

# ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА ФОРУМА «ТЕРРИТОРИЯ NDT 2024»

## ОТЧЕТЫ ПО КРУГЛЫМ СТОЛАМ (продолжение)\*



## МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ УМНЫХ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ

**ЗОРИН Александр Евгеньевич,**  
д-р техн. наук, ФГБОУ ВО «УГТУ», Ухта

В круглом столе приняли участие ведущие компании, занимающиеся производством оборудования для мониторинга, оказывающие услуги по его интеграции на различных объектах, использованию и обслуживанию, а кроме того, представители организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты.

Открыл работу круглого стола президент РОНКТД профессор В.А. Сясько. В своем докладе он представил технико-экономический анализ целесообразности внедрения систем мониторинга состояния различных промышленных объектов.



*В.А. Сясько*

\* Начало см. «Территория NDT», 2024, №2, с. 20–29.

Кроме того, в докладе рассмотрены перспективные разработки для стационарного непрерывного мониторинга не только параметров эксплуатации конструкций, но и их дефектности.

М.А. Волчков (ООО «НТЦ «Комплексные системы мониторинга», Санкт-Петербург) поделился опытом внедрения систем непрерывного автоматизированного мониторинга зданий и сооружений на промышленных объектах «Арктик СПГ-2» и ПАО «ГМК «Норильский никель». В докладе отмечены преимущества, получаемые эксплуатирующей организацией, от внедрения подобных систем мониторинга, а также проблемные вопросы, затрудняющие их широкое внедрение.

Д.В. Рубанов (АО «РОТЕК Диджитал Солюшнс», Москва) в своем докладе представил разработанную систему сбора и аналитики данных неразрушающего контроля на умных инфраструктурных объектах «ПРАНА». Система может быть оснащена широким спектром датчиков и инструментов для контроля условий эксплуатации объектов (температуры, вибрации, давления и т.д.), имеет блок сбора и обработки данных, а также блок аналитики, позволяющий выполнять оценку технического состояния анализируемой конструкции и выдавать рекомендации эксплуатационным службам на основании имеющегося реестра признаков дефектов, отказов и неисправностей.

И.В. Разуваев (АО «НПО «Алькор», Дзержинск) проанализировал практические аспекты мониторинга состояния резервуарных парков с использованием комплекса интегрального мониторинга «Ресурс-2000». В докладе отмечена необходимость расширения спектра определяемых параметров, верификации данных мониторинга и разработки на основании полученных результатов эффективных компенсирующих мероприятий.

М.М. Адмакин (ООО «Газнегоэкспетиза») рассказал о возможностях адаптации создаваемых систем мониторинга под специфику эксплуатации различных площадных и протяженных объектов. На уровне измерительных подсистем они могут быть оснащены разнообразными средствами для высокоточного контроля целостности, пространственного положения, деформации, температуры, вибрации и т.д. На уровне расчетной подсистемы выполняется комплексная оценка взаимного влияния параметров на контролируемый объект в рамках нормативных расчетов и численного моделирования. И на выходе автоматизированное рабочее место позволяет оператору в режиме реального времени видеть данные прямых измерений, а также использовать широкий набор инструментов по их обработке и анализу для принятия эффективных управляющих воздействий.



Ведущий круглого стола А.Е. Зорин

Н.А. Заплаткин (ООО «ГК «ИНТРАТУЛ», Санкт-Петербург) представил систему промышленного мониторинга «ИНТРАВИЗОР», реализующую непрерывный тепловизионный мониторинг внешнего и внутреннего контуров различных установок. В докладе отмечены области эффективного использования представленной системы, ее основные технические характеристики, а также проблемные вопросы, препятствующие внедрению подобных систем.

В заключительном докладе А.Е. Зорин (ФГБОУ ВО «УГТУ», Ухта) рассмотрел перспективные технологии мониторинга опасных производственных объектов. Отдельно была отмечена необходимость оперативной неразрушающей оценки фактическо-



Вопрос из зала

го состояния и механических свойств металла конструкций. Для этой цели может быть эффективно использована технология на базе диагностического комплекса MicroLab-Z2, позволяющая получить ключевые химические, структурные и деформационные параметры строения металла, определяющие любые его механические свойства. Также отмечена перспективная технология определения напряженно-деформированного состояния трубопроводов на базе датчиков пространственного положения.

