

Неразрушающий контроль и техническая диагностика: по итогам международной конференции

В Могилеве впервые была проведена презентация пленарного доклада в формате телемоста между аудиториями

В Могилеве прошла 4-я международная научно-техническая конференция «Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов», организованная Белорусско-Российским университетом, Институтом прикладной физики Национальной академии наук Беларуси, Белорусской ассоциацией неразрушающего контроля и технической диагностики, Российским обществом неразрушающего контроля и технической диагностики и УП «Белгазпромдиагностика». Целью конференции и организованной в ее ходе выставки являлось обобщение результатов исследований и обмен опытом между учеными и специалистами различных организаций и стран в области разработки и практического применения неразрушающих методов и средств контроля качества материалов, промышленных изделий, сооружений и технологического оборудования. Значительное внимание было уделено также проблемам диагностирования потенциально опасных объектов, подготовки квалифицированных кадров.

В работе конференции приняли участие ученые и специалисты из организаций и предприятий Беларуси, России и Украины. Академическая наука была представлена ведущими институтами в области физики неразрушающего контроля и технической диагностики стран СНГ, среди которых Институт прикладной физики Национальной академии наук Беларуси, Институт физики металлов и Институт машиноведения УрО Российской академии наук, Институт физики прочности и материаловедения СО Российской академии наук, ряд других институтов. Сильными коллективами в этой области была представлена также вузовская наука. Целый ряд сообщений сделали известные ученые из научно-производственных объединений и предприятий. Всего же материалы трудов конференции содержат 121 доклад с изложением

результатов исследований в области практически всех известных методов неразрушающего контроля ученых из 38 организаций и предприятий Беларуси, России и Украины.

При проведении конференции активно использовался потенциал России и Беларуси в области информационно-коммуникационных технологий. Впервые была проведена презентация пленарного доклада в формате телемоста между аудиториями — специалистами Белорусско-Российского университета и НИИ интроскопии МНПО «Спектр» в Москве. С докладчиками — директор НИИ интроскопии МНПО «Спектр» академик Российской академии наук В. Ключев и председатель Белорусской ассоциации неразрушающего контроля и технической диагностики, директор Института прикладной физики Национальной академии наук Беларуси Н. Мигун.

Докладчики проанализировали современное состояние исследований и полученных результатов в области технической диагностики, приведя примеры наиболее интересных последних разработок в Беларуси и России. Эти примеры свидетельствуют о все более широком распространении методов НК и ТД в промышленности, строительстве, на магистральных и других трубопроводах, транспорте, в энергетике, на предприятиях нефтехимического комплекса. Не вызывает сомнения, что потребность в современных методах и средствах НК и ТД является определенной гарантией устойчивой востребованности результатов научных исследований в области физики неразрушающего контроля. При этом достаточно сильная в Беларуси научная школа в этой области (только в ИПФ Национальной академии наук Беларуси 15 докторов и 20 кандидатов наук) позволяет эффективно решать возникающие на предприятиях специфические задачи. В России, по словам академика В. Ключева,

безусловные лидеры данного направления — ЗАО «НИИ интроскопии МНПО «Спектр», Институт неразрушающего контроля Томского политехнического университета (ИНК ТПУ) и предприятия, входящие в состав ассоциации «Спектр-групп». Рассмотрены перспективы развития неразрушающего контроля. Особо подчеркивалось, что получение новых фундаментальных и прикладных научных результатов и разработка на их основе современных высокоэффективных приборов и методик неразрушающего контроля и технической диагностики — одна из главных необходимых составляющих качества и конкурентоспособности выпускаемой национальной продукции, гарантирующая безопасность промышленных, транспортных, энергетических, строительных объектов.

В пленарном докладе В. Венгриновича (ИПФ НАН Беларуси) «Вероятностная концепция оценки ресурса технических объектов по данным многосенсорных измерений» были представлены результаты исследования в статистической байесовской постановке проблемы оценки рисков опасных состояний конструкций, подвергаемых мониторингу. Было отмечено, что ключевыми понятиями в теории являются воздействие, уязвимость и робастность системы, предложена общая теория количественного анализа рисков повреждения, полного и частичного разрушения элементов и конструкций в целом, рассмотрена проблема минимизации рисков на стадиях проектирования объекта и функционирования системы мониторинга. Приведены примеры функционирования разработанной системы мониторинга для ряда уникальных объектов в Беларуси.

