

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ МОРСКИХ СУДОВ ПО ЕВРОПЕЙСКОМУ ПРОЕКТУ «SHIP-INSPECTOR»

**проф. Троицкий В.А.**

(Институт электросварки им.Е.О.Патона НАН Украины)

*Своевременное определение наличия в металлоконструкциях морских кораблей опасных (усталостных) трещин и серьезных коррозионных поражений позволяет предупредить катастрофы на море, большие финансовые и экологические потери. Решению этой проблемы посвящен один из проектов Европейского союза (ЕС).*

**Введение.** Украинское общество неразрушающего контроля и технической диагностики (УО НКТД) привлечено к выполнению европейского проекта (седьмая рамочная программа), краткое название которого «Ship-Inspector». Полное название проекта: «Определение критически опасных трещин и коррозий кораблей с применением новых сенсоров».

Данная тема является развитием предыдущего европейского проекта по низкочастотному УЗК, имевшего название LRUT. В новом проекте кроме развития идей по низкочастотному УЗК, предполагается разработать технические средства для определения зон усталости и предразрушений, различные новые сенсоры, в том числе фазированные решетки.

**Краткое изложение проекта.** Структурные разрушения – главная причина повреждений кораблей, загрязнения морей, прибрежных вод. Общее количество транспортируемых по морю нефтепродуктов превысило несколько миллиардов тонн/год, этим занято более 40 % всего морского транспорта. Европейскому союзу (ЕС) сейчас принадлежит 27 % этого транспорта. 90 % европейской нефти перевозят по морю. Во всем мире потребляется около 3,5 млрд. тонн нефти, а 3 млн. тонн каждый год исчезают в океанах как результат разрушений танкеров и морских платформ. Крушения танкеров составляют 12 % всех морских аварий. Каждый год умирает около 1000 человек в результате крушения кораблей.

Целью проекта является развитие новых технологий неразрушающего контроля, создание сенсоров и систем для обнаружения дефектов и коррозионных повреждений в критических зонах конструкций кораблей без извлечения танкеров из воды. Проект «Ship-Inspector» поможет операторам, обществам и агентствам по регулированию более эффективно предупреждать этот риск. Проект «Ship-Inspector» будет пропагандировать технологии и связанные с ними обучение персонала малых и средних предприятий (МСП), представленных обществами по НК. В мире имеется 12000 МСП, которые работают по мониторингу состояния. Технологии Ship-Inspector сократят риск, которому подвергаются инспекторы, работая на кораблях. Этот проект поможет сократить травмы рабочих на малых и средних предприятиях (МСП), выполняющих работы по контролю.

**Участники проекта:** TWI (Англия), DGZfP (Германия), USNDT (Украина), BNDTS (Болгария), AIPND (Италия), SMART Group (Англия), I&T Nardoni (Италия), HSNT (Греция), Isotest (Италия), Tecnitest (Испания), Zenon (Греция), Cereteth (Греция), HSE (Англия), American Bureau of Shipping – Europe (Англия), Lloyds Register EMEA (Англия), Class NK (Англия).

**Содержание и цели проекта.** Консорциум Ship-Inspector будет пропагандировать новые технологии НК и связанные с ними обучение среди малых и средних предприятий (МСП), представленных обществами по НК – участниками проекта, а это 10000 больших и малых компаний, работающих по контролю и мониторингу состояния. К числу таких организаций относится Украинское общество неразрушающего контроля и технической диагностики (УО НКТД), которое имеет контакты с большим числом МСП, ведущих работы по НК и технической диагностике в регионах, прилегающих к Черному, Азовскому, Каспийскому морям, акваториям устьев судоходных рек (Днепр, Дунай, Десна, Буг и др.).

Целями проекта являются:

- разработка новых технологий ультразвуковых испытаний;
- новые мощные дефектоскопы с возможностью управлять сенсорами;
- новая технология сенсоров сухого контакта, основанная на макроволоконных композитах (МВК), генерирующих больше энергии;
- методы применения для «one off» и продолжительного мониторинга состояний;
- разработка сенсорных решеток, которые смогут измерять движение во всех трех плоскостях;
- издание справочников по оборудованию, применению учебных пособий по обучению операторов и сертификации (база для будущих стандартов).

