

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА ФОРУМА «ТЕРРИТОРИЯ NDT 2025» (продолжение)*

ИННОВАЦИИ В НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ И МОНИТОРИНГЕ СОСТОЯНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И КАЧЕСТВА. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

В рамках деловой программы форума «Территория NDT 2025. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика» состоялся круглый стол «Инновации в неразрушающем контроле и мониторинге состояния для повышения безопасности и качества. Состояние и перспективы развития». Открыл заседание круглого стола **Владимир Александрович Сясько**, президент РОНКТД.

Далее с докладом «Мониторинг состояния статического оборудования: состояние и перспективы развития» выступил инициатор и ведущий круглого стола, д-р техн. наук, руководитель проекта ООО «Константа» **Олег Александрович Рыбин**. В докладе отмечено, что «одним из подходов решения задачи снижения эксплуатационных затрат собственников опасных производственных объектов является переход на обслуживание активов по состоянию. Однако существующие сейчас преимущественно ручные способы контроля имеют ряд ограничений: выполняется в основном выборочный контроль и не проводятся измерения 100 % основного металла элементов технологического оборудования; невозмо-

жен контроль участков, где доступ к точкам контроля оператору затруднен или ограничен; требуется значительный объем подготовительных работ, а в некоторых случаях остановка технологического процесса. Основным ограничением ручных и автоматизированных средств контроля являются затраты на подготовку оборудования к проведению диагностических работ, которые могут существенно превышать стоимость самих диагностических работ.

Одним из способов решения проблемы является внедрение систем мониторинга состояния оборудования. Согласно существующим нормативным документам, системы мониторинга устанавливаются на оборудование первой и второй категорий, внезапный отказ которого может привести к техногенной аварии (взрыву, пожару), жертвам и/или снижению технико-экономических показателей производства. Однако внедрение систем мониторинга на опасных производственных объектах носит рекомендательный характер. При этом многочисленные примеры зарубежной практики показали, что системы мониторинга стационарного



а)



б)



в)

Рис. 1. Одноканальный ПЛМ (а) и многоканальный (до 16 каналов) ПЛМ (б, в)

* Начало см. «Территория NDT», 2025, № 2, с. 14–23, «Территория NDT», 2025, №3, с. 4–14.

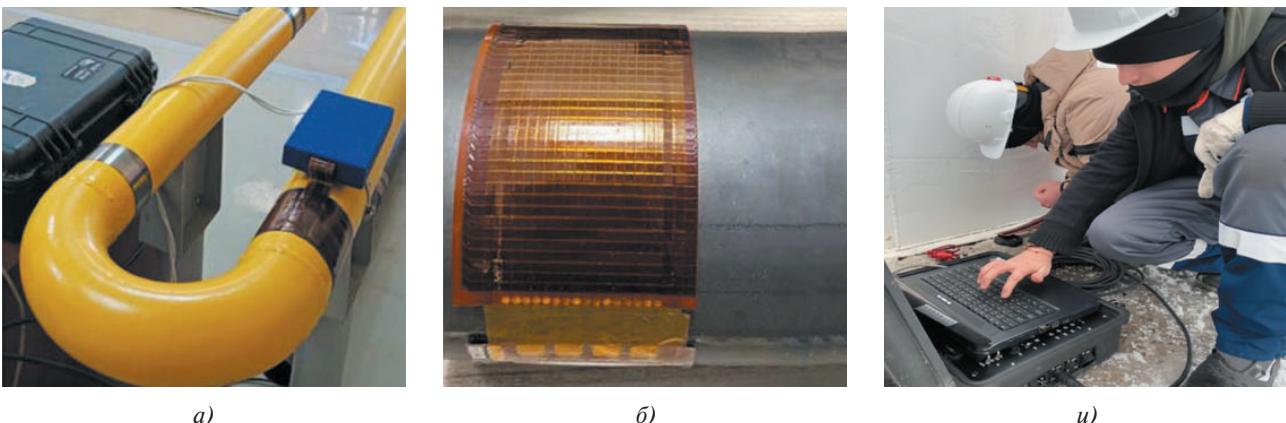


Рис. 2. Магнитострикционный преобразователь ПВМ, установленный на трубопроводе (а, б) и резервуаре (в)

оборудования опасных производственных объектов позволяют повысить безопасность ОПО, снизить затраты эксплуатирующих организаций и проводить контроль объектов, не доступных для ручного контроля.

