

УДК 629.12

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕННЫХ ОСТАТОЧНЫХ ТОЛЩИН СТенок СУДОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ С ОЦЕНКОЙ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Карябкина Алина Алексеевна¹, аспирант
e-mail: aline.karyabkina@mail.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В статье приведены результаты анализа требований Правил РКО к судовым трубопроводам при эксплуатации судна. По результатам показано, что Правилами РКО не установлены требования к скоростям изнашивания, методики проведения дефектации, норм допускаемых дефектов. Приведены результаты замеров толщин стенок судовых трубопроводов балластно-осушительной системы на судах типа «Волго-Дон». Разработан и предложен вариант технологических карт на ремонт элементов судовых трубопроводов.

Ключевые слова: судовые трубопроводы, Правила РКО, скорости изнашивания, очередное освидетельствование, дефектация, замеры толщин.

THE ANALYSIS OF THE RESULTS OF MEASURED RESIDUAL WALL THICKNESSES OF SHIP PIPELINES OF INLAND NAVIGATION VESSELS WITH AN ASSESSMENT OF THEIR TECHNICAL CONDITION

Alina A. Karyabkina¹, Doctoral Student
e-mail: aline.karyabkina@mail.ru

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

Abstract. The article provided the results of the analysis of the Russian Classification Society Regulations (the RCS) requirements to the ship pipelines in relation to vessel operation. No requirements have been established by the RCS to the wear rates, methods of defection, standards of defects allowed. The measurements of the wall thicknesses of ship's ballast and bilge system on vessels of the "Volgo-Don" type have been determined. A variant of technological maps for the repair of ship pipeline elements has been developed and proposed.

Keywords: ship pipelines, the Russian Classification Society Regulations, the wear rates, special survey, fault detection, the measurements of the thicknesses.

Введение

Вопросы прогнозирования объёмов и сроков ремонта имеют важное значение для подготовки судоремонтного производства. От своевременности и качества этих работ напрямую зависит безаварийная эксплуатация судна и его элементов, а также планирование

сроков вывода судна из эксплуатации для выполнения ремонта [1]. Судовые системы не являются исключением.

Измерение остаточных толщин стенок судовых трубопроводов позволит выявлять дефекты и коррозионные повреждения, своевременно предпринимать меры по их устранению и прогнозировать дальнейшую эксплуатацию.

Определение скоростей изнашивания элементов судового трубопровода

Для определения объемов ремонта и сроков их проведения актуальным, в первую очередь, является вопрос определения значения минимально допускаемой толщины стенок трубопроводов для судов, находящихся в эксплуатации, которая, в свою очередь, напрямую зависит от скорости износа.

Ввиду того, что в требованиях Правил освидетельствования судов в эксплуатации (далее – ПОСЭ) [2] отсутствуют прямые указания о замерах толщин трубопроводов в рамках очередного освидетельствования, а также отсутствия методики дефектации, какой-либо статистики по скоростям износа трубопроводов для судов внутреннего плавания автору статьи найти не удалось.

По этой причине в рамках определения скоростей износа на первом этапе были выполнены выборочные замеры толщин трубопроводов балластно-осушительной системы на двух судах типа «Волго-Дон», возраст которых составляет 65 лет.

Места замеров выбирались, в том числе из соображений наиболее «уязвимых» в отношении коррозионного износа мест (показаны на Рисунке 1).