В ходе дискуссии участники круглого стола сошлись на актуальности и перспективности развития технологий мониторинга состояния опасных производственных объектов. При этом основными проблемами, сдерживающими это развитие, являются: отсутствие нормативно-технического и метрологического обеспечения систем мониторинга, отсутствие запланированных затрат на их эксплуатацию, обслуживание, ремонт и поверку, отсутствие единых подходов к обследованию объектов.

## ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ СТАНДАРТЫ КАК ОСНОВА КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ВЫПУСКНИКОВ ОРГАНИЗАЦИЙ ВЫСШЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ



**ФЕДОРОВ Алексей Владимирович**,  
д-р техн. наук, Университет ИТМО, Санкт-Петербург

В круглом столе приняли участие представители Луганского государственного университета (ЛГУ) им. В. Даля, Ижевского государственного технического университета им. М.Т. Калашникова (ИжГТУ им. М.Т. Калашникова), Национального исследовательского университета «МЭИ» (Москва), Университета ИТМО (Санкт-Петербург), Санкт-Петербургского горного университета, Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (Екатеринбург), Сибирского государственного университета путей сообщений СГУПС (Новосибирск), Санкт-Петербургского автомеханического колледжа, ВНИИМ им. Д.И. Менделеева (Санкт-Петербург), АО «НИИИИН МНПО «Спектр» (Москва), ООО

«Головной аттестационный центр Межрегиональный НАКС» (Москва), учебного центра ООО «Интеграция плюс» (Санкт-Петербург).

Перед открытием работы круглого стола его модератор, профессор факультета СУиР Университета ИТМО Алексей Владимирович Федоров, кратко остановился на современных тенденциях и вызовах развития высшего и профессионального образования в Российской Федерации, отметил, что проведение круглого стола по данной проблематике стало хорошей традицией форума и предложил провести его заседание в формате живого, конструктивного диалога.

Проректор по научной работе ЛГУ им. В. Даля д-р техн. наук, профессор Вадим Владимирович Мирошников выступил с докладом «Практическая подготовка студентов в области НК и ТД в ЛГУ им. В. Даля», в котором сообщил, что подготовка бакалавров и магистров по направлению 12.03.01, 12.04.01 «Приборостроение» специальности «Ме-



*В.В. Мирошников*



Обсуждение доклада



Ю.С. Андреев



В.В. Муравьев



М.А. Прилуцкий

тоды и приборы контроля качества и диагностики» имеет практико-ориентированное направление. Практическая подготовка студентов осуществляется со второго курса на предприятиях города. Во время прохождения практики студенты проходят полный цикл подготовки – от рабочего, помощника дефектоскописта непосредственно в цехах промышленного предприятия до сотрудника заводской лаборатории, где студент овладевает навыками подготовки и настройки приборов НК. За время прохождения практики студент приобретает опыт и закрепляет теоретические знания в области НК, и, что самое главное, он получает опыт работы, достаточный для прохождения аттестации по НК. Присвоение студенту квалификационного уровня по НК является мощнейшим стимулирующим фактором продолжать работу по выбранному направлению деятельности, а работодатель приобретает специалиста, готового практически сразу включиться в практическую работу. При этом снижается психологическая неопределенность выпускника, поступившего на работу на предприятие, которому приходится на протяжении полугода, а то и года продолжать обучение и опять

сдавать экзамен, чтобы приступить полноценно к самостоятельной работе.

В обсуждении доклада принял участие президент РОНКТД, профессор кафедры теоретической метрологии ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, д-р техн. наук Владимир Александрович Сясько. Он отметил необходимость рассмотрения возможности учета срока прохождения практики студентами в качестве производственного стажа в области НК.

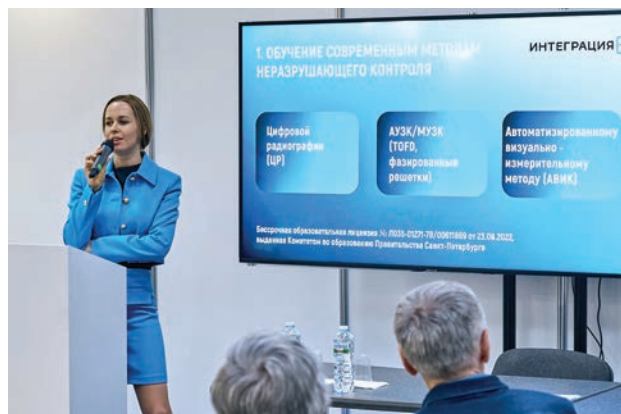
С поддержкой данной инициативы выступил генеральный директор АО «НИИИМ МНПО «Спектр» канд. техн. наук Денис Игоревич Галкин.