**Объективные данные для постановки проекта.**

В 2006 г. было заявлено, что каждый год свыше 400 кораблей тонут, многие из них – вследствие ослабления конструкций из-за коррозии и плохого качества сварки. Нынче более 90000 судов идут транзитом по европейским водам. Существует статистическая вероятность, что приблизительно один корабль из восьми затонет до истечения срока службы (30 лет) в связи с тем, что он не получил надлежащее обслуживание по НК и не имеет соответствующих систем мониторинга.

Контроль корпуса корабля в основном производится, не изымая его из воды. Корабли изготавливаются из секций, которые сваривают между собой: обычно большое судно или гражданский лайнер имеет приблизительно 120 опасных швов, требующих детального пятилетнего циклического контроля, что определено Морскими регистрами, такими как, Ллойд, ABS и НК. Все три эти организации являются участниками проекта Ship-Inspector. Большой корабль имеет 600000 м<sup>2</sup> стали, которую необходимо контролировать на коррозию. Часто поврежденное судно нужно доставить в «сухой док» для оценки коррозионного поражения и контроля швов, в которых могут быть трещины вследствие сильных динамических нагрузок.

Существующие методы контроля таких швов на трещины и большие зоны коррозии имеют такие недостатки:

1) перед контролем необходимо разгрузить корабль и переместить его в сухие доки; нужна длительная просушка в течение двух недель. Каждый день простоя в доке большого судна стоит до 50000 Евро;

2) пока контроль производится в основном визуальный без записи результатов на жесткий носитель;

3) операторы вынуждены работать в плохих условиях при наличии токсических газов, работа часто ведется в подвешенном положении или лесах. При контроле больших кораблей оператор взбирается на высоту до 100 метров.

Кораблестроительные заводы обладают не меньшим уровнем опасности для персонала. Особо высокая опасность в доках.

Большинство танкеров сегодня имеют двойной корпус и двойное дно. Это делает часть конструкций недоступной даже для водолазов с применением существующих методов ручного контроля. Конструкция кораблей с двойным дном приводит к развитию коррозии особого типа на внутренних недоступных поверхностях.

Более совершенный контроль необходим также и на стадии производства, на судовой поверхности. Обычно корабли изготавливают с применением технологий «док и блок» - каждую секцию корпуса сваривают в цеху, затем перемещают на судоремонтный завод, где корпус собирают посредством сварки. Здесь обычно только 10 % длины швов подвергаются контролю. Контроль, осуществляемый вручную, является медленным и ограничен в получаемой информации.

**Предполагаемые технические решения.** Последние разработки, выполненные в значительной степени по предыдущему проекту LRUCM, предусматривали применение направленных ультразвуковых волн в диапазоне 10 метров и более (дальнодействующий ультразвуковой контроль). Хотя эта технология разработана для труб, дальнейшие исследования инновационного характера могут позволить этим технологиям решить труднорешаемые проблемы диагностики плоских металлоконструкций, таких как корпуса кораблей. Надо разработать новые технологии, используя линейные низкочастотные ультразвуковые решетки, чтобы решить проблему осмотра широких недоступных областей кораблей.

Преимущество технологии линейной решетки будет заключаться в том, что она реализует возможность контролировать широкие области конструкции из одной точки. Это будет первая технология контроля двойного корпуса кораблей без их установки в сухой док. Расположение потенциально дефектных областей будет точно рассчитываться исходя из расстояния от ультразвуковых преобразователей.

Надзорные органы по сертификации поддержали эти идеи по новым технологиям контроля судов. Поэтому в проекте Ship-Inspector принимают участие три крупные международные надзорные организации по сертификации.