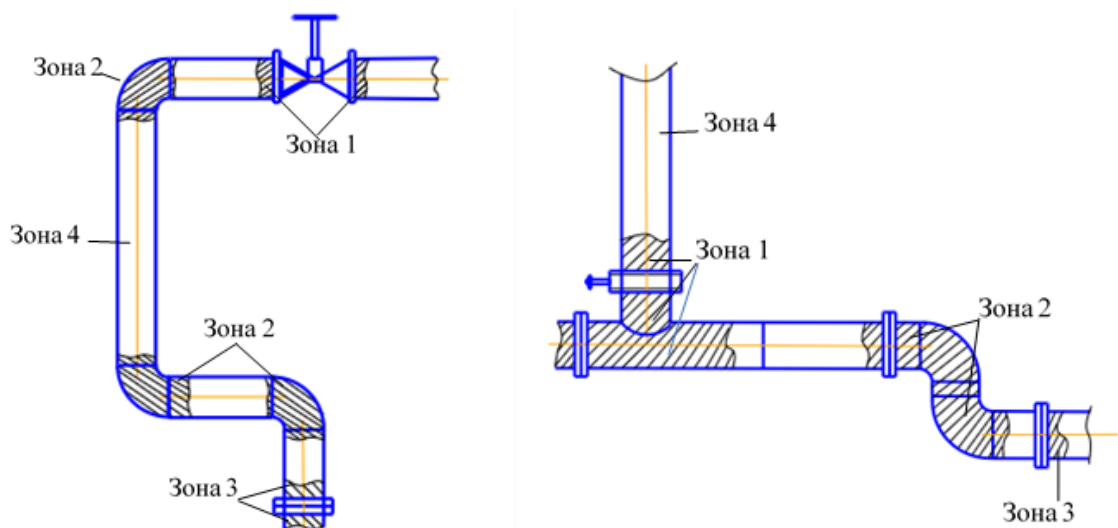


Рисунок 1 – Фрагменты участков трубопроводов с «уязвимыми» местами для замеров толщин

Фрагмент разработанной карты дефектации судовых трубопроводов и результаты замеров приведены на Рисунке 2.

Тип судна – «Волго-Дон».

Отсек (сухой, балластный), материал трубы сталь, диаметр 159 мм.

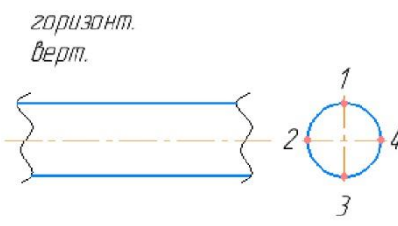
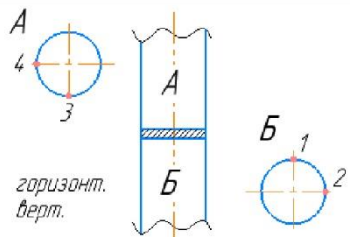
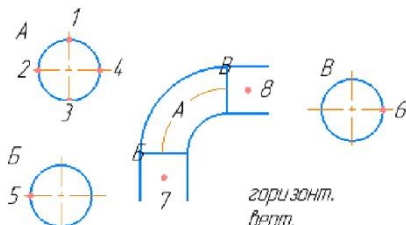
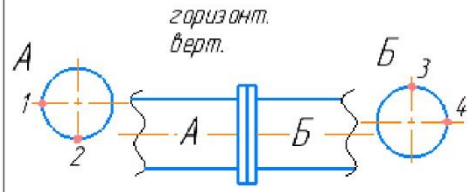
Наименование узла	Схема узла и мест контроля	Толщина стенки трубы факт. (измеренная), мм
Прямой участок трубы		Шп.169-172: 1 – 1,8; 2 – 1,8; 3 – 1,7; 4 – 1,5.
Прямой участок в зоне сварного соединения		Шп. 169-167: 1 – 1,7; 2 – 1,8; 3 – 1,2; 4 – 1,6.
Отвод		Шп. 99-101: 1 – 1,9; 2 – 1,9; 3 – 1,6; 4 – 1,8; 5 – 1,7 (1,8); 6 – 1,7; 7 – 1,8 (1,7).
Фланцевое соединение		Шп. 169-172: 1 – 1,3; 2 – 1,7; 3 – 1,4; 4 – 1,3.

Рисунок 2 – Фрагмент карты дефектации судовых трубопроводов и результатов замеров остаточных толщин

Результаты анализа выборочных замеров толщин трубопроводов показали, что их значения близки к предельным, требующим ремонта и замены, причем одновременно практически всех участков трубопроводов системы. Следует подчеркнуть, что фактически толщины, назначенные при проектировании системы позволили безремонтную эксплуатацию системы на протяжении 65 лет, что подталкивает к выводу об «избыточной» надежности требований РКО к минимально допускаемой проектной толщине.

