

## **КРУГЛЫЙ СТОЛ "РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ. МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ"**

**МОДЕРАТОРЫ:** Чл.-корр. РАН Н.А. Махутов, д.т.н., проф. В.И. Иванов, В.Г. Харебов.

В соответствии с деловой программой VII Международного промышленного форума «Территория NDT. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика» было запланировано проведение круглого стола "РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ. МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ". Круглый стол по направлению Риск-ориентированное техническое диагностирование стал традиционным и в 2020 г. организовано уже в 6-ой раз. Заседание состоялось 04 Марта 2020 13:00 - 18.00. Модераторы: Чл.-корр. РАН Н.А. Махутов, д.т.н., проф. В.И. Иванов, В.Г. Харебов.

Заседание было проведено по следующей формуле: выступление модераторов и приглашенных экспертов, которые обозначали проблемы по использованию риск-ориентированного технического диагностирования (РО-ТД) для количественной оценки техногенной безопасности опасных технических устройств. Затем - вопросы к докладчикам, после чего каждый доклад был обсужден и в конце каждого доклада и заседания круглого стола были сформулированы предложения по развитию и использованию ТД для обеспечения техногенной безопасности. Обсуждение докладов и сообщений занимало не меньше времени, чем было затрачено на доклады.

В качестве приглашенных экспертов были Пичков С.Н. (АО "ОКБМ Африкантов", г. Нижний Новгород), Гетман А.Ф. (ВНИИАЭС, г. Москва), Лисанов М.В. (ЗАО НТЦ «Промышленная безопасность», г. Москва), Овчинников А.А. (ЗАО «ГИАП-ДИСТцентр», г. Москва), Андреев А.Г. (ООО "НУЦ "КАЧЕСТВО". г. Москва).

Предварительно были сформулированы следующие темы для обсуждения:

- Основные проблемы риск-ориентированного технического диагностирования и задачи использования новых подходов в промышленности.
- Системная концепция прочности: методология, методы, технология, примеры применения.
- Количественные оценки риска аварий на объектах Ростехнадзора.
- Методология обоснования ресурса судовых реакторных установок.
- Использование технического диагностирования при количественной оценке риска аварии на объектах нефтегазового комплекса.
- Внедрение риск-ориентированного подхода и технического диагностирования на предприятиях нефтеперерабатывающей отрасли России.
- Подготовка и аттестация специалистов в области риск-ориентированного технического диагностирования.

Основные проблемы риск-ориентированного технического диагностирования и задачи использования новых подходов в промышленности были рассмотрены в выступлениях модераторов. В частности, Н.А. Махутов перечислил методы и средства контроля, диагностики и мониторинга состояний, прочности, ресурса, живучести, безопасности и рисков критически и стратегически важных объектов. Рассмотрел схему допускаемых и предельных состояний технических устройств. Подробно остановился на структуре потенциально опасных объектов для обоснования и мониторинга рисков.

В сообщении Иванова В.И. было отмечено, что тема текущего круглого стола продолжает направление предыдущих круглых столов, но каждый раз уровень этих мероприятий повышается. Тем более, что текущий круглый стол проводится накануне принятия закона о промышленной безопасности в новой, принципиально отличающейся редакции, в которой акцентировано использование технического диагностирования для

обеспечения промышленной безопасности. Приведена формула оценки риска аварии, и было отмечено, что вероятность разрушения объекта играет существенную роль в оценке риска аварии и в настоящее время развитие оценки этой вероятности основано уже не на статистике, а на расчете, что позволяет производить строго обоснованные количественные оценки. В заключении выступления были сформулированы основные задачи, стоящие в проблеме развития и использования риск-ориентированного подхода при оценке техногенной безопасности.

В докладе Пичкова С.Н. и Шишулина Д.Н. ("ОКБМ Африкантов") основное внимание было уделено методологии обоснования ресурса судовых реакторных установок, используемых на отечественных ледоколах. Рассмотрены составные части определения срока службы оборудования, модель эксплуатации, нагруженность, дефектность информацию о которой получают при выполнении неразрушающего контроля. При прочностных расчетах используются физико-механические свойства материалов, их деградация в процессе эксплуатации. Существенную информацию получают при выполнении базовых экспериментов по определению параметров уравнения состояния, используется также результаты анализа эксплуатационной поврежденности, расчетные коды, базирующиеся на механике деформируемого твердого тела, механизмов разрушения поврежденной среды.

Доклад А.Ф. Гетмана (ВНИИАЭС) посвящен подробному представлению системной концепции прочности (СКП), которая должна быть положена в основу оценки технического риска аварии. СКП включает методологию, методы, технологию, иллюстрированную примерами применения. Докладчик считает, что основной недостаток технологий обеспечения прочности, основанных на концепции допускаемого напряженно-деформированного состояния объекта, заключается в большом расхождении нормативных требований безопасности и фактическими показателями, достигающих 3, 4 и более порядков. Целевой функцией системы СКП определяется уровень прочностной надежности, который должен быть обеспечен данной системой. Для достижения уровня прочностной надежности необходимо применение как новых системных методов, так и традиционных методов исследования и обеспечения прочности.

