УДК 629.5.024:620.178.742.4

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОРПУСА СУДНА ПО ЗАМЕРАМ ОСТАТОЧНЫХ ТОЛЩИН

Баева Л.С., Петрова Н.Е., Орешкина В.М., Кумова Ж.В.

ФГБОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет», Мурманск, e-mail: BaevaLS@mstu.edu.ru

Настоящая статья посвящена исследованию по разработке методики с целью определения оценки и прогнозирования технического состояния корпуса судна путём измерения остаточной толщины. Безопасность мореплавания – наиболее актуальная проблема в области эксплуатации водного транспорта. Опасность для жизни людей может быть вызвана различными обстоятельствами: ошибками, допущенными судоводителями, недочетами при проектировании и постройке судна, воздействием неблагоприятных внешних факторов, отказами судовых технических средств, повреждением корпусных конструкций судна. Применение теории и практики надёжности для оценки технического состояния корпусных конструкций судна позволяет обеспечить минимальные затраты на его обслуживание и ремонт в соответствии с необходимыми нормативными требованиями. Для повышения эффективности эксплуатации судна необходимо применение практических методов исследования надежности судовых технических средств. Только на основе анализа надежности можно разработать мероприятия по повышению их долговечности, обосновать периодичность эксплуатационно-ремонтных циклов, сформулировать требования к надежности судовых технических средств с учетом заданных условий эксплуатации.

Ключевые слова: судно, корпус, элементы корпусных конструкций, дефекты корпуса, оценка технического состояния, остаточная толщина, надёжность

PREDICTION AND ASSESSMENT OF TECHNICAL CONDITION OF SHIP'S HULL BY MEASURING THE REMAINING THICKNESS

Baeva L.S., Petrova N.E., Oreshkina V.M., Kumova Zh.V.

Federal state budgetary establishment of higher professional education «Murmansk state technical University», Murmansk, e-mail: BaevaLS@mstu.edu.ru.

This paper presents a study on the development of a methodology to determine the evaluation and prediction of technical condition of ship's hull by measuring the remaining thickness. Safety of navigation is the most pressing problem in the field of operation of water transport. The danger to human life may be due to various factors: errors made by navigators, the gaps in the design and construction of the vessel, the influence of adverse external factors, failures of shipboard equipment, damage to hull structures of the vessel. Application of the theory and practice of reliability assessment of technical condition of hull structures of the vessel helps to ensure minimal costs for maintenance and repairs in accordance with necessary regulatory requirements. To improve the efficiency of vessel operation it is necessary to use practical methods of research of reliability of ship technical facilities. Only on the basis of reliability analysis, you can develop activities to increase their durability, to justify the frequency of maintenance and repair cycles, to formulate requirements to the reliability of ship technical means according to the given conditions.

Keywords: The ship, the hull, the elements of hull structure, defects in buildings, assessment of technical condition, residual thickness, reliability

Прочность элементов конструкций судового корпуса складывается из расчётных внешних нагрузок, возникающих напряжений и запасов прочности, и с течением времени в процессе эксплуатации судна меняется, вызывая остаточные деформации корпуса, как локально (в месте разрушения), так и общие [1].

При проектировании для судна предусмотрено уменьшение прочности элементов корпусных конструкций вследствие износа, выраженное явно (прямые надбавки на износ), либо с помощью расчётных допускаемых напряжений. Данные значения регламентируются специальной нормативной документацией [2].

Анализом потенциальных повреждений [3] корпуса судна, при которых износы элементов его конструкций возникают по своей природе и носят характер постепенного (прогрессирующего) развития по замерам остаточных толщин корпусных конструкций в течение ряда лет занимались в Мурманском государственном техническом университете на кафедре технологии металлов и судоремонта. Целью исследований элементов корпуса судна являлась оценка их технического состояния.

Предпосылки и средства для решения задачи

Появления остаточных деформаций, как правило, обусловлено эксплуатационными перегрузками судна, старением его корпуса, элементов и набора, а также

вследствие появления трещин, разрывов, пробоин при возникновении аварийных ситуаций [1].