Заместитель декана факультета систем управления и робототехники Университета ИТМО канд. техн. наук, доцент Юрий Сергеевич Андреев в своем выступлении остановился на специфике подготовки бакалавров и магистрантов по укрупненным образовательным программам. В выступлении был отмечен переход к формированию образовательных программ, которые включают в себя различные направления подготовки, а также важность формирования компетенций в области создания и использования цифровых технологий и со-

временного оборудования в промышленном производстве на всех этапах жизненного цикла продукции. Также он отметил, что в Университете ИТМО создан и начал работу учебно-научно-производственный центр «Цифровые промышленные технологии».

Профессор кафедры диагностических информационных технологий Национального исследовательского университета «МЭИ», д-р техн. наук Валерий Павлович Лунин задал уточняющие вопросы по укрупненным образовательным программам, а также отметил, что формат является перспективным. Дополняя профессора В.П. Лунина, профессор В.А. Сясько отметил, что студенты, проходящие практику, должны иметь возможность получать документы, которые могут быть зачтены в необходимый стаж работы по профессии, учитываемый при аттестации специалистов для выполнения работ по НК.

Заведующий кафедрой «Приборы и методы измерений, контроля, диагностики» ИжГТУ им. М.Т. Калашникова д-р техн. наук, профессор Виталий Васильевич Муравьев выступил с докладом «Проблемы подготовки в бакалавриате и в магистратуре ИжГТУ им. М.Т. Калашникова», в котором выразил обеспокоенность слишком высоким процентом отчисляемых студентов в связи с неуспеваемостью и задолженностями на 2-м и 3-м курсах бакалавриата. Данная проблема не решается, несмотря на регулярную индивидуальную работу со студентами и их родителями. В качестве одной из причин докладчик указал низкий уровень подготовки по физике в средней школе. Неуспеваемость в магистратуре связана, как правило, с отсутствием мотивации студентов, работающих на предприятиях на полную ставку. Виталий Васильевич также отметил, что студенты ИжГТУ им. М.Т. Калашникова



Л.А. Юрченко

имеют возможность пройти сертификацию в экзаменационном центре по неразрушающему контролю, который является внебюджетным структурным подразделением университета.

Заместитель директора ООО «Головной аттестационный центр Межрегиональный НАКС» канд. техн. наук, доцент Максим Андреевич Прилуцкий в своем выступлении поднял вопросы, связанные с подготовкой по рабочим профессиям.

В обсуждении данных вопросов принял участие заместитель директора Санкт-Петербургского ГБПОУ «Автомеханический колледж» по учебно-производственной работе Станислав Валентинович Жуков. Станислав Валентинович обратил внимание участников круглого стола на возможности и способность колледжа обучать квалифицированные рабочие кадры по профессии 15.01.36 «Дефектоскопист». Он рассказал о развитии материально-технической базы и оснащении лаборатории неразрушающего контроля. Также докладчик обратил



Коллективное фото участников круглого стола

внимание участников круглого стола на организацию колледжем конкурса профессионального мастерства «Профессионалы» по компетенции «Не разрушающий контроль».

Доцент факультета систем управления и робототехники Университета ИТМО канд. техн. наук Игорь Юрьевич Кинжагулов отметил необходимость широкого привлечения студентов профессионалитета к участию в всероссийских конкурсах РОНКТД «Дефектоскопист» и «Новая генерация».

С вопросами дополнительного профессионального обучения для специалистов I, II уровня радиографического контроля по программе повышения квалификации по цифровой радиографии выступила генеральный директор учебного центра ООО «Интеграция плюс» Любовь Алексеевна Юрченко. Она отметила необходимость обучения современным методам НК, непрерывного обучения после получения высшего и среднего профессионального образования и повышения компетентности опытных специалистов неразрушающего контроля, работающих на современном оборудовании по передовым методам контроля, таким как «Цифровая радиография» (ЦР), ультразвуковой контроль, с применением технологии фазированных решеток (ФАР) и дифракционно-временного метода

(TOFD), а также автоматизированного визуального и измерительного контроля (АВИК).

