



## ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ (по материалам 18-й Всемирной конференции по НК)

**В. А. ТРОИЦКИЙ**, д-р техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Мировые тенденции в области НК и ТД были высветлены на 18-й Всемирной конференции 18<sup>th</sup> WCNDT по неразрушающему контролю, которая прошла 16 – 20 апреля 2012 г. в Дурбане (ЮАР). В ее работе приняли участие более 1000 делегатов, которыми были представлены пленарные, обзорные и научные доклады – секционные и стендовые. Проведены специальные сессии и семинары по ряду вопросов, в том числе мониторинг состояния объектов, квалификации и сертификации персонала, неразрушающий контроль в области радиационной защиты. Одновременно с 18<sup>th</sup> WCNDT прошли Генеральная ассамблея ICNDT, заседание ISO TC-135 НК, слушания в Интернациональной академии NDT.

В работе конференции и выставки приняли участие не только компании, но и более тридцати национальных Обществ неразрушающего контроля, в том числе и Украинское общество НКТД. Всего в работе выставки приняли участие более 120 компаний из 43 стран мира. Выставочная площадь, занятая для демонстрации средств НК и ТД, составила 9500 м<sup>2</sup>. За пять дней работы конференции на 52 сессиях были представлены 396 презентаций и 69 стендовых докладов 979 авторов из 49 стран мира. Общее количество посетителей выставки и конференции составило 1452 из 89 стран, что явилось рекордом для международных конференций по НК. На секциях, работавших по методам НК, было заслушано более 300 докладов:

по ультразвуковому контролю – 126 (что составило 46 % общего количества докладов); рентгеновскому – 68; оптическому – 24; вихретоковому – 21; магнитному – 14; тепловизионному – 11.

Ультразвуковые методы преобладают в современных технологиях НК вследствие универсальности их применения для контроля широкого диапазона изделий из материалов с различными физическими свойствами, при мониторинге ответственных объектов и изношенных структур — радиационные, вихретоковые, магнитные и визуально-оптические.

На пленарных заседаниях были заслушаны 5 ключевых лекций и 34 обзорных доклада по актуальным темам мониторинга на основе данных НК. Наибольшую активность проявили американские и европейские компании, преимущественно британские и немецкие.

В своем докладе Р. Cawley, представитель фирмы «Mechanical Engineering», рассказал о развитии систем непрерывного мониторинга, которые приходят на смену традиционным периодическим проверкам объектов для оценки остаточного ресурса, используется анализ напряженно-деформированного состояния. В качестве примера может быть упомянута система gPIMS производства «Guided Ultrasonics Ltd» низкочастотного УЗ контроля протяженных объектов.

О разработке эффективных компьютеризированных программ для экзаменов по сертификации специалистов НК с использованием психометрических принципов и с последующим статистическим анализом результатов полностью соответствующим документам ANSI 17024 и ANSI/ASNT CP-105 рассказал R. Potter из Американского общества НК.

О развитии системы сертификации персонала в английской атомной промышленности за последние 50 лет доложил A. Rogerson из «Serco Inspection Centre» и дал свою оценку ситуации по гармонизации систем подготовки и сертификации персонала НК в различных отраслях промышленности. Также он подчеркнул, что уровень подготовки и правила сертификации специалистов по НК различаются не только в разных странах, но и в разных секторах промышленности одной страны. Это, к сожалению, касается и Украины. Пока что руководство АЭС Украины продолжает проводить сертификацию специалистов по нормативным документам Советского Союза.

Об успехах проекта «To Improve the Global Quality of Life through the Optimum Use of Welding Technology», а также о важности двух ключевых технологий – сварки и НК в жизни 10 млрд человек, населяющих планету Земля, рассказал г-н С. Smallbone, представитель «Welding Technology Institute».

В своем докладе доктор Н. Wiggernhauser из Федерального института исследований и испытательных материалов (Берлин, Германия) отметил, что гражданское строительство представляет собой очень сложную отрасль для НК, так как включает транспорт, дороги, инфраструктуры городов, частные и промышленные здания. Контроль за энергетическими объектами также является неотъемлемой частью весьма интересной и динамичной области, требующей более широкого использования средств и методов НК. В этом случае износ и повреждение мостов, дорог, железных дорог и тун-



нелей не будет непредвиденным образом увеличиваться с течением времени. Основной целью доклада было рассказать об исследовании влияния различных нагрузений на изменение скорости распространения УЗ волн в бетоне и оборудовании, оценке реального ресурса на основе анализа результатов НК. Именно это направление в Украине набирает все большие обороты, в частности, в ИЭС им.Е.О.Патона НАН Украины.

