

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА ФОРУМА «ТЕРРИТОРИЯ NDT – 2022» ОТЧЕТЫ ПО КРУГЛЫМ СТОЛАМ

АВТОМАТИЧЕСКИЙ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ОБЪЕКТОВ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ

ВОПИЛКИН Алексей Харитонович

Д-р техн. наук, профессор, ООО «НПЦ «ЭХО+», Москва

ТИХОНОВ Дмитрий Сергеевич

Д-р техн. наук, ООО «НПЦ «ЭХО+», Москва

Круглый стол «Автоматический и автоматизированный неразрушающий контроль объектов повышенной опасности» (АНК ОПО), прошедший в первый день форума, собрал более 60 специалистов, среди которых большую часть представляли специалисты в области ультразвукового метода контроля. И это неудивительно, так как именно в этой области автоматизации НК в последнее время наблюдаются весьма значительные достижения. Темы докладов, представленных на заседании круглого стола, и дискуссии, проведенной в его рамках, приведены в таблице.

В *первом докладе* рассмотрена важная тема извлечения точных данных о дефектах в аустенитных сварных соединениях при проведении автоматизированного ультразвукового контроля. Задача актуальна для различных объектов, так как недостаток

информации о дефекте может приводить к излишним ремонтам, что, кроме напрасных издержек, может стать причиной снижения надежности конструкции. Автор доклада сосредоточился на задачах атомной энергетики. Применение традиционных методов контроля аустенитных швов, современных методов цифровой и аналоговой фокусировки антенн позволяет преодолеть проблемы влияния структурных шумов, высокого затухания и отчасти проблему анизотропии такого рода объектов. Приводится пример системы контроля (оборудование и методика) аустенитного сварного соединения толщиной 300 мм с получением точных данных о дефектах и другие практически значимые примеры высокоинформативного контроля аустенитных швов. Рассмотрены перспективы повышения точности информационной составляющей контроля за счет решения обратной коэффициентной задачи.

При обсуждении доклада затрагивались вопросы аттестации систем АУЗК аустенитных сварных соединений и аспектов практической дефектометрии.

Во *втором докладе* были представлены достижения холдинга компаний, работающего в сфере раз-



А.Х. Вopilкин



Д.С. Тихонов, А.Е. Базулин

Доклады и дискуссия круглого стола «АНК ОПО»

№	Эксперт, докладчик	Тема	Организация
1	Д.С. Тихонов , д-р техн. наук	Высокоинформативный автоматизированный УЗК аустенитных сварных соединений	ООО «НПЦ «ЭХО+»
2	В.В. Борисенко	Автоматизированный неразрушающий контроль в условиях производства	ООО «НПЦ «Кропус»
3	В.П. Лунин , д-р техн. наук	Перспективы использования строгих цифровых моделей при проектировании автоматизированных диагностических систем	МЭИ
4	А.А. Батурин	Стенды для натурных испытаний труб на долговечность	Cheltec Уральский инжиниринговый центр
5	Модератор А.Х. Вopilкин , д-р техн. наук, профессор	Свободная дискуссия «Опыт применения нейронных сетей в неразрушающем контроле»	ООО «НПЦ «ЭХО+»

работки и производства автоматизированного оборудования неразрушающего контроля объектов в процессе их изготовления и при эксплуатации. При проектировании такого рода оборудования разработчики решают следующие основные задачи:

- уход от влияния человеческого фактора при проведении контроля;
- обеспечение НК изделий, сложных с точки зрения ручного НК;
- увеличение скорости контроля;
- полное документирование результатов НК продукции.

Автор отметил также основные этапы создания автоматизированных систем:

- создание высокопроизводительной аппаратуры, позволяющей проводить автоматизированный контроль;
- проектирование надежной механической части, позволяющей работать в режиме 24×7;
- разработка и производство специальных образцов для автоматизированного НК;
- обучение и сертификация персонала.

Продемонстрированы системы ультразвукового и вихретокового контроля труб малого диаметра и толщины (от 0,2 мм), система контроля валов авиационных двигателей с 5-координатным сканером на дефекты от $\varnothing 0,4$ мм, система контроля дисков



В.В. Борисенко

авиационных двигателей с 5-координатным сканером на дефекты от $\varnothing 0,4$ мм и др. Кроме систем неразрушающего контроля различной продукции при ее изготовлении, были показаны мобильные автоматизированные системы для контроля сварных швов и основного металла, которые могут применяться на эксплуатируемых объектах контроля.

Третий доклад посвящен использованию моделирования при разработке автоматизированных систем диагностики. Отмечено, что уже в ГОСТ Р 50.04.07–2018 отмечена необходимость использования строгих цифровых моделей при разра-



Участники круглого стола



Доклад Д.С. Тихонова



Участники круглого стола



В центре В.Н. Костин и А.В. Михайлов



Участники круглого стола



В центре В.Г. Шевалдыкин, А.А. Самокрутов

ботке автоматизированных диагностических систем. Предложены цифровые модели для решения актуальных задач контроля на основе использования конечно-элементного анализа поля, эффективных алгоритмов анализа сигналов и нейросетевых технологий классификации и оценки геометрических параметров дефектов. Предложена и реализована технология проектирования диагностических систем для классификации и параметризации дефектов в условиях действия мешающих фак-

торов и помех. Испытан метод эффективной компенсации влияния основных мешающих факторов (конструктивных элементов парогенератора и пыльгер-шума) на сигнал от дефекта.

В четвертом докладе рассматривались уникальные стенды для натурных испытаний труб на долговечность, созданные Уральским инженеринговым центром Cheltec. Продемонстрировано несколько типов испытательных стендов. Один из них предназначен для гидравлических испы-





А.А. Батулин



таний изделий (в том числе для разрушающего контроля) циклически изменяющимся внутренним давлением, проводимых для проверки прочности и плотности трубопроводов, трубопроводной арматуры, сосудов и другого оборудования, работающего под давлением, их деталей и сборочных единиц. Были представлены стенды для параметрических испытаний масштабных моделей проточных частей насосного оборудования, универсальный трехосный сервогидравлический вибростенд, система акустических испытаний.

При обсуждении возможностей нейронных сетей в автоматизированных системах НК было отмечено, что, например, в системах АУЗК пока нет решений, которые могли бы применяться на практике. Попытки использования нейронных сетей дают положительные результаты только на образцах с искусственно выполненными отражателями. Ключевой проблемой применения нейронных сетей является создание адекватной системы обучения сети. Высказано предположение, что решение проблемы обучения возможно только при комплексном подходе на отраслевых уровнях.

НК КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В АВИАСТРОЕНИИ

БАЗУЛИН Евгений Геннадиевич

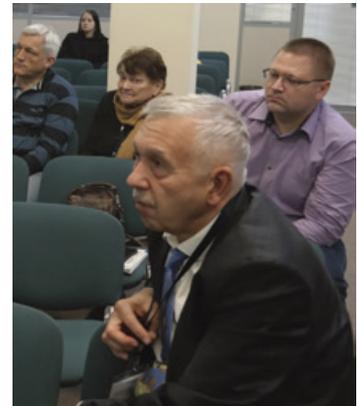
Д-р техн. наук, профессор, ООО «НПЦ «ЭХО+», Москва

На заседании круглого стола «НК композиционных материалов в авиастроении» было заслушано пять докладов. Все они вызвали интерес у слушателей – участников работы круглого стола.

Е.Г. Базулин (НПЦ «ЭХО+») выступил с докладом, посвященным изучению возможности прове-



Доклад Е.Г. Базулина



В.П. Вавилов

дения контроля ударных разрушений в объектах из полимерно-композитных материалов (ПКМ) с использованием технологии цифровой фокусировки изображения с применением 10-мегагерцовых антенных решеток. Показано, что при толщине объекта контроля 6 мм на всех глубинах можно обнаружить плоскостные отверстия диаметром 2 мм.