Посредством низкочастотных пьезоэлектрических или ЭМА-сенсоров ультразвук передается на десятки метров и дефекты (преимущественно коррозионные) отражают ультразвук обратно на решетку. Время пробега ультразвука определяет местонахождение дефекта. Если сигнал оказался довольно серьезным, то это место должно быть детально осмотрено другими стандартными технологиями контроля и подвержено ремонту.

На данный момент технологии дальнодействующего ультразвукового контроля используются для обнаружения трещин и коррозии в трубах нефте- и газопроводов, днищ резервуаров, пищевых трубопроводов, стояков, рельсовых путей, пакетирования листов, труб теплообменников и фонарных столбов. До сих пор не было проведено ни одного обследования таким образом корпуса кораблей. В данном проекте консорциум предлагает разработать инновационный метод технологии линейной фазированной решетки (ЛФР) для дальнодействующего контроля. Метод ЛФР позволяет учесть криволинейную поверхность корпуса корабля. Датчики должны быть отлично подогнанными к поверхности.

Новые технологии позволят осматривать корпус корабля как выше, так и ниже ватерлинии; значительно увеличится диапазон разрешимых ситуаций, когда ультразвук сильно ослабевается слоем внешних морских наслоений. Будут найдены решения распознавания между глубокими/узкими и широкими/мелкими дефектами.

Программное обеспечение расширит зону наблюдения, можно будет осматривать с одной позиции зону 400 м<sup>2</sup>.

В настоящее время дальнедействующий низкочастотный ультразвуковой контроль труб использует три типа волн, такие как: сдвиговые горизонтально, продольные и торсионные. В случае корпуса корабля будут применяться только два типа волн: изгибные и продольные. Это упрощает управление лучом, поскольку помех при режиме мульти-волн не существует. Надлежащий выбор типов волн будет выполнен с целью оптимизации коэффициента сигнал/шум отраженных сигналов.

Способность определять дефекты и диапазон возможностей будет значительно увеличен за счет усовершенствования обработки сигналов. Из-за сложной геометрии корпуса и его размеров, контакт между преобразователями и поверхностью листа слабый. Технологии обработки слабых сигналов, соответствующая фильтрация и расщепление спектра будут применены для улучшения коэффициента сигнал/шум. Будет реализована возможность фокусировки, которая будет разработана для распознавания мелких дефектов и глубоких узких дефектов.

Двойные корпуса суден будут контролироваться с установкой сенсоров навсегда, которые будут периодически опрашиваться.

Особой проблемой для плоских металлоконструкций является прикрепление сенсора. Когда пьезоэлектрические сенсоры, применяемые для проведения дальнедействующего ультразвукового контроля, прикрепляются в сухую к поверхности, каждый элемент сенсора прижимают к трубе с нагрузкой 20 кг. Поскольку применяется большое количество элементов, такая нагрузка станет серьезным ограничением для применения этой технологии в ситуациях, когда это не труба, где необходимая нагрузка будет оказывать сопротивление окружающему зажиму. Однако нужная нагрузка пока еще адекватно не исследована. Таким образом, данный проект предполагает исследования:

- а) можно ли уменьшить нагрузку прижима к поверхности и на сколько;
- б) альтернативные приспособления для прижима (присасывающиеся подушечки, магниты);
- в) будут разработаны электромагнитные сенсоры, которые устраняют необходимость прижимать сенсор.

***Обучение, распространение и эксплуатация усовершенствованной системы дальнедействующего ультразвукового контроля.*** В этом рабочем пакете знания, полученные в ходе проекта, будут передаваться организациям, которые ответственны за обеспечение новых услуг по контролю; будут организованы местные семинары и конференции для внедрения в промышленность, что собирается выполнять и УО НКТД.

Будут подготовлены руководства разных уровней, чтобы гарантировать распространение новой технологии, ее лучшее практическое применение.

Общее руководство проекта выполняет Британский институт TWI. Он планирует, организовывает и проверяет деятельность всего консорциума.

Предлагаем всем заинтересованным организациям принять участие в этом Проекте, выдвигать проблемные вопросы по неразрушающему контролю судов и морских металлоконструкций.