Все участники круглого стола выразили согласованное мнение о необходимости увеличения и доступности образовательных возможностей, совершенствования подготовки специалистов в области приборостроения и неразрушающего контроля с учетом современных тенденций в науке и технике, расширения лабораторной и учебно-производственной базы. Была отмечена необходимость:

- рассмотрения образовательными организациями с корпоративными партнерами возможности учета срока прохождения практики студентами в качестве производственного стажа в области НК;
- привлечения студентов для стажировки и выполнения исследовательских и проектных работ на кафедрах, производственных предприятиях и в НИИ;
- расширения популяризации профессии на основе всероссийских конкурсов, организуемых и проводимых РОНКТД.

Взаимодействие между вузами, промышленностью, национальными лабораториями, НИИ, федеральными агентствами и профессиональными объединениями должно стать многомерным, многонаправленным и продуктивным.

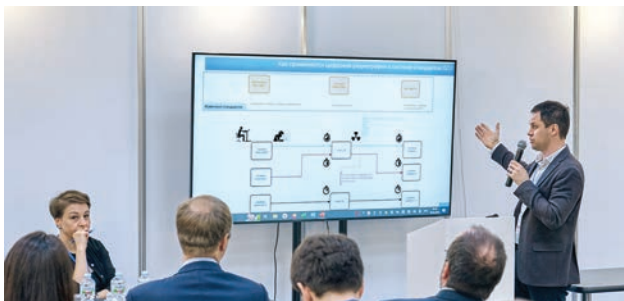
## НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ НА АЭС



**ТИХОНОВ Дмитрий Сергеевич,**  
д-р техн. наук, ООО «НПЦ «ЭХО+», Москва

Круглый стол «Неразрушающий контроль на АЭС» прошел во второй день форума и собрал более 60 специалистов, среди которых были руководители отделов контроля металлов практически всех АЭС РФ, специалисты концерна «Росэнергоатом», головных материаловедческих организаций ГК «Росатом», представители ведущих российских компаний-разработчиков средств НК. На заседании круглого стола было заслушано четыре доклада, и по темам докладов состоялись дискуссии.

Д.И. Галкин (НИИИН МНПО «Спектр», Москва) выступил с докладом «Возможности и обоснование замены пленочной радиографии на цифровую». Доклад «Повышение качества литой заготовки и металлопроката, применяемых для производства оборудования и трубопроводов для предприятий атомной отрасли, за счет применения автоматизированных и роботизированных систем ультразвукового контроля» сделал В.А. Бритвин (ЗАО «Ультракraft», Череповец). Д.С. Тихонов (ООО «НПЦ «ЭХО+», Москва) представил доклад «Новые технологии ультразвукового контроля металла



*Д.И. Галкин*



*Выступает В.А. Бритвин*



*В.В. Панков, обсуждение, вопрос из зала*

ОиТ АЭС с применением антенных решеток в атомной энергетике: цифровая фокусировка антенны». Четвертый доклад состоял из двух частей. С первой частью «Рассеяние нейтронов: уникальные методы для решения прикладных задач неразрушающего контроля и реакторного материаловедения» ознакомил собравшихся А.Ф. Губкин (Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Уральский федеральный университет, ИЕНиМ, АО «Институт реакторных материалов», Екатеринбург). Со второй частью четвертого доклада «Создание системы метрологического обеспечения измерений параметров напряженно-деформированного состояния на базе нейтронной стресс-дифрактометрии» выступил К.В. Гоголинский (ПИАФ НИЦ «Курчатовский институт», Москва).

В первом докладе «Возможности и обоснование замены пленочной радиографии на цифровую» (Д.И. Галкин) рассматривалась важная тема перспектив внедрения методов цифровой радиографии для контроля оборудования и трубопроводов АЭС с учетом действующих в атомной отрасли норм оценки качества металла. В докладе рассмотрены преимущества и недостатки применения цифровых детекторов излучения при радиографическом контроле.