В следующем докладе, сделанном В.П. Вавиловым (Томский политехнический университет), представлены возможности неразрушающего контроля



Вопрос из зала

композитных материалов тепловыми методами с использованием различных методик и аппаратных средств, в частности разработанных в Томском политехническом университете. Рассмотрен принцип работы лазерной виброметрии для проведения контроля изделий из углепластика.

В третьем докладе А.О. Чулков (Томский политехнический университет) рассказал о новых возможностях проведения теплового контроля, в частности об обнаружении трещин по выделению ими теплоты из-за трения берегов при возбуждении объекта контроля низкочастотными ультразвуковыми колебаниями большой амплитуды (УЗ-ИК-термография).



Доклад О.Н. Будадина

Доклад С.А. Смотровой (НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского») был посвящен способу повышения качества визуального контроля поверхности деталей из ПКМ. Покрытие летательных аппаратов специальным составом повышает вероятность обнаружения следов ударного воздействия, что позволяет локализовать область, в которой могли возникнуть разрушения, и подвергнуть ее более тщательному контролю.

Завершил работу круглого стола О.Н. Будадин (ЦНИИ специального машиностроения) с обзорным докладом о контроле различных объектов из композитных материалов ультразвуковыми и тепловыми методами.

ИЗМЕНЕНИЯ В СИСТЕМАХ АТТЕСТАЦИИ, СЕРТИФИКАЦИИ И ОЦЕНКИ КВАЛИФИКАЦИИ И КАК ОНИ СВЯЗАНЫ С ВОПРОСОМ МИНИМИЗАЦИИ РИСКОВ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ ФАКТОРОМ

БЕЛОУСОВА Виктория Викторовна

Канд. психол. наук, консультант, эксперт в области эргономики и человеческого фактора, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

ГАЛКИН Денис Игоревич

Канд. техн. наук, генеральный директор АО «МНПО «Спектр», Москва

Круглый стол «Изменения в системах аттестации, сертификации и оценки квалификации и как они связаны с вопросом минимизации рисков, обусловленных человеческим фактором» был организован для того, чтобы совместными усилиями попытаться выделить направления, к которым в настоящее время необходимо приложить усилия общества для минимизации ошибок НК и, соот-

ветственно, повышению доверия к данной технологической операции.

Попытки описать влияние человеческого фактора при проведении неразрушающего контроля предпринимались такими корифеями, как д-р техн. наук, профессор А.К. Гурвич, д-р техн. наук, профессор В.Г. Щербинский. К сожалению, начатые ими работы не были доведены до практического внедрения, и почти 20 лет исследованиями в данном направлении никто системно не занимается. При этом не подвергается сомнению, что человеческий фактор оказывает существенное влияние на результаты неразрушающего контроля. Ведь именно специалист НК проводит анализ информации, получаемой при проведении контроля. Используемый им алгоритм анализа смыслового содержания изображения и умозрительная функция эффективности



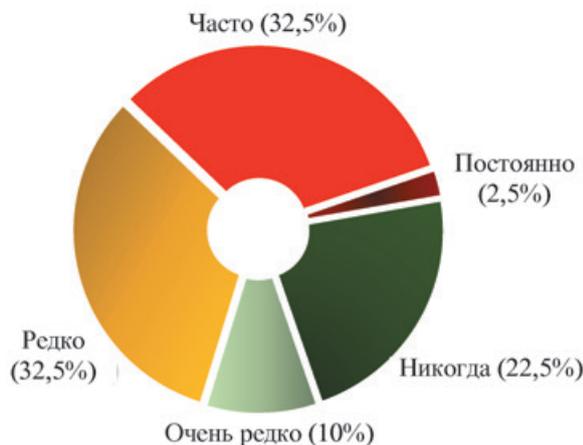
В.В. Белоусова



Д.И. Галкин

зависят от многих субъективных факторов. Более того, этими же факторами определяется, насколько верно специалист НК выбрал основные параметры контроля и воспроизвел их в процессе проверки качества объекта. В этой связи любое совершенствование технологий и оборудования должно сопровождаться соответствующими усилиями по повышению надежности дефектоскописта. Этого, однако, не происходит! Все, что мы имеем, — это статичные системы оценки квалификации, аттестации (сертификации), которые служат для подтверждения профессиональных навыков, но не позволяют судить о способности дефектоскописта принимать решения в условиях неопределенности при негативном воздействии внешних факторов реального производства. Очевидно, что в данном случае мы упускаем из вида цель, для реализации которой и существует направление неразрушающего контроля.

Участникам круглого стола было предложено ответить на вопросы анкеты. Всего было опрошено 44 респондента, которые были сгруппированы в зависимости от задач, решаемых в области неразрушающего контроля, на: разработчиков оборудования, руководителей служб НК и специалистов НК.



Ответ на вопрос, как часто в практике встречаются ошибки НК, дал следующие результаты

Озабоченность в данном случае вызывают респонденты, которые в своей практике встречаются с ошибками часто и очень часто (31,8%), а также респонденты, которые уверены в безгрешности объектов контроля и никогда не встречается с ошибками (29,5%).



Следует отметить, что с ошибками в НК в 2 раза чаще сталкиваются специалисты НК, нежели руководители. В то же время количество руководителей, которые не сталкиваются с ошибками в НК, в 2 раза больше, чем аналогичных специалистов НК.

Отсутствие представления о реально существующих возможных рисках не гарантирует эффективной и безаварийной работы системы. Скорее наоборот — является базой для возникновения серьезных аварийных ситуаций. Вера в безошибочность НК возникает не случайно, а проистекает из особенностей самой деятельности. Наличие сложных измерительных приборов и технических расчетов создает ощущение правильности и надежности результатов. Приборы дополняются наличием четких и подробных инструкций, положений и регламентов, соблюдение которых должно гарантировать отсутствие ошибок. А если дополнить эту картину регулярной аттестацией персонала, то формируется образ идеально работающей системы, вероятность ошибок в которой ничтожна. В реальности же это не со-

всем так. Очевидно, что чем больше руководителей будут учитывать возможные риски, тем надежнее будет НК.

Также респондентам было предложено оценить по пятибалльной шкале факторы, определяющие ошибки в результатах НК (0 – не оказывает влияния, 5 – оказывает определяющее влияние):

- 1) непригодность прибора для решения конкретной задачи;
- 2) сложность использования прибора из-за неудобного интерфейса;
- 3) сложность учета изменения характеристик прибора/преобразователя в процессе эксплуатации;
- 4) несоответствие заявленных производителем характеристик прибора их реальным значениям;
- 5) низкая надежность оборудования;
- 6) низкое качество изготовления настроечных образцов;
- 7) неправильное толкование инструкции по эксплуатации прибора из-за ее запутанности;
- 8) некорректность нормативной документации (возможность двойственного толкования требований, установление требований не ко всем параметрам НК, непонятная терминология);
- 9) некачественная подготовка объекта к проведению контроля;
- 10) сознательное нарушение технологии контроля в целях упрощения работы;
- 11) слишком жесткие временные рамки для НК / недостаточность времени для качественного контроля;
- 12) низкая мотивация качественной работы из-за недостаточного уровня оплаты труда;
- 13) внутренняя установка дефектоскописта на то, что большинство объектов контроля соответствуют требованиям НТД;
- 14) внутренняя установка дефектоскописта на то, что пропуск дефекта не будет замечен;
- 15) указание руководителя о необходимости оформления положительного заключения вне зависимости от результатов контроля;
- 16) нежелание/неспособность дефектоскописта обосновывать и отстаивать свою позицию в случае обнаружения дефекта;
- 17) невозможность отстаивания своей позиции в случае обнаружения дефекта;
- 18) слишком большая нагрузка на специалиста;