По радиационному контролю наибольший интерес вызвали доклады:

– Выбор цифровых рентгеновских детекторов для НК, обзор технических решений, перспективных и представленных на рынке. — П.Виллемс (BVBA, Stekene, Бельгия);

– Обзор цифровой радиографии на службе безопасности. — Р.Pincu, С.Telesz (Vidisco, Израиль);

– Использование в радиографических системах современных цифровых материалов детекторов (DDAs) для повышения безопасности и скорости сканирования. — J.Gomes (GE Sensing & инспекции, Lewistown, США).

Особый интерес вызвал доклад Z.Prevorovsky «Nonlinear Ultrasonic Spectroscopy and Acoustic Emission in SHM of Aircrafts», в котором рассмотрены современные перспективные методы нелинейной спектроскопии и акустической эмиссии для использования в диагностике авиационных конструкций. На эту тему также был заслушан доклад Yong-Moo Cheong «Images of Cracks using a Localized Nonlinear Ultrasonic Parameters», в котором утверждалось, что нелинейный акустический эффект является чувствительным инструментом определения микротрещин на ранней стадии образования.

Возможности УЗ метода на основе фазированных антенных решеток применительно к диагностике композитов сложной формы рассмотрены в докладе N.Hankinson «Flexible Phased Array for Inspecting Curved Composites», который подчеркнул важность вопросов методологии проведения контроля сотовых композиционных конструкций.

Тема правильного сочетания методов НК для оптимального решения вопросов качества была развита в ряде докладов. Так, в докладе Pi-Kuan Chen и Kun-Yi Tsa «Using NDT Methods for Inspection Work Rolls» подчеркивалось, что внутренние и поверхностные дефекты в прокатных валах выявляются с разной степенью эффективности при контроле различными методами. Поэтому авторы в критических случаях использовали четыре метода: УЗ (с продольными волнами и поверхностными волнами Рэлея), магнитопорошковый, капиллярный и вихретоковый методы. В докладе Jaap H.Heida, Derk J.Platenkamp «In-service Inspection Guidelines for Composite Aerospace Structures» отмечалось, что в современных авиационных конструкциях широко применяются композиционные материалы, в которых наиболее важ-

но выявлять ударные повреждения, расслоения и непрочности. Для надежного их обнаружения использовали визуальный метод, виброанализ, низкочастотный УЗ метод с антенными фазированными решетками, тепловизионный контроль. Данные мониторинга объектов на основе низкочастотного УЗК и средств акустической эмиссии не могут быть признаны без использования других физических методов, уточняющих форму и расположение несплошностей.

Цифровая радиография по-прежнему остается важнейшим методом диагностики не только ответственных соединений, но и в медицинской практике. Эта же тема рассмотрена в докладе J.Kastner «Comparison of phase contrast X-ray computed tomography methods for non-destructive testing of materials» (секция «Computed Tomography»), в котором автор использует элементы фазового контраста в рентгеновской томографии для улучшения качества диагностических изображений и в докладе D.Fratzcher «Computed THz-Tomography» (секция «Optical Methods, Terahertz») о возможностях томографии в терагерцовом диапазоне электромагнитного излучения, перспективном в промышленной, медицинской и антитеррористической диагностике. Также привлек внимание доклад T.Weinberger «Advances in High Accuracy Measurements in Visual Inspection», подтверждающий широкие возможности визуальных оптических методов в высокоточных дистанционных измерениях параметров различных ответственных объектов.

В специальном докладе на тему дефектоскопии трещин в металлических изделиях Darril P.Almond «Thermographic techniques for detection of cracks in metallic components» показал, что в ряде задач применение термографической техники вполне оправдано, так как отличается оперативностью диагностики трещин и других опасных дефектов.

В выступлении «The HOIS recommended practice for the inspection of weld corrosion» Stephen F. рассказал о проекте, в соответствии с которым 37 компаний нефтегазовой промышленности приняли участие в проведении экспериментальных исследований, направленных на борьбу с коррозией в сварных соединениях, ее раннее обнаружение и способы предотвращения.

Общие тенденции в развитии средств и технологий НК в том, что уровень моделирования процессов УЗ, вихретокового и радиографического методов контроля в последние годы значительно вырос. Наиболее значительный вклад в разработки программного обеспечения вносят европейские фирмы. Из четырех экспозиций Франции три были посвящены моделированию процессов, объектов и средств НК для УЗ и вихретокового контроля, рентгеновского и гамма-излучения – компании «Extende», «M2M» и «CEA LIST». Практически все производители средств УЗ и вихретокового контроля представили матричные преобра-



зователи. Эта новая тенденция в НК обусловлена возрастанием производительности микропроцессорных систем, позволяющих в реальном времени просчитывать значительный поток информации.