Еще один совместный белорусско-российский доклад представили на пленарном заседании заведующий кафедрой Белорусско-Российского университета С. Сергеев и профессор К. Абакумов (СПбГЭТУ «ЛЭТИ», Санкт-Петербург). Докладчики проанализировали вопросы сопоставимости структуры Государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования в России и Беларуси, возможности реализации практико-ориентированного обучения с учетом потребностей работодателей от промышленности, вопросы преобразований в высшей школе и возможные пути повышения качества подготовки специалистов на различных уровнях.

Работа конференции проходила в рамках пяти секций, тематика которых соответствовала важнейшим современным направлениям развития физики и техники НК и ТД. Это дефектоскопия материалов и промышленных изделий; контроль структуры и физико-механических характеристик материалов и изделий; контроль геометрических параметров объектов; мониторинг, диагностика и прогнозирование остаточного ресурса технических объектов, а также компьютерные технологии в неразрушающем контроле.

Около половины всех докладов, представленных на секции «Дефектоскопия материалов и промышленных изделий», были посвящены акустическим методам контроля. В ряде сообщений изложены результаты совершенствования магнитографического, токовихревого, феррозондового и капиллярного методов. Из докладов, посвященных акустическим методам, большой интерес вызвала работа К. Абакумова и Р. Коновалова (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»), в которой авторы изучили закономерности распространения связанных электроакустических волн вдоль границы раздела пьезоэлектриков или тонкопленочных гетероэпитаксиальных структур, выращенных на различных подложках методом молекулярной лучевой эпитаксии. В рамках предложенной модели нежесткого соединения решена задача о распространении поверхностных волн типа Стоуни вдоль границы диэлектриков и показано, что путем варьирования параметров соединения границ подложки и пьезопленки можно добиться существенного изменения скорости волны. В работе М. Асадчей и других (ИПФ НАН Беларуси) выявлены закономерности возбуждения и рефракции поверхностных и поперечных подповерхностных волн при околоритических углах падения волны на объекты со слабонеоднородным (по упругим свойствам) упрочненным слоем. Авторами обращено внимание на значимость влияния даже малых толщин упрочненного слоя на изменение амплитуды и спектра возбуждаемых мод, что представляет значительный интерес для разработки методов и средств ультразвукового контроля металлоизделий как с поверхностной, так и объемной термообработкой.

Интересен также доклад Д. Хатькова (Институт физики прочности и материаловедения СО РАН), в котором предложен метод расширения отстройки от влияния зазора при вихретоковом контроле. За счет предварительного введения «фазовой компенсации» при настройке измерительных каналов на эталонные образцы с реальной микрогеометрией поверхности авторам удалось существенно повысить чувствительность и надежность выявления поверхностных дефектов по сравнению с традиционными методами. В частности, этим методом выявляются эталонные дефекты на расстоянии 80–90 мм, а традиционным методом — на расстоянии не более 10–12 мм.

В докладе Н. Мигуна, Н. Деленковского и А. Гнусина (ИПФ НАН Беларуси), посвященном актуальной прикладной проблеме повышения чувствительности капиллярного контроля, впервые установлено, что при определенных условиях процесс проявления дефектов может эффективно протекать и при неполном по площади нанесении твердой фазы проявителя из аэрозольных баллончиков. Так, при степени покрытия твердой фазой проявителя поверхности образца в диапа-

зоне 90-100 процентов площади следов дефектов существенно не отличаются от полученных по традиционной технологии (толщина слоя проявителя 20-40 мкм). Это открывает перспективы разработки новых методик капиллярного контроля, позволяющих значительно снизить расход проявителя при проведении контроля.

В. Пудовым (Институт физики металлов УрО РАН, Екатеринбург) предложен усовершенствованный феррозондовый метод для двух разных областей человеческой деятельности: для лазерного деформирования и термомагнитной обработки магнитомягких сплавов, а также для выявления магнитных включений в тканях человека, оценки их размеров и пространственной ориентации. Использование этого метода (за счет обратной связи) позволило значительно повысить надежность и точность создаваемого упрочненного слоя, а также уменьшить травматизм живых тканей в операционном процессе.