- 19) некомпетентность специалиста, имеющего удостоверение, из-за того, что удостоверение было куплено/получено по упрощенной процедуре;
- 20) некомпетентность специалиста, имеющего удостоверение, из-за того, что применяемая система аттестации (сертификации) не позволяет оценить компетентность (не то спрашивают на экзаменах, экзаменов слишком много/мало, экзаменационные образцы ничего общего не имеют с объектами);
- 21) боязнь допустить ошибку из-за штрафных санкций;
- 22) боязнь допустить ошибку из-за высокой стоимости продукции;
- 23) технические ошибки при переносе данных в протокол из-за большого количества «бумажной» работы;
- 24) ошибочная интерпретация нормативной документации из-за ее запутанности;
- 25) недобросовестность дефектоскописта (контроль не проводился/проводился не в полном объеме);
- 26) недостаточное финансирование руководством подготовки специалистов (повышения квалификации);
- 27) отсутствие профессионального контроля за деятельностью специалиста НК.

Результаты данного опроса представлены на диаграмме, на которой положение круга по вертикали соответствует степени влияния фактора по мнению респондентов, а диаметр круга – разбросу ответов респондентов из разных групп опрошенных. Из дальнейшего анализа были исключены специалисты, которые почти не сталкиваются (очень редко, никогда) с ошибками по результатам НК.

Таким образом, можно выделить факторы, вызывающие наибольшее опасение с точки зрения возникновения ошибок по результатам НК:

- непригодность прибора для решения конкретной задачи;
- некачественная подготовка объекта к проведению контроля;
- сознательное нарушение технологии контроля в целях упрощения работы;
- слишком жесткие временные рамки для НК / недостаточно времени для качественного контроля;

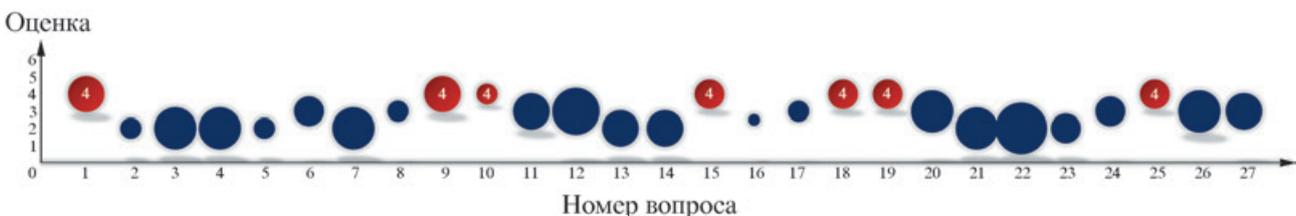


Диаграмма результатов опроса

- указание руководителя оформлять положительное заключение вне зависимости от результатов контроля;
- слишком большая нагрузка на специалиста – не хватает времени на качественное выполнение работ;
- некомпетентность специалиста, имеющего удостоверение, из-за того, что удостоверение было куплено/получено по упрощенной процедуре;
- недобросовестность дефектоскописта (контроль не проводился/проводился не в полном объеме);
- низкая квалификация специалиста из-за нежелания работодателя тратить деньги на повышение квалификации.

Что же касается систем аттестации, сертификации и оценки квалификации, то по результатам опроса стало очевидно, что на данном этапе важнейшей составляющей совершенствования этих систем является разработка инструментов для повышения доверия к ним – обеспечения прозрачности и открытости. Именно на этих вопросах стоит сконцентрироваться держателям систем.

Каждый фактор, обозначенный в анкете, можно отнести к одной из следующих категорий: оборудование (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7), нормативно-техническая документация (8, 24), влияние человека (10, 12, 13, 14, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 25) и среды (9, 11, 15, 17, 18, 26, 27). В этом случае интересно проанализировать полученные данные в части отношения различных групп опрашиваемых к степени влияния на результаты НК конкретной категории факторов.

Интересно отметить, что специалисты не считают существенным фактор влияния оборудования на результаты НК, в то время как руководители считают этот фактор ключевым. Это также подтверждает сделанный ранее

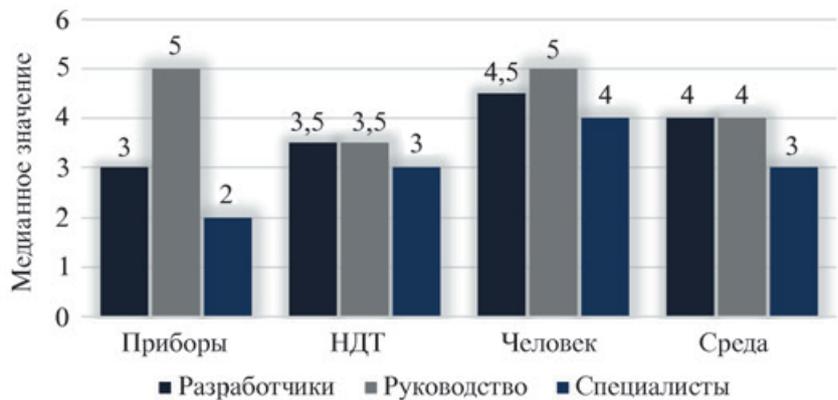


Диаграмма отношения различных групп опрашиваемых к степени влияния на результаты НК конкретной категории факторов

вывод о том, что большая часть руководителей полагает, что использование «совершенного» оборудования позволит избежать ошибок. На самом же деле вкладываться нужно в персонал, однако психологически это сложно принять, так как понятно, что специалист может уйти и предприятие останется ни с чем, а купленное оборудование навсегда останется в собственности. В остальном оценки, данные различными группами опрашиваемых, в отношении факторов, влияющих на результаты НК, являются схожими.

Для уменьшения степени влияния человеческого фактора собравшимися специалистами было предложено задуматься о повышении мотивации и вовлеченности дефектоскопистов. Один из участников круглого стола поделился положительным опытом вознаграждения дефектоскопистов за найденные и подтвержденные дефекты. Важно отметить, что процесс подтверждения обнаруженного дефекта в данной организации сопровождается элементами обучения, так как к нему привлекаются как опытные, так и молодые



дые дефектоскописты. Отдельно было отмечено ключевое влияние руководителя лаборатории на вовлеченность дефектоскопистов, на понимание их роли на предприятии и отношение к ним других участников технологического процесса. В дискуссии также был поднят вопрос о необходимости пересмотра системы подготовки дефектоскопистов.

Участники круглого стола отметили, что одним из способов

уменьшения влияния негативных факторов при проведении НК является его цифровая трансформация, которая позволит дефектоскопистам сконцентрироваться на своей работе, а заказчикам выстроить систему цифрового контроля за проведением НК и использованием его результатов в режиме реального времени.

Круглый стол прошел в доверительной и конструктивной об-

становке. Чувствовалось, что поднимаемые вопросы волновали собравшихся.

Очевидно, что необходимо развивать исследования в данном направлении и предоставить сообществу решения, позволяющие повысить уверенность в результатах НК. Информация о результатах круглого стола будет доведена до членов правления РОНКТД и опубликована в журнале «Территория NDT».

ЦИФРОВИЗАЦИЯ НК: НАЦИОНАЛЬНАЯ ЭКОСИСТЕМА НК

БАЗУЛИН Андрей Евгеньевич

Канд. техн. наук, ООО «НПЦ «ЭХО+», Москва

В рамках круглого стола «Цифровизация НК: Национальная экосистема НК» были сделаны сообщения о различных аспектах цифровизации.