Компании Германии («Phinder KG», «Chemetall»), Бельгии («Balreau NDT»), Италии («CGM CIGIEMME s.r.l»), ЮАР («Chemserve Systems LUTD») представили новые средства магнитопорошкового контроля.

В настоящее время большинство крупных мировых брендов в области НК используют комплексный подход и выпускают приборы по УЗ и электромагнитному контролю, а часто и совмещающая в одном устройстве несколько методов, например, способных работать как с обычными УЗ датчиками, так и с ЭМА. Компания «IMASONIC», мировой лидер в области УЗ контроля, представила различные типы фазированных решеток, еще раз подтверждая общую тенденцию перехода от одиночных излучателей к их многочисленным массивам. Американская компания «Danatroniks Corp» экспонировала аппарат iFlawTM, цифровой УЗ дефектоскоп с большим 7-дюймовым WVGA (800×480), видимым при солнечном свете сенсорным экраном. Прибор iFlawTM позволяет автоматически переводить экран из ландшафтного в портретный формат. Компания «EECI Pvt. Ltd» (Индия) показала новый УЗ дефектоскоп DIGISCAN DS-322 с цветным TFT-дисплеем. Здесь есть отображение на экране измеренной амплитуды, значения параметра считывания. Измерения проводятся через изоляцию. Прибор имеет внутреннюю память и возможность прямой распечатки результатов, два канала, шаг усилителя 0,1 дБ, активную заморозку и инверсию экрана.

Автономные сканирующие системы продемонстрировали компании «Sonomatic» и «Silverwing» (Великобритания) и «Force Technology» (Дания). Специалисты «Silverwing» представили семейство аппаратов Scorpio, которые могут передвигаться по вертикальным стенам ферромагнитных баков и трубам большого диаметра на расстоянии до 30...50 м от оператора и проводить УЗ сканирование стенки в целях выявления корродированных участков. Фирма «Sonomatic» – аналогичную подвижную платформу Raptor Scanner, способную перевозить оборудование УЗ и электромагнитного контроля, составляя карту высокого разрешения со скоростью 5 м<sup>2</sup>/ч. Датчане (Force) показали автоматизированные магнитные сканирующие системы на колесном ходу, AGS-1 и AGS-2 для контроля труб большого сечения и миниатюрный трубный сканер AUS-3.

Оборудование для визуального и теплового контроля продемонстрировали фирмы «FLIR System» и «Thermo Scientific» (США), «IT Concepts GmbH» (Германия). Неподдельный интерес посетителей вызывали 3D-лазерные сканеры «EXAscан» и «REVscan» фирмы «Creaform Ltd» (Канада), про-

изводящие до 25000 измерений в секунду, имеющие разрешение 0,05 мм и объемную глубину сканирования 30 см.

В рамках конференции 17 апреля состоялся научный семинар «Наука, технология и диагностика в неразрушающем контроле» с интересной лекцией лауреата Нобелевской премии в области химии (1996 г.) Г. В. Крото «Научные исследования – ключевой стимул социального экономического развития». После выступления проф. Г. Крото, открывшего в конце 1980-х годов сферическую молекулу углерода-60, используемую теперь в нанотехнологиях, состоялась презентация практического использования результатов этого открытия. На эту тему было выступление «Наносенсоры» проф. Марка Кройцбрука (Институт БАМ, Германия).

Оба заседания прошли успешно. Во встречах участвовало более 40 человек из 17 стран мира (Австрии, Великобритании, Венгрии, Германии, Израиля, Индии, Италии, Китая, Португалии, России, Словении, США, Украины, Хорватии, Чехии, Швейцарии, ЮАР, Южной Кореи, Японии). Работой семинара руководил д-р Дж. Нардони – президент Интернациональной академии NDT и д-р Балдев Радж – вице-президент этой академии. Общее собрание и слушания в Академии NDT начались с приветствия Д.Нардони. Далее перед собравшимися с краткими сообщениями выступили д-р Балдев Радж, проф. Кришнан Баласубраманиам (Индия) и д-р Вард Руммель (США).

Выступление проф. Эверта (Институт БАМ, Германия) было посвящено сравнению возможностей нового метода с традиционно используемым УЗ и радиографическим контролем. Проф. Зденек Преворовский (Институт термомеханики АН Чехии) прочитал лекцию «Нелинейная ультразвуковая техника в НК», а также ознакомил с новыми подходами, применяемыми при УЗ контроле, особенно при работе в нелинейной области, и преимуществах использования процедуры инверсии времени для обнаружения и локализации дефектов типа трещин и т.п.