Согласно глобальному прогнозу рынка на 2020 – 2035 гг. Inkwood Research, семь мировых держав (США, Великобритания, Германия, Китай, Индия, Корея, Япония) определили мониторинг состояния конструкций (SHM) стратегическим направлением развития промышленности до 2035 г. наряду с роботизацией, интернетом вещей и искусственным интеллектом. Учитывая общую тенденцию мирового рынка, ожидаемый среднегодовой темп роста мирового рынка мониторинга составит 25,09 % в течение пяти лет, а выручка к 2030 г. достигнет 30 264,69 млн долларов США.

Согласно тенденциям развития отечественного рынка, внедрение систем мониторинга сохраняет «осторожную» положительную динамику. Ожидается, что сегмент услуг будет расти с высоким среднегодовым темпом около 17,57 % в течение пяти лет.

В ряде публикаций отмечается, что внедрение систем мониторинга в совокупности с программным обеспечением оценки технического состояния позволяет уменьшить количество поломок оборудования в среднем на 30–35 %, сократить расходы на его обслуживание на 10–20 %, уменьшить время простоя в диапазоне от 30 до 50 %, а также снизить объемы реактивного (внепланового) обслуживания на 10 – 44 %. Ожидаемый среднегодовой темп роста мирового рынка мониторинга составит 25 % в течение ближайших пяти лет. Отечественный рынок систем мониторинга сохраняет «осторожную» положительную динамику. При этом ожидается, что сегмент услуг будет расти с высоким среднегодовым темпом роста около 17 % в течение ближайших пяти лет.

Одним из направлений развития систем мониторинга является коррозионный мониторинг состояния трубопроводов, сосудов и аппаратов, работающих под давлением. К развитию предлагается аппаратно-программный комплекс, включающий ультразвуковые приборы локального мониторинга (ПЛМ) (рис. 1), ультразвуковые приборы волноводного мониторинга (ПВМ) (рис. 2), приборы акустико-эмиссионного мониторинга (ПАЭМ), а также программное обеспечение для оценки технического состояния и остаточного ресурса сосудов результатов с выдачей заключений по остаточному ресурсу.

ПЛМ осуществляют изменения утонения (скорости коррозии) стенки классическим ультразвуковым эхометодом толщинометрии стенки под ПЭП (измерение остаточной толщины и определение скорости коррозии металла стенки). Приборы изготавливаются в одноканальном и многоканальном исполнении (см. рис. 1).

ПВМ предназначены для обнаружения и идентификации таких видов аномалий, как: несплошности металла, коррозионные и эрозионные дефекты, задиры, расслоения, гофры, непровары, трещины с раскрытием, отслоение изоляции, внутритрубные отложения. Способ контроля – эхоимпульсный волноводный с применением магнитострикционных преобразователей (см. рис. 2). Дальность контроля составляет 10 м вправо и влево от преобразователя. Минимальные размеры дефектов – 1 % от площади сечения; разрешающая способность по дальности – 2 % от расстояния.

Особая роль отводится программному комплексу оценки технического состояния и остаточного ресурса оборудования промышленных предприятий на основе цифровых двойников, который предназначен для автоматизации процессов, связанных с оценкой технического состояния, расчетами параметров прочности и остаточного ресурса