Д.И. Галкин (ЗАО «НИИИИ МНПО «Спектр») рассказал о перспективах цифровой трансформации и составе экосистемы НК, включающей имеющиеся реестры аттестованного персонала и лабораторий, цифровые стандарты, smart-приборы НК, протоколы обмена данными, справочники и каталоги данных, связь с АИС Ростехнадзора.

В.Р. Хакимов и Н.Н. Давыдов (ПАО «Газпромнефть») представили проект «Цифровой паспорт

сварного соединения», внедряемый в ПАО «Газпромнефть» в рамках общей системы контроля за строительством, и продемонстрировали работу прототипа сервиса. Сервис позволяет передавать в систему сведения о сварке и неразрушающем контроле, включая данные неразрушающего контроля (УЗК, РГК, АВИК) и заключения по качеству стыка, удостоверенные ЭЦП.

Н.В. Крысько (МВТУ им. Н.Э. Баумана) сделал сообщение о форматах данных DICOM и DICONDE, их сходстве, наличии открытых библиотек для работы с такими данными (например, ruidicom). Набор тегов, сопровождающих файлы с результатами НК, стандартизован, но допускает дополнения иными наборами. Важно, что

данные в таком формате в случае необходимости могут быть анонимизированы и отправлены в общую базу данных. Отмечено, что отсутствует единый подход к хранению данных УЗК в формате DICONDE, и это затрудняет сквозную передачу данных между участниками процессов.

А.Е. Базулин (ООО «НПЦ «ЭХО+») выступил с предложениями по созданию федерального или отраслевого нормативного документа, предъявляющего требования к качеству данных УЗК и РГК, передаваемых от лаборатории НК заказчику. Предложения по критериям основаны на действующих нормативных документах по ультразвуковому и радиографическому методам контроля, общих соображениях, позволяющих своевременно автоматически выявлять проблемы, связанные с качеством данных контроля в целом. Данный подход можно объединить с идеей «Цифровых стандартов» как дополнений к стандартам в виде фрагментов машиночитаемого кода, а сведения о выполнении тех или иных критериев качества вносить в определенные теги для данных в формате DICONDE.

А.В. Ильенко (АО «Газпром диагностика») сделал сообщение о перспективах примене-



ния нейросетей для прогнозирования появления дефектов на эксплуатируемых трубопроводах и оборудовании. Важно, что в распоряжении АО «Газпром диагностика» имеется внушительная база данных по дефектным узлам трубопроводов и обстоятельствам, при которых дефекты возникли и были выявлены.

О.И. Сурина (маркетплейс «ОРЛАН System») рассказала об опыте применения блокчейн и смарт-контрактов в цифровой платформе для строительного рынка «ОРЛАН System». Еще одним важным элементом подобных цифровых платформ является возможность скоринга поставщиков товаров и услуг.

И.С. Родионова (партнерская программа MetrologyNet) рассказала о проекте облачной платформы для метрологии, для объединения изготовителей, пользователей средств измерения и государственных реестров; показано, что жизненный цикл средств измерения можно отслеживать с применением блокчейна, сохраняя при этом закрытой конфиденциальную информацию. Показаны кейсы, связанные с анализом больших данных в сфере метрологии, например, для выявления нарушений законодательства в сфере метрологии.

К.В. Гоголинский (Санкт-Петербургский горный университет) сообщил о ходе работ по созданию классификатора «Оборудование для неразрушающего контроля и технической диагностики» как одного из элементов цифровой экосистемы НК. В данный момент в ФГИС «Аршин» содержится порядка 1100 описаний типа средств измерений, имеющих отношение к НК. На примере толщиномеров разработаны проекты типовых карточек описания СИ. Для создания машиночитаемых карточек удобно использовать формат XSD.



Выводы по результатам проведения круглого стола

- Отсутствует договоренность о принципах хранения данных УЗК в формате DICONDE; в данном случае ожидается инициатива от разработчиков оборудования УЗК.
- Внедрение решений на основе искусственного интеллекта для анализа данных НК сдерживается ограниченным набором размеченных данных. Целесообразно объединить усилия научных организаций и эксплуатирующих организаций по созданию базы данных с данными по дефектным узлам и результатам их контроля на федеральном уровне, например на базе Ростехнадзора.
- Для унификации требований к поставщикам услуг и оборудования НК для нужд крупных компаний, таких как «Газпром», «Транснефть», «Сибур», «РЖД», представителям этих компаний рекомендуется

в качестве площадки использовать ежегодный форум «Территория NDT», проводимый РОНКТД.

- Отмечена актуальность создания в РОНКТД экспертной группы по систематизации характеристик средств НК, объектов контроля, параметров НК, критериев отбраковки по результатам НК, сведений об аттестации персонала, лабораторий и технологий НК, используемых в рамках цифровой инфраструктуры НК. Решено просить РОНКТД размещать информацию о результатах работы экспертной группы.
- Решено обратиться в ТК 371 с инициативой организации подкомитета «Цифровая инфраструктура в НК», областью деятельности которого будет разработка проектов национальных стандартов в части атрибутивного состава данных от различных источников и развитие цифровых стандартов в области НК.

МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ БИМЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

ДУНАЕВ Андрей Валерьевич

Д-р техн. наук, доцент, НТЦ биомедицинской фотоники ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева», г. Орел

В заседании круглого стола «Методы и приборы биомедицинской диагностики» приняли участие шесть специалистов из пяти организаций и ведущих вузов страны. Председателем заседания круглого стола был д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник НТЦ биомедицинской фотоники Орловского государственного университета им. И.С. Тургенева Андрей Валерьевич Дунаев.

Елена Владимировна Потапова (канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник НТЦ биомедицинской фотоники ОГУ им. И.С. Тургенева) представила научный доклад на тему «Оптическая спектроскопия в решении задач минимально инвазивной хирургии». В ходе выступления были обобщены результаты исследований по применению оптических технологий в целях улучшения диагностической точности малоинвазивных хирургических процедур, уменьшения количества ложноотрицательных биопсий и улучшения качества оперативного органосохраняющего лечения.

Андрей Егорович Луговцов (канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотрудник лаборатории биомедицинской фотоники физического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова») представил научный доклад «Оптико-лазерные методы и приборы диагностики микрореологических и микроциркуляторных расстройств». В докладе были освещены новые перспективные неразрушающие оптиче-

ские и лазерные методы исследования микрореологических и микроциркуляторных свойств крови для измерения механических и агрегационных свойств клеток крови, а также текучести крови. Дан обзор оптических свойств крови для подбора наиболее подходящего по длине волны зондирующего излучения. Приведены примеры использования предложенных методов в клинической практике при социально-значимых патологиях – сахарном диабете, артериальной гипертензии, сердечно-сосудистых заболеваниях.

Михаил Юрьевич Кириллин (канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотрудник лаборатории биофотоники ФГБУН «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук») выступил с докладом «Двухволновой флуоресцентный имиджинг для мониторинга фотодинамической терапии». Представленный метод позволяет неинвазивно оценить глубину проникновения фотосенсибилизатора в биоткань при его поверхностном нанесении на кожу и в случае внутривенного введения, а также дает возможность контроля накопления и фотовыгорания фотосенсибилизатора в процессе проведения процедуры. В докладе представлены обзор физических принципов метода и результаты его апробации в модельном эксперименте, в исследованиях *in vivo* на животных и в клинической практике использования фотосенсибилизаторов хлоринового ряда.