Для повышения эффективности эксплуатации судна необходимо применение практических методов исследования надёжности судовых технических средств. Только на основе анализа надёжности можно разработать мероприятия по повышению их долговечности, обосновать периодичность эксплуатационно-ремонтных циклов, сформулировать требования к надёжности судовых технических средств с учётом заданных условий эксплуатации.

Одним из важнейших факторов обеспечения безопасности мореплавания является техническое состояние корпуса судна. В этой связи актуальное значение имеют исследования, направленные на разработку методик оценки и прогнозирования технического состояния судна с использованием способов безразборной технической диагностики.

Достоверность разработанной методики подтверждена сравнением результатов расчётных и статистических исследований при измерении износов элементов корпуса судна типа «Атлантик-333» ОАО «Мурманский траловый флот», выполненных ультразвуковым методом [3, 4].

Классификация методов оценки технического состояния корпусных конструкций судна производится в зависимости от дефектов (таблица).

Категория выявленных дефектов определяется по оценке технического состояния конструкций корпуса судна по показателям физического износа (сохранности) составляющих элементов и характеризуется определенной категорией дефектов:

– малозначительный – дефект 1-ой категории, работоспособное состояние элемента;

– значительный – дефект 2-ой категории, ограниченно-работоспособное состояние элемента или неработоспособное (в зависимости от характера дефекта, эксплуатационных возможностей, изменения критических напряжений, пределов текучести и прочности, относительного удлинения, хрупких и усталостных характеристик, уменьшения несущей способности набора и листов, повышения номинальных напряжений, либо концентрации напряжений, нарушения непроницаемости);

– критический – дефект 3-ей категории [2, 5].

Оценка технического состояния корпуса судна в зависимости от дефектов

Вид дефекта	Форма проявления дефекта	Категория дефекта	Оценка анализа, %
Остаточные деформации (residual deformation)	Изменение плоской или прямолинейной формы связей. Изменение механических свойств материала	1-я категория малозначительные дефекты.	0 – 20
		2-я категория значительные дефекты.	20 – 60
		3-я категория критические дефекты.	60 – 100

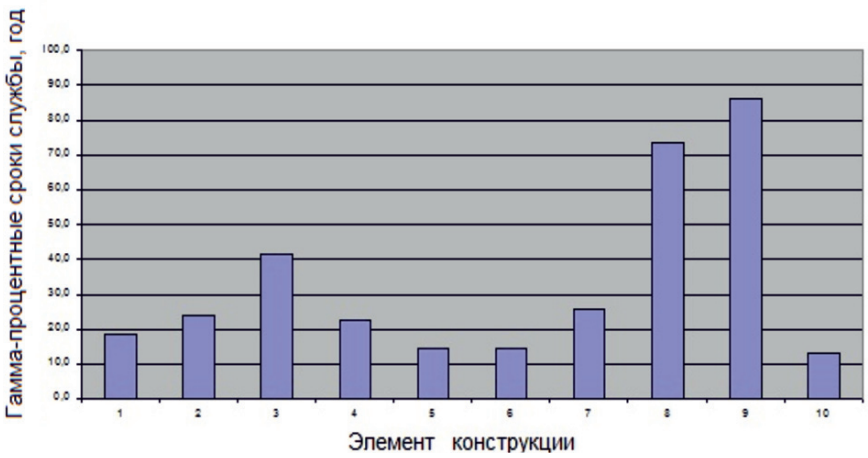


Рис. 1. График распределения сроков службы элементов конструкции корпуса судна

В результате деформаций происходит снижение надёжности всей конструкции корпуса судна в целом.

Основная задача, согласно методике [4], заключается в определении гамма-процентного срока службы элементов корпуса судна.

Первоначально производятся замеры остаточных толщин выбранных элементов корпусных конструкций по максимально возможной выборке однотипных судов (не менее 3–5 судов). Следующим этапом является установление изменения исследуемого параметра. В соответствии с требованиями Правил Российского Морского Регистра Судоходства (РМРС) допускаемая остаточная толщина листа (назначенная величина) при общем износе определяемая по формуле:

$$[S_1] = m_0 S_0,$$

где m_0 – коэффициент износа;
S_0 – построечная толщина листа, мм.