Интересен и доклад В. Новикова (БРУ, Могилев), посвященный формированию индикаторных рисунков дефектов на пленке, визуализирующей магнитное поле дефекта, в котором обращено внимание на возможности метода и достижение на практике достаточно высокой чувствительности при обнаружении объемных дефектов, расположенных на большом расстоянии от контактной поверхности.

На заседании секции «Контроль структуры и физико-механических характеристик материалов и изделий» были заслушаны доклады по следующим основным направлениям: магнитный, оптический, электрический, радиоволновый контроль, контроль физико-механических характеристик, контроль диэлектрических свойств, электрохимический контроль, контроль параметров жидких сред, разрушающий контроль и контроль технологических параметров объектов. Результаты исследований по магнитным и электрическим методам контроля структуры и физико-механических характеристик представили сотрудники ИПФ НАН Беларуси, Объединенного института машиностроения НАН Беларуси, Института физики металлов УрО РАН.

Так, в докладе А. Гусева и В. Пиунова была изложена информация о разработанном источнике высокооднородного магнитного поля для эталона магнитной индукции, в сообщении И. Брановицкого и И. Скурту описано использование кривых Безье для представления основной кривой намагничивания и петель магнитного гистерезиса магнитомягких материалов, а в докладе В. Рудницкого излагаются результаты исследований релаксации и ползучести асфальтобетона методом индентирования. Сообщение В. Матюка касается нового способа повышения достоверности контроля качества термообработки малогабаритных изделий из конструкционных среднеуглеродистых сталей,

включая методику выбора режима импульсного намагничивания изделий цилиндрической формы из инструментальных углеродистых сталей. В. Костин и О. Василенко из ИФМ УрО РАН привели подробную информацию о разработанном ими способе повышения достоверности локального измерения магнитных параметров при структуроскопии ферромагнитных объектов.

Явно повышенный интерес вызвал доклад сотрудников Белорусского национального технического университета и Физико-технического института НАН Беларуси. Так, А. Жарин, А. Анисович, К. Тявловский предложили оригинальную методику исследования изменения свойств поверхности объектов из конструкционных материалов после воздействия на них магнитным импульсом. Исследования проводили методом зондовой электрометрии, предусматривающей бесконтактные измерения пространственного распределения работы выхода электронов с помощью бесконтактного конденсаторного зонда.

Ряд интересных докладов подготовили сотрудники Белорусско-Российского университета. Например, В. Борисов и А. Карпенко рассказали о новом способе определения диэлектрической проницаемости радиоволновым методом. В докладе А. Хомченко описан разработанный и внедренный в производство способ измерения величины двучелюстного преломления в плоскости автомобильных закаленных стекол, а оригинальный способ измерения мутности масел и прибор для его реализации представили С. Сергеев и А. Марков.

На заседании секции «Контроль геометрических параметров объектов» были заслушаны доклады по контролю различными методами металлических и дорожных покрытий, по применению вихретокового, рентгеновского, теплового и оптического неразрушающего контроля для диагностики трубопроводов и других объектов.

Например, доклад сотрудника ИПФ НАН Беларуси И. Загорского был посвящен разработке устройства для контроля степени соосности гофрированной металлической трубы и гофрированной полимерной оболочки, наносимой на трубу. Разработано и внедрено в производство устройство на основе вихретоковых преобразователей, позволяющее измерять соосность с точностью 1 мм в заводских условиях нанесения полимерного покрытия.

Следует отметить логическую завершенность научных исследований, изложенных в двух докладах, представленных сотрудниками того же института А. Лухвичем, А. Лукьяновым и О. Булатовым. В первом докладе проведен анализ возможности определения магнитодинамическим методом толщины слоя никелевого покрытия камеры сгорания ракетных двигателей на участках, где имеются технологические пазы, которые вносят большую

погрешность в измерение толщины. В результате проведенных исследований предложена методика компенсации этой погрешности. Во втором докладе приводятся особенности разработки толщиномеров никелевых покрытий, позволяющего измерять толщину до 1 мм с разрешающей способностью менее 0,15 мкм.