Екатерина Олеговна Брянская (мл. науч. сотрудник НТЦ биомедицинской фотоники ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева») сделала доклад на тему «Цифровая диафаноскопия в диагностике патологических



А.В. Дунаев



Участники круглого стола



Е.В. Потапова



Дискуссия на круглом столе. Доклад А.Е. Луговцова

образований верхнечелюстных пазух». В докладе представлены результаты применения разрабатываемой технологии, базирующейся на методе цифровой диафаноскопии, в медицинской практике, в частности в оториноларингологии, для диагностики заболеваний верхнечелюстных пазух. Представленная технология позволяет быстро и безопасно оценить наличие патологического изменения у пациента, за счет чего может быть использована в телемедицине, а также в целях скрининга населения.

Демид Денисович Хохлов (канд. техн. наук, мл. науч. сотрудник лаборатории акустооптической спектроскопии ФГБУН «Научно-технологический центр уникального приборостроения Российской академии наук») представил научный доклад «Гиперспектральные методы и приборы для биомедицинской диагностики». Д.Д. Хохлов рассказал о возможностях применения гиперспектральных методов в решении медицинских задач. В частности,

были рассмотрены вопросы применения разрабатываемых в лаборатории акустооптической спектроскопии видеоспектрометров для визуализации патологий кожи, гиперспектральных эндоскопов для миниинвазивной хирургии и гиперспектральных микроскопов для улучшения визуализации в гистологии.

Даниил Николаевич Браташов (канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры инноватики ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского») выступил с докладом «Системы неинвазивной и малоинвазивной *in vivo* цитометрии для поиска посторонних объектов в кровотоке». В докладе были представлены результаты применения разрабатываемой технологии *in vivo* цитометрии для обнаружения раковых клеток, тромбов, патогенов непосредственно в кровотоке.

Все представленные доклады вызвали интерес участников, состоялась оживленная дискуссия, намечены планы дальнейшего сотрудничества.



Е.О. Брянская



Д.Д. Хохлов

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЁДОРОВ Алексей Владимирович

Д-р техн. наук, доцент, Университет ИТМО,
Санкт-Петербург

МУРАВЬЕВА Ольга Владимировна

Д-р техн. наук, профессор, ИжГТУ им. М.Т. Калашникова,
Ижевск

В круглом столе приняли участие представители Национального исследовательского Томского политехнического университета, Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова, Национального исследовательского университета «МЭИ», Санкт-Петербургского горного университета, Университета ИТМО.



Перед открытием заседания круглого стола его модераторы кратко остановились на современных тенденциях и вызовах развития высшего и среднего профессионального образования и предложили провести заседание в формате живого дискуссионного и конструктивного диалога.

С приветственным словом к участникам круглого стола обратился ректор Национального исследовательского Томского политехнического университета доцент Дмитрий Андреевич Седнев, который отметил актуальность и важность вопросов, связанных с подготовкой высококвалифицированных специалистов в

области приборостроения и неразрушающего контроля.

Участники круглого стола с интересом ознакомились с презентацией заведующего кафедрой электроакустики и ультразвуковой техники Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), председателя УМС по направлению «Приборостроение», профессора Константина Евгеньевича Аббакумова «Профессиональные стандарты – инструмент взаимодействия предпринимательского и образовательного сообществ». К сожалению, по техническим причинам Константину Евгеньевичу не удалось озвучить свой доклад.

Заместитель декана факультета систем управления и робототехники Университета ИТМО доцент Андреев Юрий Сергеевич в своем докладе остановился на специфике подготовки специалистов в области неразрушающего контроля в магистратуре Университета ИТМО по образовательной программе «Цифровые технологии в производстве», руководителем которой он является. В докладе Ю.С. Андреева отмечены важность формирования компетенций в области создания и использования цифровых технологий и современного оборудования в индустриальном производстве на всех этапах жизненного цикла продукции, создания учебно-технологического центра университета, тесного взаимодействия с корпоративными партнерами.

Участвуя в дискуссии, заместитель заведующего кафедрой диагностических информационных технологий по научной работе профессор Валерий Павлович Лунин обратил внимание слушателей на необходимость повышения мотивации и стимулирования обучения студентов в бакалавриате, магистратуре и аспирантуре.

Ольга Владимировна Муравьева (профессор кафедры «Приборы и методы измерений, контроля, диагностики» Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова) отметила, что для привлечения студентов к научно-исследовательской и инженерно-конструкторской деятельности видится важным дальнейшее расширение круга участников Всероссийского ежегодного конкурса выпускных квалификационных работ «Новая генерация».



А. В. Федоров



Д.А. Седнев



Ю.С. Андреев

Заведующий кафедрой «Приборы и методы измерений, контроля, диагностики» Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова профессор Виталий Васильевич Муравьев выступил с докладом «О проблемах подготовки кадров высшей квалификации по специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды», в котором отразил особенности новой системы подготовки кадров в аспирантуре согласно федеральным государственным требованиям, а также осветил результаты научно-организационной деятельности кафедры университета в данной области.

Алексей Владимирович Федоров (профессор факультета систем управления и робототехники Университета ИТМО) высказал мнение о необходимости повышения публикационной активности аспирантов, а также возможности проведения перекрестных защит диссертационных работ.

Владимир Николаевич Костин (заведующий лабораторией комплексных методов контроля Института физики металлов УрО РАН, главный редактор журнала «Дефектоскопия») отметил роль участия редакции журнала «Дефектоскопия» в проведении ежегодной Уральской конференции «Физические методы неразрушающего контроля (Янусовские чтения) и отражения ее результатов.

Представитель ФУМО «Машиностроение» Владислав Дмитриевич Тюрин выступил с докладом «Актуализация ФГОС по профессии 15.01.36 Дефектоскопист», в котором остановился на проблематике методического и организационно-технического обеспечения подготовки специалистов в системе среднего профессионального образования, и рассказал о тенденциях в реализации федерального проекта «Профессионалитет».



Директор ООО «АРЦ НК» Олег Анатольевич Сидуленко в своем кратком выступлении отметил возрастающее значение дополнительного профессионального образования в системе подготовки специалистов в области неразрушающего контроля.

Все участники круглого стола выразили мнение о необходимости совершенствования подготовки специалистов в области приборостроения и неразрушающего контроля, а именно:

- 1) в повышении эффективности обучения путем реализации проектно-ориентированной подготовки студентов и аспирантов с привлечением промышленных корпоративных партнеров;
- 2) в коллаборации вузов для достижения общих целей по подготовке студентов и аспирантов на основе обмена знаниями, совместного участия в организации и проведении научных, научно-педагогических и научно-практических конференций и семинаров;
- 3) в организации системы непрерывного образования колледж – университет – ДПО.

ПРОБЛЕМЫ НОРМАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ НК



ГОГОЛИНСКИЙ Кирилл Валерьевич
Д-р техн. наук,
Санкт-Петербургский горный
университет, ООО «КОНСТАНТА»,
Санкт-Петербург (на фото справа)

СЯСЬКО Владимир Александрович
Д-р техн. наук, профессор,
ООО «КОНСТАНТА»,
Санкт-Петербург (на фото слева)

Основной темой круглого стола стало обсуждение проекта ГОСТ «Порядок разработки и проведения метрологической аттестации методик неразрушающего контроля». Презентацию на эту тему, подготовленную представителем разработчика А.В. Федоровым, представил К.В. Гоголинский. В своих комментариях к презентации он отметил очевидные положительные стороны проекта, соответствующие опыту наиболее передовых зарубежных систем НК, в том числе:

- 1) дано определение методики НК, введены понятия достоверности и точности методики НК;
- 2) введены понятия верификации и валидации как способов аттестации методик НК;
- 3) установлены требования к определению показателей назначения методики НК;
- 4) описаны порядок разработки, структура методики и содержание программы аттестации методики.