Проблемы диагностирования объектов атомных станций связаны со сложностью многих конструкций и затрудненным доступом к ним. Так протяженность труб парогенераторов на одном блоке АЭС – более 700 км; при этом визуально снаружи доступна только  $2 \cdot 10^{-5}$  часть труб. Контроль состояния труб ведется только с внутренней стороны трубы с помощью вихретокового зонда.

Применение СКП позволило обосновать возможности эксплуатации компенсаторов объема (КО) на Нововоронежской АЭС с коэффициентами запаса прочности по пределу текучести 0,9 и по пределу прочности 2,2 и его эксплуатация 41 год. При этом была показана возможность снижения коэффициентов запаса прочности по пределу текучести; пределу прочности; пределу усталости; вязкости разрушения на 3 – 10 % без снижения надежности указанных конструкций. ВНИИАЭС разработал методологию по безопасному переходу с 4-хлетнего на 8-милетнюю периодичность эксплуатационного контроля оборудования и трубопроводом для реакторных установок.

Докладчик сформулировал следующие предложения для промышленности.

На основе Системной Концепции Прочности, а также опыта её применения в атомной отрасли и нефтегазовом комплексе:

- Разработать Руководящий Документ обеспечения прочности на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации.

Выполнение РД обеспечит:

- - снижение вероятности разрушения до  $10^{-6}$  и ниже;
- - снижение металлоемкости до 10%;
- - повышение производительности объекта до 7 - 10%.

М. В. Лисанов (Директор Центра анализа риска ЗАО НТЦ ПБ, д.т.н.) сделал доклад на тему «Использование результатов технического диагностирования при количественной оценке риска (КОР) аварии на объектах нефтегазового комплекса». В докладе отмечено, что в настоящее время в рамках внедрения риск-ориентированного подхода в области промышленной безопасности разработан комплекс из более 15 нормативных методических документов в области анализа риска аварий на опасных производственных объектах (ОПО), утвержденных Ростехнадзором и заложенных в программный комплекс ТОКСИ+risk (<https://www.safety.ru/software>). В докладе отмечено, что применяемая на объектах Ростехнадзора количественная оценка риска аварий наиболее эффективна на стадии проектирования ОПО. Она используется для сравнения вариантов проектных решений, размещения объектов, подтверждения критериев допустимого риска и т.д.), т.е. на той стадии, когда техническое состояние объектов не может быть известно в принципе.

Докладчик отметил, что при условии единой исходной информации и выполнения КОР квалифицированными специалистами по нормативным методикам расхождение в расчетах основных показателей риска для большинства нефтегазовых ОПО не превышает половину порядка величины. При этом для обоснованности выводов о безопасности при неполноте информации следует применять консервативные допущения и соблюдать условия выполнения всех требований безопасности, включая требования к квалификации персонала и своевременное диагностирование.

По мнению докладчика, предлагаемые некоторыми специалистами методы расчета вероятностей аварии (разрушения технического устройства) на основе результатов диагностирования представляются неубедительными вследствие отсутствия достоверных моделей перерастания обнаруженных дефектов в трещины определенного размера. В связи со сложностью учета развития дефектов, выявленных при диагностировании оборудования, при проведении КОР для действующих объектов целесообразно использовать балльную оценку влияния факторов результатов диагностирования или поправочных коэффициентов к принимаемой частоте разгерметизации оборудования.

С докладчиком можно согласиться в том, что в случае отсутствия расчетов вероятности разрушения объекта необходимо использовать балльную оценку влияния всех факторов, влияющих на возможность разрушения технических устройств, или поправочных коэффициентов. Но уже есть примеры (которых невозможно найти в RBI, но они присутствуют в НП 084-15) по расчету вероятности разрушения некоторых объектов с использованием размеров дефектов, полученных при использовании неразрушающего контроля и рассчитанными по российским методикам. В этих случаях мы получаем истинную количественную оценку технического риска аварии.

В заключении докладчик предлагает развивать методологию технического диагностирования оборудования с учетом факторов риска для определения периодичности ТД оборудования, трубопроводов с целью эксплуатации по техническому состоянию.

А.А. Овчинников и К.О. Аллогулова (ГИАП-ДИСТцентр) представили доклад «Внедрение рискоориентированного подхода к техническому диагностированию на предприятиях нефтеперерабатывающей отрасли России». Целью доклада было акцентировать внимание на текущих проблемах внедрения рискоориентированного подхода к обеспечению промышленной безопасности ОПО. Рассмотрена действующая в промышленности система планово-предупредительных ремонтов в нефтепереработке. К достоинствам отнесена простота планирования сроков ТД. Отмечены и недостатки: не устанавливается объем ТД, сроки последующего ТД не зависят от реального технического состояния объекта, повышенные затраты на ТД всего оборудования (в том числе с малым риском отказа), не оцениваются повреждающие механизмы, влияющие на отказ технического устройства. Отсюда вытекают преимущества РО-ТД, которые заключаются в индивидуальном подходе к определению объема ТД для каждого устройства, учет фактического состояния оборудования при анализе вероятностей отказа технического

устройства (ТУ), получение количественной оценки риска эксплуатации ТУ, а также организация сбора статистических данных о жизненном цикле устройства.