Доклад А. Хомченко и других, представленный коллективом авторов из БРУ и Могилевского государственного университета им. А. Кулешова, посвящен исследованию влияния толщины металлического покрытия на кремнии на величину коэффициента отражения лазерного пучка при различных углах падения в рамках волноводной спектроскопии. Показано, что предложенная более простая методика контроля толщины и состояния поверхности слоя без использования призмы связи обеспечивает точность результатов, сопоставимую с многоугловой эллипсометрией.

В докладе сотрудника ИПФ НАН Беларуси А. Чернышева исследовано влияние толщины магнитного листа на распределение в нем напряженности магнитного поля, создаваемого накладным преобразователем, проведен теоретический анализ величины размагничивающего фактора магнитных листов различной толщины при их намагничивании витком тока. Показано, что размагничивающий фактор стремится к нулю при уменьшении толщины слоя к нулю.

Представитель этого же института В. Шарандо выступил с докладом о результатах исследования влияния формы электродов и контактной нагрузки при термоэлектрическом контроле никеля на стали. Анализ влияния экспериментальных условий проводимых измерений термоЭДС на вид градуировочных характеристик преобразователя показал, что для уменьшения погрешности измерений необходимо использовать износостойкие электроды термопреобразователя и обеспечивать высокую степень их прижима к контролируемому изделию.

Весьма многочисленной как по количеству докладов, так и по направленности их тематики была секция «Мониторинг, диагностика и прогнозирование остаточного ресурса технических объектов». Здесь заслушаны доклады по вибродиагностике, диагностике трубопроводов, подшипников и светодиодных ламп, трибодиагностике, неразрушающему контролю напряженного состояния, мониторингу строительных конструкций. Доминирующей темой была диагностика машиностроительных изделий в динамическом режиме. Среди них, например, вызвали интерес работы Объединенного института машиностроения НАН Беларуси (А. Скороходов), Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники (П. Бранцевич). В докладе Д. Ткачева из Военной академии Беларуси отмечалось, что для определения технического состояния изделий по данным диагностики успешно

используются современные способы обработки сигналов и элементы распознавания образов, в частности кластерный анализ. В то же время, учитывая многофакторность и зашумленность измеряемой информации, а также необходимость диагностирования конкретных дефектов, следует уделить вопросам обработки сигналов больше внимания. Понравился также доклад по диагностике ресурсных характеристик светодиодных ламп (С. Бернат, В. Марков). Авторы показали, что ресурс можно диагностировать посредством изучения теплового поля вокруг лампы.

В ряде докладов рассмотрены даже такие специфические для НК и ТД проблемы, как раннее обнаружение факторов пожаров в производственных помещениях и неразрушающий контроль подлинности драгоценных металлов и камней.

Отличительной особенностью секции «Компьютерные технологии в неразрушающем контроле» было особенно активное участие молодых научных сотрудников. Например, в двух докладах, сделанных аспирантом БРУ В. Вишнеревским, рассмотрены вопросы совершенствования систем управления электроприводами с упругими связями. В частности, проанализированы эксперименты по контролю параметров грузоподъемных шахтных систем, дано математическое описание движения груза в шахте с распределенным элементом длиной 1 км, приведены результаты численного моделирования. Представляет интерес и работа, выполненная аспирантом этого же университета И. Курловичем, посвященная программному управлению и контролю параметров сварки. Изложены описание режимов сварки, системы управления и визуализации процесса. Доклад сотрудника БГУИР В. Базаревского, в котором рассматривалась организация ресурсов для загрузки, хранения и обработки информации, получаемой при диагностике технических объектов, также вызвал живой интерес участников конференции.

Мы уверены, что прошедшая конференция способствовала обмену новейшими результатами в области физики и техники неразрушающего контроля и технической диагностики, установлению прочных научных и деловых контактов между учеными и специалистами.

*Николай МИГУН,
директор Института прикладной физики Национальной
академии наук Беларуси,*

*Сергей СЕРГЕЕВ,
заведующий кафедрой Белорусско-Российского университета
(г. Могилев)*