W. Swiderski в докладе «Microwave Radiation in Thermal Detection of Buried Objects – Modeling and Experiments» рассматривал возможности теплового контроля в реальных условиях при поиске находящихся в земле объектов. Отмечалось, что в солнечную погоду возможности теплового метода надежны. Другое дело при отсутствии солнечной радиации, сырой почве и как следствие при НК объекта слабый температурный контраст. Автор предложил в подобных ситуациях перейти к активному тепловому контролю, производя тепловую стимуляцию с помощью микроволнового излучения.

Значительный интерес вызвал доклад J. Kastner et al. «High resolution X-ray computed of fibre and particle filled polymers» (Австрия), в котором авторы использовали средства рентгеновской компьютерной томографии высокого разрешения вплоть



до 1 мкм. Экспериментальным исследованиям подвергались теплопластиковые полимерные материалы традиционного производства и наполненные различными частицами, повышающими эксплуатационные характеристики материалов. Всего было исследовано 12 типов современных полимерных материалов. 3D-изображения позволили оценить параметры геометрии, поверхности, объема и диаметр конструкции образцов.

С докладом на тему о нейтронной радиографии «Applications of various imaging techniques in radiography at BARS, Trombay» выступил А. М. Shaikh (Отдел физики твердого тела при ядерном центре в Bhabha). Акцент был сделан на разработке и применении новых сенсорных плоских панелей для эффективной регистрации нейтронного излучения.

Российскими учеными представлены следующие доклады.

А. А. Дубов доложил о развитии метода магнитной памяти в решении задач по анализу структуры металлоконструкций.

Ряд докладов был посвящен радиационным методам НК. Так, в докладе В. А. Клименова сообщалось о преимуществах применения малогабаритных бетатронов в передвижных системах цифровой радиографии для диагностики трубопроводов большого диаметра. В докладе В. Е. Усачева были представлены результаты радиографического контроля сложных сварных соединений, а также применения многоракурсных и двухэнергетических рентгеновских установок. Б. В. Артемьевом приведены результаты моделирования процесса контроля тонкопленочных активных металлических структур на поверхностях массивных конструкций с использованием обратно-рассеянного рентгеновского излучения.

Получили широкое распространение в современных автоматизированных системах контроля металлоконструкций электромагнитные и вихретоковые методы НК. О современном электромагнитном оборудовании, его развитии и новых областях применения представили доклады А. Е. Убочкин, А. Г. Ефимов и С. В. Клюев. В докладе В. Н. Учанина (Украина) сообщается о результатах использования вихретокового метода при автоматизированном контроле литья со значительной шероховатостью поверхности.

Доклад В.П.Вавилова был посвящен современным проблемам моделирования задач теплового метода НК, получившего достаточно широкое распространение в технологиях технической диагностики различных отраслей промышленности.

Расширяются возможности тепловидения в решении антитеррористических задач, вариантах построения аппаратуры и для конкретных применений. Ряд стендовых докладов посвящен приборным и методическим разработками применительно к конкретным условиям их использования.

Во время работы конференции был организован семинар WGI ICNDT по квалификации и сертификации персонала НК под председательством Дж. Томсона.

Активное участие в работе 18<sup>th</sup> WCNDT приняли Российское (РОНКТД) и Украинское (УОНКТД) общества НК и ТД, направившие в Дурбан делегацию общей численностью порядка 60 человек. Большой интерес вызвал стенд УОНКТД, содержащий информацию по рентгеновскому, магнитному, электромагнитному, УЗ и тепловому методам контроля. В материалах стенда отмечались корреляционные связи между магнитными параметрами термически обработанных сталей и остаточными напряжениями, характеристиками упругих деформаций, оценка остаточного ресурса стальных тросов на основе измерений магнитных характеристик.

Во время проведения конференции достигнута договоренность о подписании договоров о сотрудничестве УОНКТД с Обществами НК Кореи, Франции, США, Бразилии, Хорватии.

Стенд УОНКТД посетили М. Фарлей, М. Йоханнес, С. В. Клюев и многие другие участники. На стенде была широко представлена реклама производителей NDT-техники в Украине, в частности УкрНИИНК, литература и учебные плакаты.

У представителей института TWI вызвали интерес достижения ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины по европейским программам «Ship-inspector» и LRUT, разработки по оценке качества протяженных объектов без сканирования их поверхности, по оригинальным акустическим антеннам. Большой интерес был проявлен к достижениям ИЭС по созданию подвижных намагничивающих устройств, которые на порядок увеличивают производительность магнитного НК. Все посетители стенда УОНКТД получили приглашение посетить Национальную конференцию UkrNDT-2012, которая состоится в г. Киеве с 20 по 23 ноября 2012 г.

Подробный отчет о Всемирной конференции 18<sup>th</sup> WCNDT представлен в журнале «Контроль. Диагностика» № 6 (168), 2012 г.

*Поступила в редакцию  
12.07.2012*