В результате обработки данных замеров остаточных толщин выполнены расчеты скоростей изнашивания элементов судовых трубопроводов. Результаты расчетов приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Скорости изнашивания элементов судового трубопровода

Наименование элемента	Значение скорости изнашивания, с, мм/год
Прямой участок	0,043
Прямой участок в р-не сварного соединения	0,045

Отвод	0,042
Фланцевое соединение	0,047

Очевидно, что выполненных выборочных замеров толщин недостаточно для формирования объективных выводов по скоростям износов судовых трубопроводов, работа по замерам толщин и обработке результатов будет продолжена в рамках дальнейшего исследования. Однако полученные результаты на этом этапе позволили автору сформулировать следующие предположения для дальнейших исследований:

- для определения объективной статистики по скоростям износа судовых трубопроводов необходима разработка методики по дефектации, учитывающей специфику эксплуатации судовых систем, включающей, в том числе обоснование числа измерений в зависимости от разницы измеренных толщин, а также количества измеряемых элементов трубопровода с использованием статистической обработкой данных износа на основе применения методов теории вероятностей с целью сокращения числа измерений.

- определение минимально допускаемой остаточной толщины трубопроводов целесообразно осуществлять с учетом обеспечения минимума суммарных затрат на изготовление, поддержание системы в работоспособном состоянии в течение срока эксплуатации судна и принципа обеспечения оптимальной вероятности отказа [3].

- с учетом результатов выборочных замеров толщин судовых трубопроводов уместен пересмотр требований Правил классификации и постройки судов (далее – ПКПС) [2] к минимальным проектным толщинам на предмет их «избыточной» надежности и принципа обеспечения оптимальной вероятности отказа.

Разработка технологических карт на ремонт судовых трубопроводов

Заключительным этапом дефектации элементов корпуса в рамках очередного освидетельствования является определение объемов ремонта. В этой связи в рамках исследования были разработаны и предложен вариант технологических карт на ремонт элементов судового трубопровода [4].

Технологические карты на замену элемента судового трубопровода включают в себя:

- эскизы «слабых» мест судового трубопровода, на которых проставляются геометрические размеры (длина заменяемого участка);
- таблица с дефектными участками, в которой заполняются номера шпангоутов, в пределах которых расположен элемент трубопровода, и протяженность элемента;
- таблица, включающая в себя последовательность демонтажа и монтажа элемента трубопровода на судне, с описанием инструментов и приспособлений.

Фрагмент формы технологической карты на ремонт судовых трубопроводов представлен на Рисунке 3.

Составитель		Завод	Технологическая карта ремонта элементов судовых турбоагрегатов	
Изготовленные участки				
Наименование элемента	Сталь	Протяженность, мм		
Последовательность демонтажа элементов				
Операции		Инструменты и приспособления		
Последовательность установки элементов на штатные места				
Операции		Инструменты и приспособления		
Протяг участка Ввод Участок в р-не фланца Участок в р-не старого шва Трапеция				
Поиск и замена деталей и узлов			Корректировка	
Карта принята			Листов 44	

Заключение

1. Результаты выборочных замеров судовых трубопроводов на двух судах типа «Волго-Дон» показали, что значения фактических толщин близки к предельным с одной стороны, с другой – назначенные проектные толщины обеспечили безремонтную эксплуатацию в течение 65 лет;
2. В результате обработки данных замеров остаточных толщин выполнены расчеты скоростей изнашивания элементов судовых трубопроводов;
3. С учетом выполненных замеров разработан и предложен вариант технологических карт на ремонт элементов судовой системы.

Список литературы

2. Российское Классификационное Общество. Правила (в 5-и томах) – М.: Российский Речной Регистр, 2019 – 1506 с.

3. Карябкина А.А. Обоснование выбора математического аппарата в отношении прогнозирования износосов и объемов ремонта судовых систем.//Транспорт. Горизонты развития. 2025: Материалы международного научно-практического форума. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2025. – URL: http://вф-река-море.пф/2025/4_12.pdf (дата обращения: 11.06.2026).

4. Бурмистров, Е.Г. Основы технологии судостроения : учебник / Е.Г. Бурмистров. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 364 с. : ил., табл. – ISBN 978-5-9729-1542-2.