

УДК 620.179.143.5 : 629.5.015.4
НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СУДОВЫХ
КОНСТРУКЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В. В. МИРОШНИКОВ, В. Б. НЕСТЕРЕНКО, О. П. ЗАВАЛЬНЮК
«ВОСТОЧНОУКРАИНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. В. Даля»
«ХЕРСОНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ МОРСКАЯ АКАДЕМИЯ»
Луганск, Херсон, Украина

Мировая морская общественность уделяет большое внимание безопасности мореплавания, охране человеческой жизни на море, а также защите окружающей среды. С ростом интенсивности судоходства, а значит и риска аварийности Международная морская организация рекомендовала оборудовать крупнотоннажные суда системами мониторинга прочности корпусов судов. Однако по разным причинам судовладелец уходит от установки такого оборудования, а современная история торгового мореплавания пополняется трагическими случаями, несущими гибель судов и людей, потерю перевозимых грузов, загрязнения окружающей среды нефтяными продуктами. Среди наиболее тяжелых аварий, которые привели к разрушению судовых корпусов, необходимо отметить: т/х «ERIKA» (1999 г.), т/х «EUROBULKER» (2000 г.) т/х «PRESTIGE» (2002 г.), т/х «ВАСИЛИЙ» (2010 г.), т/х «MOL COMFORT» (2013 г.).

Как правило, эксплуатации корпуса морского судна, сопутствует длительное действие постоянно меняющихся внешних нагрузок. Характер и величина механических напряжений, возникающих при этом в корпусе судна, различны и зависят в большей степени от корректности проведения грузовых и балластных операций, условий плавания, а также многих других факторов. При некоторых неблагоприятных обстоятельствах отдельные узлы корпуса перегружаются. Из-за этого возникают риски появления чрезмерных остаточных деформаций и местных разрушений, которые, в свою очередь, могут привести к нарушению или потере судном прочности. Установлено [1], что повреждения отдельных корпусных конструкций судов вызваны недостаточной общей продольной и местной прочностью. Это обусловлено, главным образом тем, что во время эксплуатации судна не учитываются величина и распределение механических напряжений.

Системы мониторинга прочности корпусов судов включают в себя датчики механических напряжений, которые, как правило, базируются на использовании классического тензометрического метода контроля. Для повышения его чувствительности на палубе судна устанавливаются тензомосты длиной от одного метра, что приводит к существенным неудобствам при эксплуатации судна. Применение тензорезисторов либо волоконно-оптических тензометров позволяет определять деформацию несущего эле-

мента судового корпуса только в зоне его размещения. Это, а также необходимость постоянного контакта с поверхностью контролируемого объекта, существенно ограничивает их функциональные возможности и широкое применение.

В тоже время, современные средства контроля механических напряжений ферромагнитных стальных конструкций часто базируются на магнитных методах неразрушающего контроля (НК) [2], которые являются наиболее перспективными для построения системы непрерывного и длительного мониторинга механических напряжений. Это связано с тем, что при воздействии на ферромагнетики больших растягивающих или сжимающих упругих напряжений могут существенно изменяться значения некоторых магнитных характеристик ферромагнитных материалов.

Целью настоящего исследования является проведение теоретических и экспериментальных исследований, которое бы позволило разработать концепцию построения на базе одного или нескольких методов неразрушающего контроля системы мониторинга наиболее нагруженных зон корпуса судна в процессе его эксплуатации.

Магнитные методы неразрушающего контроля основаны на анализе взаимодействия магнитного поля и объекта контроля и применимы лишь к конструкциям из металлов и сплавов, способных к намагничиванию. Магнитные методы НК различают по первичному информативному параметру [3], к которому могут относиться следующие магнитные величины: коэрцитивная сила, намагниченность, остаточная индукция, магнитная проницаемость, а также эффект Баркгаузена.

В ходе проведенного анализа магнитных величин было установлено, что в магнитном методе НК такой магнитный параметр, как остаточная намагниченность M_r , существенно зависит от механических напряжений, а также имеет чрезвычайно большой диапазон изменения при переходе от растяжения к сжатию. В работе [4] авторами получена аппроксимирующая модель взаимосвязи остаточной намагниченности и наиболее влияющих факторов: механических напряжений в корпусе судна в процессе эксплуатации, величины зазора между контролируемой поверхностью комингса грузового трюма и измерительным преобразователем, коэрцитивной силы материала комингса. Таким образом, измеряя напряженность магнитного поля на контролируемом элементе судовой конструкции и пересчитывая ее в остаточную намагниченность, можно определять значение и знак действующих механических напряжений. При этом корпус судна находится в магнитном поле Земли и не требует дополнительного подмагничивания. Также авторами в работе [5] получена зависимость, учитывающая влияние механических напряжений на магнитные характеристики металла, что позволило моделировать магнитоупругие явления в переменных магнитных полях. Работа преобразователей по контролю напряженно-деформированного состояния несущих элементов судовых конструкций в

переменном магнитном поле позволяет отстроиться от внешних постоянных магнитных полей, а также от других магнитных полей.

Применение разработанной концепции неразрушающего контроля на исследуемом судне типа «река-море» позволило контролировать механические напряжения в корпусе судна, возникающие в процессе грузовых и балластных операций. На основании полученных значений механических напряжений изменялась последовательность и интенсивность загрузки, что вызвало достаточно равномерное распределение механических напряжений по всему корпусу судна. Отсутствие локальных перенапряжений в корпусе судна обеспечивает безопасность плавания и продлевает его срок эксплуатации. Вместе с тем, на судоремонтном заводе разработанная концепция контроля позволила существенно экономить время и улучшать качество дефектации судов, подтверждать возможность их безопасной эксплуатации, уточнять объем предстоящего ремонта с заменой напряженных участков либо принимать решение относительно вывода судна из эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повреждения и пути совершенствования судовых конструкций / Н. В. Барабанов [и др.] .– 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Судостроение, 1989. – 256 с.
2. Неразрушающий контроль и диагностика: справочник / В. В. Клюев [и др.] / Под ред. В. В. Клюева. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Машиностроение, 2003. – 656 с.
3. **ГОСТ 18353-79.** Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. – М. : Изд-во стандартов, 1979. – 18 с.
4. **Miroshnikov, V.** Model of the relationship of residual magnetization and the elastic stress of ship's hulls during cargo and ballast operations / V. Miroshnikov, O. Zavalniuk, V. Nesterenko // TEKA commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin-Rzeszów : Polish Academy of Sciences, 2013. – Vol. 13. – № 4. – P. 174–183.
5. **Мирошников, В. В.** Анализ возможности магнитного контроля напряженно-деформированного состояния изделий / В. В. Мирошников, В. Б. Нестеренко, А. С. Торопов // Вісн. Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: Науковий журнал. – Луганськ: Видавництво Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 2013. – № 16 (205). – Частина 2 – С. 159–163.

E-mail: v.miroshnikov@mail.ru
nesterenko_mast@mail.ru
olga-zavalnjuk@mail.ru