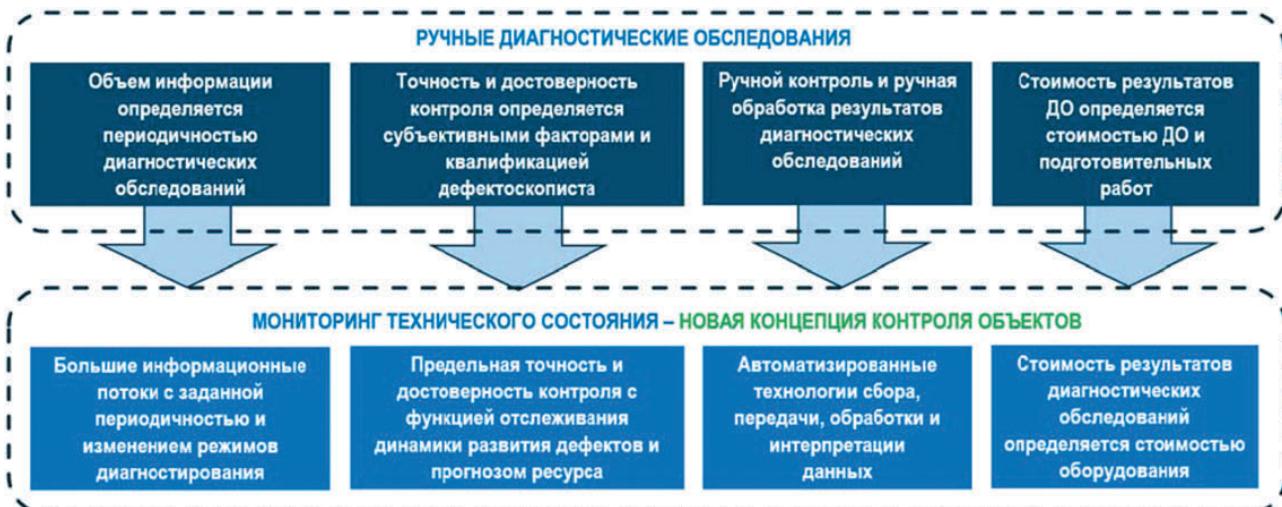


Рис. 3. Концепция трансформации ручной системы диагностических обследований в системы мониторинга технического состояния объектов

трубопроводов, элементов трубопроводной обвязки, сосудов и аппаратов, работающих под давлением, а также формирования отчетов. При необходимости система своевременно оповещает аварийные и дежурные службы объектов.

В докладе приведены многочисленные примеры применения систем мониторинга на объектах химических и перерабатывающих производств: участки трубопроводной обвязки объектов переработки газа с преобразователями систем мониторинга, участки трубопроводной обвязки ГРС с преобразователями системы мониторинга, емкостей, сосудов и аппаратов. Представлены перспективы развития и примеры реализации системы коррозионного мониторинга днищ резервуаров и коррозии под опорами трубопроводов.

Показано, что система мониторинга на одном объекте подготовки газа из 45 теплообменных аппаратов и трубопроводной обвязки может заменить 5400 точек ручной толщинометрии. Производительность систем мониторинга составляет 2,5 дня против 32 дней ручного контроля. Экономия на вскрытии и восстановлении изоляционного покрытия может составить 26 % бюджета (материалы) и 22 % бюджета (работы).

В заключении докладчиком представлена концепция трансформации ручной системы диагностических обследований в системы мониторинга технического состояния объектов (рис. 3).

Отмечено, что концепция мониторинга – это новое «революционное» понимание перспектив неразрушающего контроля: с совершенно другими объемами информации, новыми технологиями сбора, передачи, обработки и интерпретации дан-

ных, другими обеспечиваемыми точностями и достоверностями контроля, стоимостями результатов обследований.

С докладом по теме «Актуальные вызовы по экспертизе промышленной безопасности в РФ и пути их преодоления» выступил Иван Викторович Староконь, заведующий кафедрой РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, руководитель комиссии по обеспечению безопасности опасных производственных объектов нефтегазового комплекса Общественного совета Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, канд. техн. наук, доцент.

В докладе отмечено, что одним из направлений в обеспечении промышленной безопасности опасных производственных объектов (ОПО) отводится системам мониторинга технического состояния ОПО.

В этой связи докладчиком выделено несколько важных направлений развития. В частности, отмечена роль страхования ОПО.

1. Сложившаяся в настоящее время система страхования ОПО в РФ не в полной мере удовлетворяет современным требованиям. Необходима разработка новых страховых программ, которые покрывали бы более широкий спектр ущерба, возникшего в результате аварий, включая компенсацию экологического ущерба, потерю от простого оборудования и так далее.
2. Не в полной мере учитывается степень износа и продления сроков эксплуатации оборудования. Страховые премии должны быть дифференцированы и значительно превышать страховые премии для нового оборудования.