Далее определяется срок службы листового конструктивного элемента в зависимости от износостойкости для каждого судна. При минимальном износе полученный ресурс больше срока службы судна и является условной величиной, но в произведённом расчёте важным фактором служат данные нижней границы, близкой к сроку проведения последней дефектации.

График распределения сроков службы по элементам конструкции (рис. 1) позволяет наглядно определить места наиболее интенсивных износов. Таким образом, повышенному контролю подвергаются те элементы корпусных конструкций судна, ресурс которых меньше продолжительности эксплуатационно-ремонтного периода.

Определение гамма-процентных сроков службы элементов корпуса судна позволят систематизировать результаты дефектации, и использовать их судовладельцами для повышения эффективности управления эксплуатацией судов одного типа с целью:

– принятия правильного решения по уточнению объёмов дефектации;

– контроля за техническим состоянием элементов корпусных конструкций в «сомнительных зонах» (зонах, подверженных наибольшему износу);

– использовать накопленный опыт для разработки конструктивно-технологических мероприятий.

Условием годности судна служит оценка технического состояния элементов его корпусных конструкций [3].

Анализ контроля прочностных связей элементов корпуса по замерам остаточных толщин даёт критерии оценки качества их технического состояния и критических зон.

Решение исследуемой проблемы

Разработанная программа позволяет проводить оценку надёжности элементов конструкций судового корпуса по допускаемым нормативным данным, регламентированным Правилами РМРС, определять положение опасного сечения и критических зон. Варианты расчёта и данные в числовой форме визуализированы. Программная система обеспечивает выполнение следующих функций: построечные данные, варианты замеров, расчет, итоговая оценка.

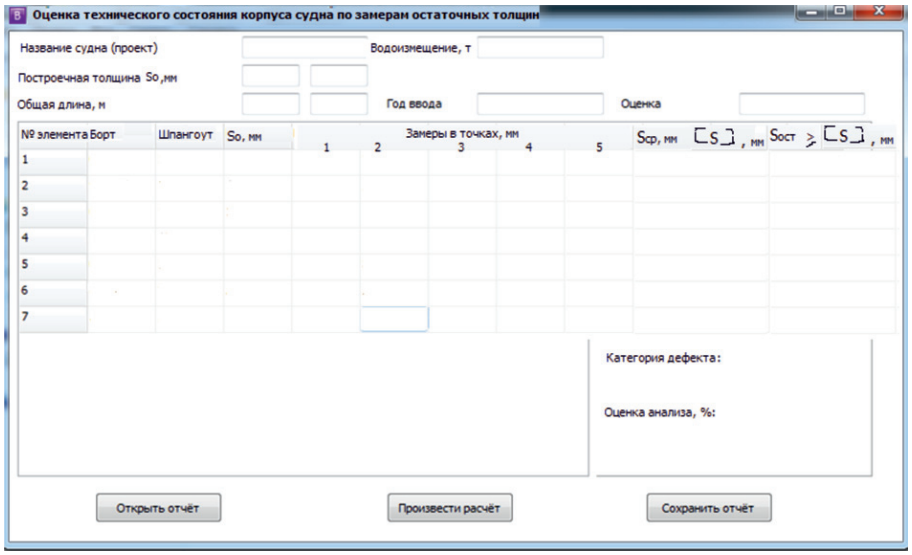
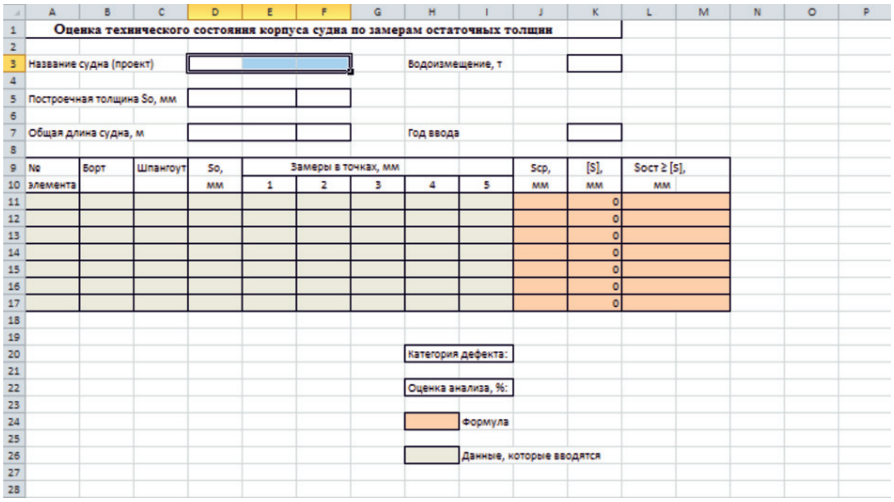