В то же время, по мнению К.В. Гоголинского, в проект необходимо ввести ряд поправок с учетом следующих положений.

- В тексте проекта имеется отсылка к сфере государственного регулирования в области обеспечения единства измерений. Однако сфера госрегулирования определена законом 102 ФЗ «Об обеспечении единства измерений», а конкретные требования установлены Постановлением Правительства РФ от 16 ноября 2020 г. № 1847 «Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений». В указанном постановлении отсутствуют требования к измерениям, выполняемым методами НК, следовательно, введение в ГОСТ Р требований, противоречащих указанным нормативным правовым актам, недопустимо.

- В представленной версии проекта присутствует термин «метрологическая аттестация», однако аттестация метрологических характеристик методики НК является составной частью аттестации методики НК, следовательно, данный термин должен быть исключен. В свою очередь предлагается ввести понятие метрологической экспертизы, проводимой в соответствии с действующим законодательством об обеспечении единства измерений.
- Необходимо исключить требование об аттестации методики НК юридическими лицами, аккредитованными в Национальной системе аккредитации, поскольку оно противоречит законодательству о Национальной системе аккредитации. Предлагается указать возможность аттестации методики НК самим разработчиком или компетентной организацией по решению руководства организации-разработчика или по согласованию с заказчиком, если методика НК разрабатывается в рамках договорных отношений.

Дискуссия по данному вопросу была продолжена в рамках открытого заседания ТК 371 по вопросам пересмотра ГОСТ Р 56542–2019 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов».

В.А. Сясько доложил о необходимости пересмотра классификации видов и методов НК исходя из современного уровня развития сферы НК, а также в связи с необходимостью систематизировать и упорядочить подходы к аттестации, в том числе метрологической, средств и методик НК.

В контексте пересмотра классификации видов и методов НК К.В. Гоголинский сообщил о ходе разработки многопараметрического классификатора средств НК, базовая структура которого представлена на рисунке.



Основные классификационные признаки оборудования НК

Разработка такого классификатора позволит обеспечить единый формат представления технических характеристик средств НК, а также создаст предпосылки для создания системы аттестации средств НК.

Н.П. Муравская высказала мнение о необходимости согласования новых подходов к аттестации средств и методов НК с ведущими потребителями

услуг и оборудования в сфере НК, включая Госкорпорацию «Росатом».

С.А. Зайтова подняла вопрос о том, в рамках какой системы предполагается проводить аттестацию методик и средств НК в соответствии с разрабатываемым стандартом и системой классификации. К.В. Гоголинский пояснил, что разрабатываемые документы являются началом работы в этом направлении. На данном этапе аттестацию методик НК предполагается проводить на добровольной основе.

По результатам заседания были приняты следующие решения:

- 1) направить по списку участникам совещания и приглашенным актуальную версию стандарта для ознакомления;
- 2) секретариату ТК 371 подготовить информацию о принципах межгосударственной и международной стандартизации видов и методов НК;
- 3) в срок до 26 ноября 2022 г. составить перечень предложений по организации рабочей группы и по сути обсуждаемого вопроса.

СОВРЕМЕННЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ НК

МАЧИХИН Александр Сергеевич,
Д-р техн. наук, НТЦ УП РАН, НИУ «МЭИ», Москва

КАЛОШИН Валентин Александрович,
Канд. техн. наук, АО «НПО «Энергомаш» им. академика В.П. Глушко», Химки

В работе круглого стола «Современные оптические методы НК» приняли участие более 25 специалистов в области разработки и применения оптических методов неразрушающего контроля и технической диагностики из ведущих российских вузов, институтов РАН и отраслевых НИИ. Основными темами обсуждения стали современная элементная база отечественного оптико-электронного приборостроения, проблемы метрологического обеспечения оптико-электронных приборов и новые оптические методы НК. Модераторами круглого стола выступили А.С. Мачихин (НТЦ УП РАН, НИУ МЭИ) и В.А. Калошин (АО «НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко»). Программа круглого стола включала пять докладов, посвященных современным методам и аппаратно-программным средствам оптического контроля изделий и материалов, разрабатываемым в интересах различных отраслей – ракетостроения, авиации, приборостроения и др. Каждый доклад сопровождался обстоятельной дискуссией о достоинствах и перспективах практического применения полученных результатов.

Начальник сектора АО «НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко» А.М. Перфилов представил доклад на тему «Проблемы интерпретации результатов оптико-визуального контроля труднодоступных полостей промышленных объектов», в котором рассказал об истории применения эндоскопического оборудования, требованиях, предъявляемых к техническим эндоскопам, и актуальных задачах, которые стоят при автоматизированной обработке результатов видеэндоскопического контроля.

Заведующий лабораторией ФГУП «ВНИИМС» Д.А. Новиков посвятил свой доклад проблемам метрологического обеспечения оптического контроля. В нем он отметил многообразие, бурное развитие в последние годы и широкое применение оптических приборов для измерения геометрических величин, затронул современное состояние и





А.М. Перфилов



Д.А. Новиков



Е.А. Барабанова



А.Ю. Поройков

перспективы развития эталонной базы и нормативной документации в этой области, а также рассказал об опыте создания отечественных государственных первичных специальных эталонов, предназначенных для воспроизведения, хранения и передачи единиц различных геометрических величин.

Доцент НИУ МЭИ А.Ю. Поройков в докладе «Оптические методы в задачах измерения формы поверхности и деформаций» представил результаты многолетних исследований в области создания методических и аппаратно-программных средств контроля формы крупногабаритных изделий промышленных объектов в процессе испытаний и эксплуатации. На примере анализа состояния крыльев летательных аппаратов и железнодорожных рельсов наглядно показана эффективность методов машинного зрения (стереоскопии, цифровой корреляции изображений и пр.) для высокоточного и бесконтактного выявления дефектов, анализа процессов трещинообразования и контроля пространственного распределения деформаций в реальном времени.

В докладе ведущего научного сотрудника ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН Е.А. Барабанова «Экологический мониторинг загрязнений водоемов оптическими методами с использованием БПЛА» затронуты вопросы создания высокопроизводительных бортовых систем для дистанционного контроля состояния водных ресурсов, проведен сравнительный анализ применяемых для решения подобных задач современных оптических методов, показаны преимущества мульти- и гиперспектральных камер аппаратуры, приведены результаты собственных лабораторных и полевых исследований нефтяных загрязнений водоемов с помощью оптической аппаратуры, предложенных математических алгоритмов для расчета спектральных индексов и возможностей анализа изображений с помощью геоинформационной системы «НЕВА».

Младший научный сотрудник ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН А.И. Проценко представил обзорный доклад «Современные рентгенооптические методы исследования пер-



спективных кристаллических материалов», в котором рассказал о важной роли кристаллических материалов в современном оптико-электронном приборостроении, об их многообразии и необходимости разработки оригинальных методов их неразрушающего контроля и технической диагностики. Особое внимание уделено опыту создания уникальной адаптивной рентгенооптической аппаратуры высокого разрешения для исследования структуры и процессов дефектообразования в перспективных кристаллических материалах условиях внешних воздействий.

Представленные доклады отражают основные направления развития методов и аппаратуры оптического контроля: высокое быстродействие, большой объем регистрируемых данных, необходимость разработки эффективных алгоритмов машинного обучения и автоматического принятия решений. Продолжительная дискуссия в процессе выступлений показывает важность и актуальность затронутых вопросов. Участники круглого стола констатировали необходимость его регулярного проведения в рамках Международного промышленного форума «Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика».