Система диагностики и мониторинга технического состояния (СДМ)

Это программно-аппаратный комплекс, предназначенный для метрологически достоверного измерения информативных параметров состояния, вероятностно-статистически обоснованной оценки состояния, автоматического диагностирования в реальном времени на ранней стадии развития неисправностей и выдачи предписаний персоналу по ближайшим неотложным действиям для выполнения комплекса работ по приведению оборудования в адекватное состояние



Снижение вероятности внезапных отказов



Снижение затрат на ТОиР



Снижение затрат от простоев



Планирование ремонтов



Увеличение эксплуатационного ресурса

Повышение достоверности прогнозирования и оценки состояния за счёт применения математически обоснованных моделей и методов принятия решений

Рис. 4

3. Необходимо участие инженерно-технических специалистов страховых компаний на этапах проектирования и эксплуатации ОПО (в том числе в форме диагностического обследования), в оценке рисков и эффективности предпринятых мер безопасности, что позволит в перспективе отказаться от существующей в РФ системы экспертизы промышленной безопасности, которая в некоторых случаях показала себя недостаточно эффективной.

Докладчик рассказал о результатах апробации в Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору прототипа цифрового рабочего места сотрудника, а также о создании личного кабинета субъекта надзора, где важная роль может быть отведена системам мониторинга ОПО. Иван Викторович отметил, что необходимо создать такой паспорт ОПО, в котором в онлайн-режиме можно посмотреть на свое предприятие глазами Ростехнадзора через так называемый цифровой профиль или электронный паспорт объекта. Необходимо разработать электронный паспорт ОПО, в котором содержалась бы вся необходимая информация: проектная, о применяемых ТУ на ОПО, о назначеннем ресурсе, о ремонтах (а также авариях, инцидентах), режимах эксплуатации. Кроме того, в этом паспорте должна быть представлена информация об интегральной оценке уровня ПБ на ОПО и указаны тренды на снижение либо повышение уровня ПБ.

Также докладчик ознакомил слушателей со своим видением роли и места систем дистанционного мониторинга ОПО: «Ростехнадзор планирует выйти с инициативой о введении новой формы надзора «дистанционный мониторинг», в которой

с одной стороны, заложено упрощение, обеспечиваемое электронной системой, а с другой – будет способствовать ужесточению контроля и, соответственно, наказания за дискредитацию информации». Возможно, такое решение лежит в области диверсификации страховых тарифов ОПО. В целом, рассматривая существующие наработки при проведении эксперимента по внедрению системы дистанционного мониторинга, комиссия признает важность достигнутых в настоящее время результатов и подтверждает актуальность развития данного направления. В Ростехнадзоре развитием данного направления занимается Станислав Анатольевич Корчевой. Докладчику было задано много вопросов по теме выступления.

С докладом по теме «Мониторинг безопасности в реальном времени: проблемы и решения» выступил д-р техн. наук, профессор Омского государственного технического университета **Анатолий Петрович Науменко**, эксперт в области автоматизированных систем НК и мониторинга состояния технологического оборудования. Докладчик отметил, что сегодня проблемы обеспечения безопасной эксплуатации технологических систем решаются с помощью систем мониторинга безопасности производств.

Основой систем мониторинга безопасности технологического оборудования опасных производственных комплексов являются системы диагностики и мониторинга технического состояния (рис. 4).

Это программно-аппаратные комплексы, предназначенные для метрологически достоверного измерения информативных параметров состояния, вероятностно-статистически обоснованной оцен-



Рис. 5

ки состояния, автоматического диагностирования в реальном времени на ранней стадии развития неисправностей и выдачи предписаний персоналу по ближайшим неотложным действиям для выполнения комплекса работ по приведению оборудования в адекватное состояние.

Такая система позволит достичь: снижения вероятности внезапных отказов, сокращения затрат на ТОиР, уменьшения затрат от простоев, планирования ремонтов, увеличения эксплуатационного ресурса. Например, системы мониторинга динамического механико-технологического оборудования обеспечивают непрерывный мониторинг технического состояния в РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ по параметрам вибрации, тока потребления электродвигателя, частоты вращения ротора, а также технологическим параметрам функционирующего оборудования (рис. 5).