Отмечено, что значения требуемой контрастной чувствительности по ГОСТ ISO 17636-2 существенно отличаются от значений требуемой чувствительности по нормам и правилам, действующим в атомной отрасли НП-084-15 и НП-105-18. В этой связи внедрение цифровой радиографии при изготовлении и эксплуатации оборудования и трубопроводов АЭС потребует разработки специализированных требований к качеству цифровых изображений для обеспечения соответствия информативности цифровых изображений существующим требованиям к качеству и информативности радиографических снимков.

Во втором докладе «Повышение качества литой заготовки и металлопроката, применяемых для производства оборудования и трубопроводов для предприятий атомной отрасли, за счет применения автоматизированных и роботизированных систем ультразвукового контроля» В.А. Бритвин проинформировал участников круглого стола о разработках технологий автоматизированного неразрушающего контроля при изготовлении полуфабрикатов на предприятиях металлургии. ЗАО «Ультракraft» разработаны и внедрены автоматизированные системы ультразвукового контроля листа и плит толщиной до 100 мм, поточного контроля качества листового проката в горячем и холодном состоянии (до 300 °С), труб малого и среднего диаметра (бесшовных, сваренных токами высокой частоты), литых заготовок

(слаб/блуж) и др. Разработаны и внедрены установки автоматического контроля геометрических параметров труб с применением лазерных триангуляционных датчиков, которые обеспечивают выявление отклонений диаметра, овальности, кривизны, параметров сварных соединений, параметров реза и фасок.

Автоматизированный контроль при изготовлении позволяет своевременно выявлять отклонения, допущенные в процессе изготовления полуфабрикатов, документировать результаты контроля металла полуфабрикатов при изготовлении. Ответственный подход поставщика к контролю качества металла при изготовлении позволяет минимизировать поставку потребителю некачественной продукции, что в результате позитивно сказывается на качестве изделий и, следовательно, их надежности.

Специалистами ЗАО «Ультракraft» разработаны и внедрены роботизированные комплексы для контроля качества внутренней структуры композитных материалов, сотовых конструкций, а также адгезии клеевых слоев с монолитными металлическими элементами, применимые также для контроля изделий, выполненных по аддитивным технологиям.

Разработаны и применяются на производстве система измерения геометрии сложных профилей, система измерения среднего размера зерна в листовом прокате и однородности анизотропии механических свойств, система ультразвукового контроля поверхностных дефектов.

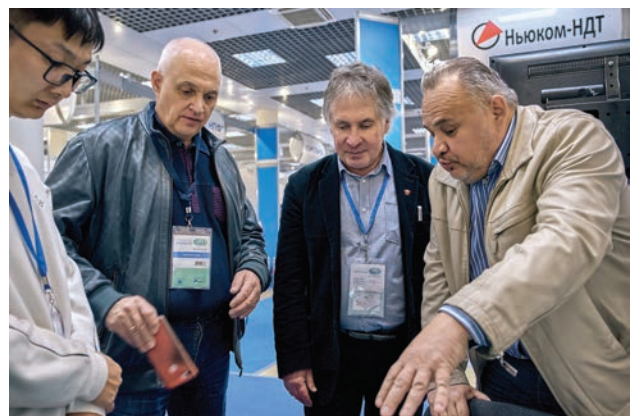
В третьем докладе «Новые технологии ультразвукового контроля металла ОиТ АЭС с применением антенных решеток в атомной энергетике: цифровая фокусировка антенны» (Д.С. Тихонов) представлены действующие технологии автоматизированного ультразвукового контроля (АУЗК) сварных соединений трубопроводов и оборудования АЭС, использующие метод цифровой фокусировки антенных решеток (ЦФА). Показано, что данный метод среди всех методов применения УЗ-антенных решеток является наиболее информативным с точки зрения определения основных параметров дефектов, влияющих на конструктивную прочность объектов контроля, к которым относятся размерные параметры, тип дефекта и его локализация в сварном соединении. Дополнительное преимущество метод ЦФА получает при использовании многомодовой модификации, когда изображение дефекта формируется с помощью различных схем прозвучивания, включая схемы с трансформацией типов волн. Также существенное повышение качества изображений достигается с применением ЦФА со сканированием антенных решеток – ЦФА-2D и ЦФА-3D.