В докладе отмечены недостатки действующей системы обеспечения промышленной безопасности и причины ограничения при внедрении РО-ТД в отечественной промышленности. К ним можно отнести: Непонимание цели и значимости введения РО-ТД (RBI) – отсутствует культура применения и поддержания систем, основанных на анализе риска. Отсутствует оценка полного и правильного объема работ, ресурсов и возможных трудностей. Неточность информации об объекте, указанной в документации или отсутствие важной информации, необходимой для выбранного типа оценки. Несвоевременное внесение актуальной информации о ремонтах, изменениях в условиях эксплуатации, проведенных обследованиях. Сложность выявления достоверной информации, т.к. в различных источниках на один и тот же объект информация может различаться. Нехватка специалистов по коррозии на производстве. Необходимость получения большого объема данных, который не собирается и не анализируется на предприятии. Отсутствие статистической базы отказов для определения финансовых показателей. Отсутствие наработанной базы экспериментальных данных на конкретных заводах (скорости коррозии материалов в различных средах с различными параметрами). Для установления предельно допустимого уровня риска не существует ограничений и требований в законодательстве. Предприятия тем самым могут занижать риски или завышать. Недостаточное количество сотрудников, занятых поддержанием системы. Действующая нормативная база, усложняющая переход на систему РО-ТД.

В докладе намечены пути решения проблем внедрения рискоориентированного подхода, включающие: Упрощение объема расчётов, путем концентрации анализа на основных факторах, вызывающих отказ. Переход к количественной оценке риска, на основе фактического технического состояния устройств. Внедрение программного обеспечения с целью хранения данных о техническом устройстве, его отказах и анализа этих данных. Внедрение системы поэтапного обучения сотрудников отделов анализа риска на предприятии для осознания целей подхода. Разработка и внедрение стандартов предприятий, регламентирующих контроль ТУ на основе анализа рисков.

Для реализации рискоориентированного подхода в ЗАО «ГИАП-ДИСТцентр» - разработано ряд документов, включая СТО ИСТЕ 1-002-14 «Технический аудит нефтегазоперерабатывающих, нефтехимических и химических предприятий», СТО ИСТЕ 3-002-14 «Определение зон и объема неразрушающего контроля технических устройств технологических установок, работающих в условиях увеличенного интервала между капитальными ремонтами». Разработаны проекты ФНП «Основные требования к технической диагностике технического оборудования зданий и сооружений на опасном производственном объекте», «Техническое диагностирование. Методические рекомендации по анализу факторов ущерба и механизмов повреждения технического оборудования и конструкций на опасном производственном объекте».

По вопросам, связанным с обучением и аттестацией специалистов в области технического диагностирования выступил представитель НУЦ «Качество» А.Г. Андреев. Было отмечено, что для обеспечения промышленности специалистами по техническому диагностированию существуют определенные условия. Принят соответствующий стандарт Министерства труда и социальной защиты РФ «Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса», введенный приказом от 10 марта 2015 г. N 156н; имеются соответствующие законодательные акты, например, Указ Президента РФ от 6 мая 2018 года № 198 Об Основах государственной политики Российской Федерации в области промышленной безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу; подготовлена новая редакция закона о промышленной безопасности, в которой вопросам технического диагностирования уделено большое внимание. Однако, действующие предприятия уделяют мало внимание внедрению

современных методик технического диагностирования с целью получения информации для расчетов рисков аварии, что можно, вероятно, отнести к новизне этой проблемы.

В работе круглого стола, который продолжался 5 часов, приняло участие более 30 специалистов. После каждого доклада было активное его обсуждение, которое занимало не меньше времени, чем время самого доклада. В докладах экспертов и выступлениях заинтересованных специалистов были сформулированы проблемы и задачи в области РО-ТД требующие решения. Основными из них являются:

- Создание критериев и иерархического перечня объектов (по классам опасности), для которых необходимо, целесообразно и экономически обосновано проводить анализ и расчет риска аварии.
- Разработка методик риск-ориентированного технического диагностирования для соответствующих классов объектов.
- Создание системы документов по оценке вероятности аварии. Разработка комплекса НТД и стандартов, по оценке риска с использованием методов технического диагностирования.
- Создание системы обучения и аттестации специалистов, а также системы необходимых документов в области ТД (Курсов обучения, Программ, Билетов и т.д.).
- Привлечение внимания ПРОМЫШЛЕННОСТИ и ГОСУДАРСТВА на необходимость финансирования инновационных разработок новых средств и методов НК и РО-ТД.

В.И. Иванов