На основе анализа жизненного цикла производства можно сформировать требования к обеспечению наблюдаемости его состояния и оценки не только опасности его функционирования, но и эффективности экономики производства. На первом этапе используются те или иные способы и средства прогнозирования технического состояния с использованием анализа исходных данных и результатов оценки текущего состояния и диагностирования оборудования. На этапе начальных стадий изнашивания и деградации состояния оборудования применяется ранняя диагностика. При воз-

никновении сложных процессов изнашивания, нелинейных воздействий и взаимодействий деструктивных факторов необходим мониторинг состояния в реальном времени с использованием диагностирования всех узлов и элементов, разрушение которых может привести к отказам, остановке производства, инцидентам и аварийным ситуациям. Данный этап эксплуатации оборудования должен быть поддержан системами противоаварийной защиты.

В докладе отмечается, что в системах мониторинга безопасности технологического оборудования опасных производственных комплексов для оценки состояния оборудования должны использоваться алгоритмы вероятностно-статистических методов принятия решения, что позволит численно оценивать достоверность оценок состояния и вероятности принятия ошибочных решений. Эти алгоритмы должны использовать величины, которые имеют метрологически обоснованные погрешности измерений информативных признаков, подтвержденные сертификацией измерительных каналов. При этом сертификации должны подвергаться все используемые признаки и алгоритмы их выделения.

Такая система обеспечит: снижение вероятности внезапных отказов, сокращение затрат на ТОиР, уменьшение затрат от простоев, планирование ремонтов, увеличение эксплуатационного ресурса. Решение проблем реализации систем мони-

торинга безопасности производств основывается на использовании:

- 1) государственных стандартов в области мониторинга опасных производственных объектов: ГОСТ Р 53563, ГОСТ Р 53564, ГОСТ Р 56233, ГОСТ 32106;
- 2) вероятностно-статистических методов принятия решений при оценке состояния технологической системы или ее элементов;
- 3) автоматизации всех процессов мониторинга с применением систем поддержки оператора по поддерживаемым ими фазам решения задач управления (системы информационной поддержки, поддержки оценки ситуации, принятия и реализации решения);
- 4) высокотехнологичных систем автоматической диагностики, мониторинга и прогнозирования технического состояния динамического и статического оборудования технологических объектов в реальном времени, отвечающих требованиям промышленного интернета вещей.

В настоящее время ООО «ВС инжиниринг» (Омск) проводит промышленные испытания и доводку системы, указанной в п. 4, которая реализует п. 1 – 3.

С докладом по теме «**Эволюция систем мониторинга инженерных конструкций и внедрение гибридных моделей**» выступил коммерческий директор ООО «НТЦ «Комплексные системы мониторинга» **Михаил Александрович Волчков**.

Докладчик отметил, что сегодня компанией обеспечиваются все стадии реализации проектов систем автоматизированного мониторинга инженерных конструкций под ключ (рис. 6).

Основу системы мониторинга составляет Интеллектуальная платформа мониторинга технического состояния и процессов в промышленности, разработанная в рамках реализации федерального проекта «Цифровые технологии» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» при поддержке РФФИТ (Российского Фонда Развития Информационных Технологий, Реестровая запись № 26219 от 27.01.2025 г. в реестре программного обеспечения). Программное обеспечение позволяет обрабатывать показания датчиков, установленных на инженерных сооружениях транспортной инфраструктуры, а также осуществлять процедуры сбора, фильтрации, синхронизации единичной пороговой, трендовой и комплексной аналитики диагностических данных в интеллектуальной платформе технического состояния и процессов в транспортной отрасли и в промышленности.

Докладчиком показано, что в настоящее время системы мониторинга инженерных конструкций основаны на анализе предельных значений изме-

ряемых параметров. Однако такие системы имеют ряд недостатков, ограничивающих их эффективность:

- позднее обнаружение: системы, основанные на предельных значениях, реагируют только тогда, когда параметры (например: напряжение, деформация) достигают критического уровня. Это может привести к позднему обнаружению проблем, когда повреждение уже произошло;
- пропуск ранних признаков: незначительные отклонения или постепенные изменения, которые могут указывать на будущие проблемы, часто игнорируются;
- негибкость: предельные значения часто устанавливаются на основе теоретических расчетов или исторических данных, которые могут не учитывать изменяющиеся условия эксплуатации (например: температурные колебания, нагрузки);
- недостаток данных: если данные поступают с ограниченного числа датчиков, система может не охватывать все критические участки конструкции;
- необходимость экспертного анализа: для интерпретации данных часто требуется участие специалистов, что увеличивает затраты времени и ресурсов;
- отсутствие превентивного анализа: это ограничивает возможность предотвращения аварий до их возникновения;
- отсутствие контекста: система может сигнализировать о превышении предельных значений, но не предоставляет информации о причинах или последствиях.

