № 57. — С. 18–26.

REFERENCES

1. Baryshnikov, Sergei O., Alla B. Krasiuk, and Valentin B. Chistov. "Optimal fault detection of river ship hulls." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 14.6 (2022): 915–930. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-6-915-930.
2. Krasiuk, Alla B., Valentin B. Chistov, and Vladimir G. Nikiforov. "Reliability of river fleet vessels hull elements." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 15.6 (2023): 1041–1053. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-6-1041-1053.
3. Baryshnikov, S. O., T. O. Karklina, and V. B. Chistov. "Repair and reliability of river service ships." *Sudostroenie* 1(854) (2021): 10–13. DOI: 10.54068/00394580_2021_1_10.
4. Krasnyuk, Alla Borisovna, and Valentin Borisovitch Tchistov. "Defect detection and repair of ice belt sheets for inland water icebreakers." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 5(33) (2015): 86–92. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-5-86-92.
5. Krasnyuk, A. B., and V. B. Chistov. "Methodological outlines of the defect detection of the vessels steel hulls." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 3 (2013): 87–93.
6. Kochnev, Yuri A., Irina B. Kochneva, and Oleg K. Zyablov. "Development of a mathematical model and algorithm for the sequence of fault detection of the ship's hull." *Russian Journal of Water Transport* 78 (2024): 66–75. DOI: 10.37890/jwt.vi78.455.
7. Zyablov, Oleg K., Yuri A. Kochnev, and Irina B. Kochneva. "Automated generation of the ship fault detection report by using the graphical-mathematical model of the hull." *Bulletin of VSAWT* 59 (2019): 62–69.
8. Zyablov, O. K., and E. V. Funtikova. "Graphics modeling of repair items included in hull and propulsion and steering assembly fault finding sheets presented in electronic form." *Bulletin of VSAWT* 31 (2012): 57–59.
9. Bimberekov, P. A. "Same aspects of monitoring of ship hull strength during its exploitation." *Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka* 2 (2009): 155–160.
10. Burmistrov, E. G., and D. A. Kromov. "Analysis of the causes and the localization areas of the hull outer plating wear of inland and mixed (river-sea) navigation ships." *Russian Journal of Water Transport* 70 (2022): 15–29. DOI: 10.37890/jwt.vi70.244.
11. Burakovskiy, E. P., and P. E. Burakovskiy. "Rationing of parameters of progressing defects of the ships hulls." *Innovatsii v nauke i obrazovanii — 2011. Trudy IX Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii*. Vol. 1. Kaliningrad: Kaliningradskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2011. 345–347.
12. Ogneva, V. V., and E. G. Burmistrov. "Features of forecasting regarding ship hull wear when estimating shiprepair scope." *Sudostroenie* 5(816) (2014): 46–49.
13. Bimberekov, P. A. "Determination of needed number of measurements of residual thicknesses on part of ship hull connection element on base of relationships for reserve of thicknesses and recommended rates of wear." *Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka* 1 (2015): 76–80.
14. Zinov'ev, P. V., V. A. Kompanets, and O. E. Surov. "Metodika otsenki dostovernosti rezul'tatov zamerov ostatochnykh tolshchin pri defektatsii sudovykh konstrukttsii." *Nauchno-tekhnicheskii sbornik Rossiiskogo morskogo registra sudokhodstva* 40–41 (2015): 41–48.
15. Girin, S. N., I. A. Gulyaev, and Yu. I. Efimenkov. "General principles of accounting operational limitations for justification of a navigation characteristics of coastal ships." *Bulletin of VSAWT* 57 (2018): 18–26.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

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

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

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

Статья поступила в редакцию 1 апреля 2024 г.

Received: April 1, 2024.