Рис. 2. Компоненты компьютерной программной оболочки при вводе данных



Оценка технического состояния корпуса судна по замерам остаточных толщин

Название судна (проект) | Водоизмещение, т

Построечная толщина So, мм

Общая длина судна, м | Год ввода

№ элемента	Борт	Шпангоут	So, мм	Замеры в точках, мм 1	2	3	4	5	Scp, мм	[S], мм	Sост ≥ [s], мм
										0	
										0	
										0	
										0	
										0	
										0	
										0	

Категория дефекта:

Оценка анализа, %:

Формула

Данные, которые вводятся

Рис. 3. Таблицы отчёта, сформированные в программе Excel

Входит в блок программ, зарегистрированных в реестре программ для ЭВМ Российской Федерации.

Тип ЭВМ: IBM PC.

Язык программирования: Pascal.

Процедура дает возможность установки операционной системы ОС с графическим интерфейсом: Windows XP, 7.

Объем программы: 1,25 Мб.

Результаты

Программное обеспечение для оценки технического состояния корпуса судна по замерам остаточных толщин позволяет проконтролировать прочность связей элементов корпусных конструкций судна, произвести анализ и оценку качества их технического состояния и критических зон.

Выводы

При обновлении корпусов судов на соответствие их технического состояния уровню обновления 1SS или 2SS применение предложенной методики позволяет планировать необходимый объём ремонта.

На основе анализа надёжности возможно не только оценивать, но и прогнозировать техническое состояние элементов корпуса судна, что позволяет разработать мероприятия по повышению их долговечности, обосновать межремонтные периоды, сформулировать требования по надёжности применительно к заданным условиям эксплуатации.

Применение теории и практики надёжности для оценки технического состояния элементов корпусных конструкций судна дает возможность обеспечить минимальные затраты на его техническое обслуживание и ремонт при соблюдении всех нормативных требований. В связи с этим, особенно актуальны исследования, направленные на разработку методик с целью определения оценки и прогнозирования технического состояния корпуса судна по замерам остаточных толщин.

Список литературы

1. Архангородский А.Г. Моделирование прочности судовых конструкций / А.Г. Архангородский, Л.М. Беленький. – Л.: Судостроение, 1969. – 221 с.
2. Максимаджи А.И. Капитану о прочности корпуса судна / А.И. Максимаджи. – Л.: Судостроение, 1988. – 224 с.
3. Петрова Н.Е. Вероятностная оценка технического состояния корпуса судна / Н.Е. Петрова, Л.С. Баева. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2009. – 100 с.
4. Патент РФ № 2009140857/11, 03.11.2009. Петрова Н.Е., Ефремов Л.В., Баева Л.С. Способ оценки технического состояния корпуса судна // Патент России № 2406637.2010. Бюл. № 35.
5. Стандарт организации. СТО НОСТРОЙ 156. Гидротехнические работы. Правила проведения обследования и мониторинга режима эксплуатации и технического состояния плавучих сооружений и их систем удержания. – М.: ЗАО «Учебно-научный цент «Перспектива». – 2014. – 95 с.
6. Беленький Л.М. Большие деформации судовых конструкций / Л.М. Беленький. – Л.: Судостроение, 1973. – 206 с.
7. Правила классификации и постройки морских судов. В 3 т. Т. 1 / Российский морской регистр судоходства. – СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2015. – 502 с.
8. Правила классификационных освидетельствований судов / Российский морской регистр судоходства. – СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2014. – 285 с.