Михаилом Александровичем обосновано внедрение гибридного моделирования (рис. 7) для автоматизированного мониторинга инженерных конструкций.

В заключении сделаны выводы по применению гибридных моделей мониторинга: эволюция систем мониторинга инженерных конструкций демонстрирует важность адаптации к новым технологиям и требованиям; внедрение гибридных моделей открывает новые возможности для повышения безопасности и эффективности эксплуатации инженерных объектов; ожидается дальнейшее развитие технологий мониторинга, включая использование искусственного интеллекта и машинного обучения для автоматизации анализа данных и предсказания состояния конструкций.

С докладом по теме «**Разработка системы предиктивного мониторинга динамического оборудования с применением сигнатурного анализа токов и напряжений**» выступил канд. техн. наук, руководитель департамента R&D, блока технического развития АО «РОТЕК Диджитал Солюшнс» **Михаил Юрьевич Чернецкий**.



Рис. 6

В докладе отмечено, что несмотря на то что анализ токовых сигнатур для диагностики динамического оборудования известен уже давно, практическое внедрение этого подхода оставалось ограниченным. Ранее существовали барьеры, связанные с высокой стоимостью измерительного оборудования и недостаточной точностью доступных датчиков тока и напряжений. Кроме того, не было эффективных инструментов для обработки больших объемов данных в реальном времени. Сегодня ситуация изменилась. Существенный прогресс в области методов обработки сигналов и машинного обучения сделал возможным более точную и своевременную диагностику. Это открывает путь к построению эффективных предиктивных систем мониторинга, работающих на основе сигнатурных данных.

На российском рынке сегодня в основном представлены системы для измерения токов и напряжений, используемые преимущественно для расчета потребляемой мощности и контроля энергетических показателей. Эти системы работают с низкочастотными сигналами и не предназначены для глубокого сигнатурного анализа технического состояния насосного оборудования. В отличие от зарубежных производителей, где уже появились коммерческие решения для высокочастотного мониторинга и диагностики на основе токовых сигнатур, в России данное направление пока остается слабо-

развитым. Готовых комплексных решений, ориентированных на предиктивную диагностику с использованием высокочастотных данных по току, в стране нет.

В то же время на российском рынке уже доступны качественные и относительно недорогие компоненты для построения подобных систем как в части аппаратной базы, так и в части программного обеспечения. Это создает предпосылки для локальной разработки конкурентоспособных решений и возможность вывести на рынок отечественную систему предиктивного мониторинга. В компании РДС разработана и успешно эксплуатируется програмная платформа «СПиУМ ПРАНА», реализующая систему предиктивного мониторинга оборудования.

Данное программное обеспечение успешно применяется для онлайн-мониторинга нефтехимического и энергетического оборудования, поставляется крупнейшим промышленным предприятиям России. Система обеспечивает надежную передачу данных с оборудования, их безопасное хранение и интеллектуальную обработку в соответствии с актуальными требованиями к промышленной информационной безопасности. В исследовательской лаборатории компании разработаны математические методы обработки сигнатур токов и напряжений, адаптированные для применения в

ВНЕДРЕНИЕ ГИБРИДНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА

- Определение зон, наиболее подверженных деформациям и нагрузкам для установки измерительного оборудования
- Определение критических значений контролируемых параметров, соответствующих изменениям статуса системы мониторинга

СОЗДАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ СООРУЖЕНИЯ

- Построение моделей эталонного состояния с учетом возможных нагрузочных режимов и климатических условий
- Вычисление зависимостей (корреляции) между параметрами модели
- Выбор алгоритмов прогнозирования изменения параметров
- Формирование диагностических правил для определения развивающихся дефектов

СОЗДАНИЕ ХРАНИЛИЩА ДАННЫХ ДЛЯ РАСШИРЕННОЙ АНАЛИТИКИ

- Накопление статистики по данным систем мониторинга
- Верификация и контроль качества поступающих данных
- Расширенная аналитика с учетом результатов автоматизированного мониторинга, результатов натурных обходов и осмотров, инструментального контроля

ИНТЕГРАЦИЯ С ТОИР

- Формирование рекомендаций по обслуживанию и ремонту по данным расширенной аналитики
- Передача мероприятий в систему управления ТОиР
- Контроль качества выполненных мероприятий ТОиР (путем оценки динамики изменения параметров ДО и ПОСЛЕ ремонта)

Рис. 7

задачах диагностики технического состояния.