А.Ф. Губкин



К.В. Гоголинский





Рассматривается возможность применения ЦФА при контроле корпуса реактора ВВЭР-1000 в целях повышения надежности выявления и определения размеров вертикально ориентированных дефектов при ограниченной области сканирования. В докладе приводятся примеры эффективного применения метода ЦФА и его модификаций при проведении эксплуатационного контроля на АЭС. Среди этих примеров:

- АУЗК сварных соединений обечаек парогенераторов реакторных установок ВВЭР-1000 и ВВЭР-1200;
- АУЗК сварных соединений приварки главного циркуляционного трубопровода к патрубкам парогенераторов реакторов ВВЭР-1000 и ВВЭР-1200;
- сплошная толщинометрия металла под валиком усиления сварного шва.

Приводятся также примеры применения многомодовой ЦФА при заводском контроле сварных соединений роторов и толстостенных аустенитных сварных соединений оборудования международного термоядерного реактора ИТЭР.

Показана перспективность применения метода ЦФА с учетом расширения области задач контроля, решаемых с помощью АУЗК:

- расширение диапазона толщин при сохранении высокой разрешающей способности;
- выявление плоскостных дефектов при ограниченных области сканирования;
- кардинальное повышение отношения сигнал/шум;
- повышение производительности за счет оптимизации метода ЦФА при использовании прорезанных антенных решеток и нейронных сетей;
- существенный прогресс в повышении точности расчета полей в приближении дифракции Кирхгофа и определении эквивалентной площади по изображениям, полученным методом ЦФА.

Четвертый доклад был посвящен методам, основанным на рассеянии тепловых нейтронов, объединенных общим названием «нейтронография». В первой части доклада «Рассеяние нейтронов: уникальные методы для решения прикладных задач неразрушающего контроля и реакторного материаловедения» (А.Ф. Губкин) представлен обзор использования различных методов нейтронографии для решения задач неразрушающего контроля в области реакторного материаловедения. Успехи в развитии самых передовых направлений современной техники, особенно техники, функционирующей в экстремальных условиях, в значительной степени определяются или лимитируются наличием материалов с требуемыми характеристиками. Достижение последних обеспечивается подбором элементного состава материалов и созданием

в них необходимой кристаллической структуры, микроструктуры и напряженно-деформированного состояния. Для этого необходимо обладание технологиями высокого уровня, само возникновение и реализация которых невозможно без создания методик и технических средств глубокого исследования структурного состояния вещества и напряженно-деформированного состояния. Важное место в полном пакете требующихся при этом исследовательских методик занимают методы нейтронографии.

Вторая часть четвертого доклада «Создание системы метрологического обеспечения измерений параметров напряженно-деформированного состояния на базе нейтронной стресс-дифрактометрии» (К.В. Гоголинский) посвящена развитию метода нейтронографии для контроля параметров напряженно-деформированного состояния (НДС). Отмечено, что в настоящее время в качестве рабочих средств измерений параметров НДС используются ультразвуковые приборы, основанные на методе акустопругости, а также различные типы магнитных приборов, основанные на коэрцитиметрии и шумах Баркгаузена. Эти методы позволяют получать только косвенную информацию. Создание и внедрение первичной референтной методики на базе нейтронной стресс-дифрактометрии, позволяющей напрямую измерять деформацию кристаллической решетки в объеме материала, позволит решить проблему метрологического обеспечения измерений параметров НДС.

НИЦ «Курчатовский институт» и НАН Институт прикладной физики АН Беларуси подготовлено совместное предложение о разработке отдельного научно-технического проекта союзного государства «Создание системы метрологического обеспечения измерений параметров напряженно-деформированного состояния на базе нейтронной стресс-дифрактометрии. Нейтронная метрология». В рамках выполнения данного мероприятия предлагаются:

- разработка метрологической методики по анализу внутренних напряжений материалов с использованием нейтронного излучения;
- формирование проекта установки по анализу внутренних напряжений материалов для ее последующего размещения на базе исследовательского реакторного комплекса ПИК;
- верификация методики с использованием нейтронного излучения и стандартизация подхода к анализу внутренних напряжений в материалах с использованием нейтронного излучения.

Активное, заинтересованное обсуждение докладов подтвердило актуальность поднятых на круглом столе вопросов. ■