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ



ЕЛИЗАРОВ Сергей Владимирович
Генеральный директор
ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ», Москва
(на фото справа)

ИВАНОВ Валерий Иванович
Д-р техн. наук, профессор,
АО «НИИИИ МНПО «Спектр»,
Москва (на фото слева)

Заседание Объединенного экспертного совета по проблемам применения метода акустической эмиссии (АЭ) при Российском обществе по неразрушающему контролю и технической диагностике (ОЭС АЭ при РОНКТД) состоялось в рамках деловой программы форума «Территория NDT – 2022».

На заседании присутствовало 17 специалистов в области АЭ из организаций: НУЦ «Качество», Москва; Полоцкий государственный университет; ЗАО «НДЦ НПФ «Русская лаборатория», Москва; ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ», Москва; ООО «Стратегия НК», Екатеринбург; АО «НИИ интроскопии МНПО «Спектр», Москва; НПП «Ультратест», Обнинск; АО «ВНИКТИ Нефтехимоборудование», Волгоград; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого; Санкт-Петербургский горный университет; АО «Махам-Chirchiq», Чирчик, Узбекистан; Курская АЭС-2; АО «Атомстройэкспорт»; АО «НИЦ «Строительство», Москва; ЗАО «ГИАП-ДИСТ ЦЕНТР», Москва; АО «НПЦ «Молния», Химки; НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва.

На заседании рассматривались следующие вопросы:

1. Применение метода АЭ при техническом диагностировании и освидетельствовании технологических трубопроводов в связи с принятием ФНП «Правила безопасной эксплуатации технологических трубопроводов», разделы V.IV – V.VI (Н.Н. Колоколова, НПП «Ультратест», Обнинск).
2. АЭ-мониторинг твердения бетонов. Импортозамещение в современных условиях (А.И. Сагайдак, АО «НИЦ «Строительство», Москва).
3. АЭ-мониторинг бетона в раннем возрасте (Е.С. Боровкова, Полоцкий государственный университет).
4. Внедрение АЭ в АО «Махам-Chirchiq» химической промышленности Республики Узбекистан (Н.Ш. Нуриллаев, АО «Махам-Chirchiq», Чирчик, Узбекистан).
5. АЭ-диагностика. Цели и результаты (В.И. Иванов, АО «НИИ интроскопии МНПО «Спектр», Москва).
6. Разное.

Вел заседание председатель ОЭС АЭ С.В. Елизаров. Он отметил, что Объединенный экспертный совет обретает международный статус, и в данном заседании участвуют и выступают с докладами коллеги из Беларуси и Узбекистана.

1. Применение метода АЭ при техническом диагностировании и освидетельствовании технологических трубопроводов в связи с принятием ФНП «Правила безопасной эксплуатации технологических трубопроводов», разделы V.IV – V.VI

В своем сообщении Н.Н. Колоколова отметила, что метод АЭ нашел широкое применение в промышленности для технического диагностирования (ТД) сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов. Созданный в 1996 г. Экспертный совет по АЭ занимался последовательной гармонизацией действующих правил безопасности в части применения метода АЭ. В ФНП «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» в технически обоснованных случаях предусмотрена возможность снижения величины испытательного давления вплоть до максимального рабочего, а также использование газообразной рабочей среды в качестве нагружающей. Метод АЭ обеспечивает безопасность этих испытаний и диагностирование оборудования.

При вводе ФНП «Правила безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» (ФНП ПБЭТТ) сужается область применения метода АЭ в промышленности. Этот документ не содержит возможности использовать в качестве нагружающей рабочую среду (разд. V.VI, п. 151) для всех технологических трубопроводов, кроме трубопроводов пара и горячей воды, на которые распространяется действие ФНП ПБЭТТ. В такой формулировке п. 151 ФНП ПБЭТТ становится невозможным проведение пневматических испытаний неразъемных технологических линий рабочей средой с контролем методом АЭ.

Остается непонятной область применения ФНП ПБЭТТ в отношении технологических трубопроводов аммиачно-холодильных установок (АХУ), на которые распространяются ФНП «Правила безопасности химически опасных производственных объектов» (ПБХОПО). Отсутствие технологических трубопроводов АХУ в п. 5 ФНП ПБЭТТ, содержащем перечень объектов, на которые не распространяется действие данного ФНП, ставит под сомнение легитимность применения п. 619 ФНП ПБХОПО, допускающего использование газообразного аммиака при испытании аммиакотрубопроводов АХУ.

Кроме того, третий абзац п. 135 ФНП ПБЭТТ содержит неоднозначную формулировку, которую

по-разному могут трактовать стороны: организации, применяющие этот метод, и надзорные органы, так как одновременно содержит требование обязательного применения метода АЭ и возможность его не применять.

Таким образом, по этому документу пневматические испытания всех технологических трубопроводов, которые находятся в действующих цехах или на эстакадах, в каналах или лотках рядом с другими действующими технологическими трубопроводами, а также являющиеся частью технологических блоков, можно проводить без АЭ-контроля. Из-за того что не разрешается использовать в качестве нагружающей среды рабочее тело, становится непонятно, каким образом будет проводиться ТД аппаратов множества технологических блоков, проведение испытаний которых по-другому невозможно.

При таких неоднозначных формулировках ФНП ПБЭТТ метод АЭ теряет свое преимущество и, по сути, перечеркивает содержание п. 190 ФНП ПБОРПД. Докладчик предложил направить от ОЭС АЭ обращение в Ростехнадзор с предложениями по внесению изменений в ФНП, и отметил, что готов в ближайшее время прислать проект на обсуждение членам ОЭС.

С.В. Елизаров предложил обратиться от имени РОНКТД в Ростехнадзор с просьбой рассмотреть возможность корректировки ФНП.

2. Акустико-эмиссионный мониторинг твердения бетонов. Импортзамещение в современных условиях

А.И. Сагайдак сообщил о разработанной методике, позволяющей, применяя метод АЭ, контролировать нарастание прочности бетона, прогнозировать прочность бетона, а также проводить ТД строительных конструкций, доступ к которым практически невозможен или отсутствует. Объектом АЭ-контроля являются здания и сооружения. В рамках программы импортзамещения совместно с компанией «ИНТЕРЮНИС-ИТ» планируется выпуск приборов, которые позволят оценивать влияние добавок на свойства бетона. В ходе дискуссии Н.Н. Колоколова и В.В. Носов предложили использовать подобную методику для контроля конструкционной керамики.

3. АЭ-мониторинг бетона в раннем возрасте

Е.С. Боровкова сообщила, что метод АЭ позволяет регистрировать активность бетона на стадии структурирования. С помощью графиков зависимости амплитуды, суммарного счета, суммарной энергии от времени при контроле в течение 2 сут можно выделить три основных этапа гидратации: растворение, схватывание и кристаллизацию. По моментам начала и длительности каждого периода можно определить параметры

бетона: время схватывания бетона, распалубочную прочность бетона, а также прогнозировать прочность бетона на нормативный срок. В ходе дискуссии, в которой участвовали Н.Н. Колоколова, А.А. Сазонов и В.Ф. Переславцева, обсуждались вопросы влияния частотного диапазона, температуры окружающей среды и достоверности прогноза прочности в случае неравномерного набора прочности.

4. Внедрение АЭ-метода в АО «Махам-Chirchiq» химической промышленности Республики Узбекистан

Н.Ш. Нуриллаев сообщил о применении метода АЭ в Техническом центре по НК в АО «Махам-Chirchiq» химической промышленности Республики Узбекистан. Технический центр, основанный в 1977 г., использует АЭ-комплексы A-Line. Специалисты по АЭ проходили обучение, аттестацию и сертификацию в НУЦ «Качество» и НУЦ «Сварка и контроль» при МГТУ им. Н.Э. Баумана.