Проведен анализ и обоснован выбор характеристик датчиков тока и напряжений, а также аппаратной части системы. Разработанная архитектура позволяет интегрировать аппаратные и программные компоненты в единую платформу мониторинга. Сотрудниками компании были проведены практические испытания математических алгоритмов на данных с насосного оборудования и электродвигателях. В ходе тестирования подтверждена возможность выявления широкого спектра дефектов на ранних стадиях развития (рис. 8).

Результаты испытаний показали высокую чувствительность и надежность методов анализа. Дальнейшими шагами являются реализация пилотных проектов и адаптация системы под различные типы оборудования и технологических процессов.

С докладом по теме «Система мониторинга технического состояния как элемент цифрового двойника магистрального газопровода» выступили канд. техн. наук, доцент РГУНиГ им. И.М. Губкина

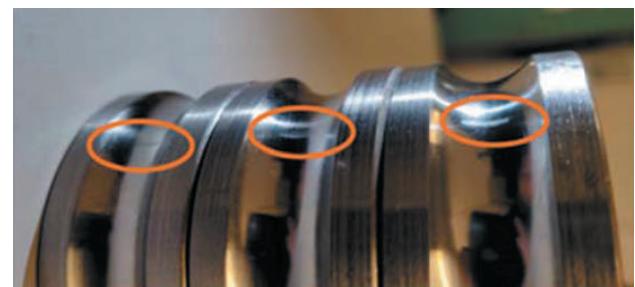
Дмитрий Михайлович Ляпичев и генеральный директор ООО «Газэнергоэкспертиза» Максим Михайлович Адмакин.

В докладе отмечено, что современная газовая промышленность активно внедряет цифровые технологии для повышения эффективности и надежности магистральных газопроводов. Одним из ключевых инструментов цифровой трансформации является создание цифровых двойников – киберфизических систем, которые позволяют моделировать, анализировать и оптимизировать работу реальных объектов на основе данных об их фактическом техническом состоянии.

Докладчиком отмечена роль цифровых двойников в системах мониторинга. Для функционирования цифровых двойников магистральных газопроводов необходим системный сбор и обработка данных о техническом состоянии оборудования и трубопроводов. Наиболее эффективным признан комплексный мониторинг, охватывающий разнородные параметры системы «окружающая среда – газопровод». Такой подход позволяет не только от-



а)



б)

Рис. 8. Дефекты подшипника: а – повреждение внутреннего кольца; б – повреждение внешнего кольца

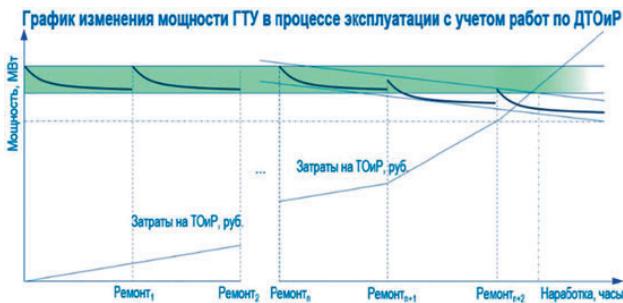


Рис. 9. Модельный график изменения выходной мощности ГТУ

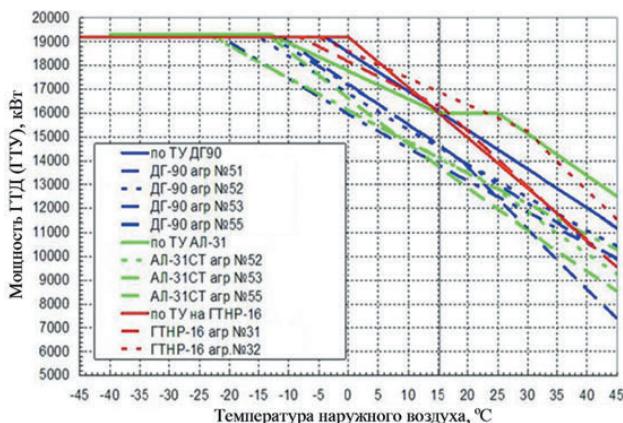


Рис. 10. Графики изменения располагаемой мощности различных ГТУ

следить за состоянием объектов в реальном времени, но и анализировать динамику изменений, что важно для оптимизации работы и обеспечения безопасности.

Докладчиком представлен подход к оптимизации работы и энергоэффективности газотранспортных систем: комплексный мониторинг особенно актуален для повышения энергоэффективности газотранспортных систем. Оптимизация работы газоперекачивающего оборудования невозможна без учета реальных характеристик агрегатов, которые меняются в процессе эксплуатации. Модель изменения мощности газотурбинных установок (ГТУ) иллюстрирует, как техническое состояние влияет на производительность и затраты на обслуживание (рис. 9).

Экспериментальные данные (рис. 10) показывают, что характеристики однотипных агрегатов могут существенно отличаться, что требует индивидуального подхода к мониторингу каждого газоперекачивающего агрегата.

Докладчиком сделаны выводы, что внедрение цифровых двойников возможно только при наличии системного сбора и анализа данных о фактическом техническом состоянии объектов. Комплексный мониторинг является основой для эффектив-



Рис. 11. Акустические камеры Nuton Acoustics и программное обеспечение с функциями искусственного интеллекта

ной цифровой трансформации магистральных газопроводов. Для оптимизации работы и повышения энергоэффективности требуется мониторинг каждого газоперекачивающего агрегата и линейной части трубопровода.

С докладом по теме «Применение российских акустических камер с ИИ в промышленной дефектоскопии» выступила коммерческий директор ООО «Синапс» **Нина Владимировна Нечаева**.

Докладчиком определена проблема современных средств дистанционного мониторинга, заключающаяся в том, что традиционные методы НК (УЗК, ВТК и др.) требуют остановки оборудования, контакта, имеют малую зону контроля и чувствительны к шуму. Невыявленные дефекты ведут к простоям, авариям и рискам. Отмечены ограничения существующих решений: вибродиагностика – точечный контроль, требует датчиков; традиционная акустика – низкая точность локализации, субъективность; импортные акустические камеры – высокая стоимость, риски поставок; визуальные методы – невыявляемость внутренних дефектов.

В качестве решения проблемы предлагаются российские акустические камеры и программное обеспечение с функциями искусственного интеллекта – ИИ (рис. 11). Принцип работы заключается в следующем: микрофонная решетка фиксирует звуковое поле. Алгоритмы (Beamforming, БПФ)

строят «звуковые карты». ИИ (нейросеть) автоматически классифицирует звуки, выделяя сигнатуры дефектов (применимо для NACEx-PU, NAC-PU) на фоне шума. Данные камеры имеют следующие преимущества: бесконтактный дистанционный контроль без остановки оборудования; быстрое сканирование больших площадей и труднодоступных зон; высокая помехоустойчивость (обработка массива); объективность, ранняя диагностика по акустическим сигналам.

Российские решения обеспечивают: импортозамещение: полный цикл в РФ; адаптацию под российское оборудование, климат, стандарты, методики (СТО); специализированный ИИ: обучен на российских промышленных данных для распознавания местных дефектов; оптимизацию цена/качество.

Применение акустических камер Nuton Acoustics позволяет достичь: повышения надежности (снижение простоев, аварий); оптимизации ТОиР (ремонт по состоянию – RCM, сокращение затрат); увеличения ресурса оборудования, повышения безопасности (дистанционный контроль); документирования (акустические карты, отчеты). Перспективы: непрерывный мониторинг, интеграция с цифровыми двойниками, расширение библиотек дефектов для ИИ, новые отрасли.

В процессе дискуссии участники круглого стола сошлись во мнении, что затронутые темы являются актуальными и перспективными.

РЫБИН Олег Александрович, д-р техн. наук, ООО «КОНСТАНТА», Санкт-Петербург



КОНСТАНТА КТ

Портативный
многофункциональный
твёрдомер, реализующий три
стандартизированных метода
измерений – Leeb, UCI и PR

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ D

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ U-50N

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ SPR-A

constanta.ru