С 2010 по 2022 гг. проведен АЭ-контроль более 160 сосудов и аппаратов (ресиверы для хранения воздуха и азота; водяные скрубера; хранилище для жидкого аммиака и азотной кислоты; адсорбера; сероочистные аппараты; конвертор для получения двуоксида углерода; железнодорожные цистерны для перевозки химической продукции и т.д.). В августе 2022 г. проведено ТД подземного газопровода с рабочим давлением 12 кг/см² (1,2 МПа).

На пяти объектах в ходе УЗК обнаружены расслоения основного металла: в хранилище жидкого аммиака, водяных скруберах, емкости для жидкого аммиака. До применения метода АЭ дефекты в виде расслоений основного металла подвергались ремонту. АЭ-контролем выявлено, что подобные дефекты не развиваются, и по согласованию с Госкомпромбезом принято решение о дальнейшей эксплуатации этих объектов без проведения ремонта. Каждые два года проводится АЭ-контроль этих объектов.

Главные специалисты и подрядные организации поначалу не доверяли АЭ-методу, особенно при обнаружении дефектов на новых объектах. Убедившись в наличии развивающихся дефектов, подтвержденном другими методами НК, руководство изменило свое отношение к применению метода АЭ. При контроле хранилища жидкого аммиака методом АЭ была обнаружена трещина длиной 1100 мм. После этого Госкомпромбез составил списки хранилищ азотной кислоты, жидкого аммиака, которые подлежат АЭ-контролю.

В Узбекистане приняты стандарты EN. Из-за отсутствия НТД по методу АЭ по требованию Госкомпромбеза совместно с производителем АЭ-аппаратуры была разработана и утверждена «Рабочая методика проведения акустико-эмиссионного



Н.Ш. Нуриллаев

контроля сосудов, котлов, аппаратов и технологических трубопроводов на ОПО, подконтрольных Государственному комитету промышленной безопасности Республики Узбекистан», которая основана на ПБ 03-593–03 и включает ряд пунктов из EN 13554 и EN 14584.

В дискуссии, в которой приняли участие А.Н. Раметов, В.И. Иванов и Н.Н. Колоколова, обсуждались вопросы согласования требований европейских и российских стандартов по АЭ, а также особенности проведения АЭ-контроля подземного газопровода, конвертора оксида углерода, сероочистных аппаратов с катализатором, принято решение разослать членам ОЭС АЭ «Рабочую методику».

5. АЭ-диагностика. Цели и результаты

Почетный председатель ОЭС АЭ В.И. Иванов в своем докладе сообщил о развитии метода АЭ в нашей стране. Докладчик обратил внимание на то, что раньше для других методов НК использовались строгие нормы браковки, что часто приводило к перебраковке, и только применение метода АЭ позволяло в ряде случаев определить, что некоторые дефекты не опасны и объекты можно продолжать эксплуатировать. Развитие других методов НК, а также методик расчета прочности привело к тому, что к настоящему моменту с их помощью можно рассчитывать вероятность разрушения объекта с дефектами, в результате могут оказаться допустимыми дефекты весьма большого размера. Таким образом, метод АЭ может уступать традиционным методам НК. В связи с этим перед специалистами по АЭ-методу встает задача связать классы источников акустической эмиссии с вероятностью разрушения объекта.

В развернувшейся дискуссии, в которой приняли участие В.В. Носов и Н.Н. Колоколова, обсуждались различные подходы к неопределенности результатов АЭ-диагностирования, достоверности метода АЭ, возможность расчета вероятности раз-



рушения дефектов по данным АЭ-диагностирования для источников разных классов, необходимость объединения усилий специалистов для решения данной задачи, начав с источников III и IV классов опасности.

6. Разное

С.В. Елизаров, по просьбе коллег из компании «НТЦ «Эгида», объявил, что следующая конференция по АЭ планируется в 2024 г. в Самаре на базе Самарского государственного технического университета, предложил провести на конференции круглый стол по поднятой теме достоверности метода акустической эмиссии.

Также С.В. Елизаров сообщил о прошедшем 25 октября 2022 г. заседании ТК371 ПК9 «Акустическая эмиссия», на котором руководитель ПК9 рассказал, как обстоят дела с пятью стандартами, которые уже находятся на обсуждении в ТК371. По мнению руководителя ПК9, при разработке стандарта ГОСТ Р ИСО 12716 «Контроль неразрушающий. Акустико-эмиссионный контроль. Термины и определения» следует сначала обсуждать только перевод, затем отдельно Приложение ДА с ответственными терминами. Проекты по аппаратуре и три стандарта по бетону оказались оформленными не в соответствии с действующими правилами, руководство ТК371 помогло оформить один из этих стандартов, остальные планируется оформить по образцу и снова направить в ТК371. В ходе развернувшейся дискуссии, в которой приняли участие В.И. Иванов и А.И. Сагайдак, обсуждался положительный опыт налаженных процедур выпуска стандартов в других ТК за счет средств разработчика с предложением внедрения данного опыта.

А.Г. Комаров сообщил, что разработанный организациями ВНИКТИнефтехимоборудование и «ИНТЕРЮНИС-ИТ» документ «А-Line. Выполнение акустико-эмиссионного контроля. Практическое руководство», представленный на конференции «АПМАЭ-2021», был доработан. Планируется оформить его в виде книги в бумажном и электронном виде. Докладчик отметил, что АЭ-диагностирование является весьма сложным и требует знаний в различных областях техники, поэтому его практическое применение не всегда корректно, особенно когда диагностирование вы-

полняют специалисты низкой квалификации. В документе приведены рекомендации по проведению корректного диагностирования. В руководстве даны основные значимые положения документов ПБ 03-593–03, ASTM E569, стандартов EN. Документ предназначен в первую очередь для работы с системами А-Line, но на 70 % применим и с другими системам. В развернувшейся дискуссии, в которой приняли участие Н.Н. Колоколова и В.И. Иванов, была отмечена актуальность такого документа, поддержана идея опубликовать его в виде книги, также предложено принять его в качестве стандарта организации, чтобы и разработчики, и другие организации по согласованию с ними могли пользоваться этим документом и ссылаться на него.

А.Г. Андреев сообщил, что на информационном портале его организации, занимающейся обучением методам НК и аттестацией персонала, появилась «Азбука неразрушающего контроля», где в разделе «Акустическая эмиссия» в свободном доступе находится краткий обзор «Акустико-эмиссионный контроль», фрагмент учебного фильма, книга С.И. Буйло «Физико-механические, статистические и химические аспекты акустико-эмиссионной диагностики» и проект стандарта ГОСТ Р ИСО 12716 «Контроль неразрушающий. Акустико-эмиссионный контроль. Термины и определения».

А.А. Сазонов сообщил, что работа по утверждению новой версии ПБ 03-593 приостановлена до выхода нового федерального закона по промышленной безопасности.

В заключение ОЭС АЭ принял решение

1. Предложено Н.Н. Колоколовой составить обращение с конкретными предложениями по внесению изменений в ФНП «Правила безопасной эксплуатации технологических трубопроводов», после чего направить обращение от ОЭС АЭ в Ростехнадзор.
2. Предложено провести следующую Всероссийскую конференцию с международным участием «Актуальные проблемы метода акустической эмиссии» (АПМАЭ) в 2024 г. в г. Самаре на базе Обособленного подразделения ООО «Научно-технический центр «Эгида» с привлечением ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».
3. Предложено объединить усилия специалистов в области метода акустической эмиссии для решения задачи расчета вероятности разрушения для источников акустической эмиссии разных классов опасности, а также провести круглый стол по данной задаче в рамках следующей конференции АПМАЭ.