

ИНСПЕКЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ РИСКА В КОМПАНИИ «САХАЛИН ЭНЕРДЖИ»

УДК 621.642

А.А. Сингуров, к.т.н., «Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд.»
(Южно-Сахалинск, РФ), Alexander.Singurov@sakhalinenergy.ru

П.Г. Дерябин, «Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд.»,
Pavel.Deryabin@sakhalinenergy.ru

Обеспечение безопасной эксплуатации работающего под давлением оборудования – одна из актуальных производственных задач в газовой промышленности. Для решения этой задачи в компании «Сахалин Энерджи» организованы современные процессы по проактивному техническому обслуживанию и инспекции данного оборудования.

В статье рассмотрен СТО Сахалин Энерджи «Инспекция с учетом фактора риска. Организация и проведение инспекций сосудов и технологических трубопроводов, работающих под давлением». Стандарт организации был разработан на основе изученного мирового опыта использования методики «Инспекция с учетом фактора риска», широко применяемой на предприятиях нефтегазового сектора США, Великобритании, Дании, Франции, Германии, Швеции, Малайзии и других стран.

Инспекция с учетом фактора риска как составная часть системы управления безопасной эксплуатацией оборудования обеспечивает своевременное получение информации об изменении технического состояния и риска эксплуатации оборудования. В статье показаны этапы разработки методики, согласование с Ростехнадзором и апробация в течение 2006–2016 гг. Приведена общая последовательность процедур методики в виде замкнутого управленческого цикла.

Применение Стандарта позволяет оптимизировать организационные и операционные затраты по сравнению с традиционными методами инспекции и получить высокую степень надежности эксплуатации оборудования за счет оценки рисков, контроля технического состояния и ключевых эксплуатационных параметров.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: БЕЗОПАСНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ, ОЦЕНКА РИСКА, КОНТУР КОРРОЗИИ, ОПЕРАЦИОННОЕ ОКНО ЦЕЛОСТНОСТИ, КРИТИЧНОСТЬ.

Инспекция с учетом факторов риска (ИУФР) – структурированный комплексный процесс, основанный на учете факторов риска, который используется для определения и документирования экономически эффективных, оптимальных требований к инспекции оборудования, работающего под давлением, и обеспечивает надлежащий уровень исправности оборудования с учетом конкретных условий эксплуатации.

В компании «Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд.» в конце 2009 г. был разработан, утвержден в органах федеральной власти и внедрен Стандарт организации «Инспекция с учетом факторов риска. Организация и проведение инспекций сосудов и технологических трубопроводов, работающих

под давлением» [1]. Он устанавливает требования к организации, составу, планированию, проведению и оформлению результатов инспекции технического состояния сосудов и трубопроводов, работающих под избыточным внутренним и внешним давлением, на объектах компании.

Согласно Стандарту для проведения инспекции оборудования используется методика ИУФР (risk-based inspection, RBI), распространяющаяся на все статическое оборудование компании, работающее под давлением, такое как сепараторы, технологические трубопроводы, теплообменники, сосуды и др.

Инспекция с учетом факторов риска является составной частью системы управления безопасной

эксплуатацией оборудования, обозначенной как «Управление факторами риска и надежностью» (УФРН).

Система УФРН ориентирована на достижение следующих целей по обеспечению безопасной эксплуатации оборудования:

- проактивный характер принимаемых решений и осуществляемых действий, предотвращение отказов, инцидентов и аварий за счет раннего выявления неблагоприятных изменений в состоянии оборудования и реализация мер по обеспечению его надежности и безопасности в упреждающем порядке;

- принятие всех управленческих решений по оборудованию с учетом его технического состояния и опасности, которые оцениваются

Singurov A.A., Candidate of Sciences (Engineering), Sakhalin Energy Investment Company Ltd. (Yuzhno-Sakhalinsk, Russian Federation), Alexander.Singurov@sakhalinenergy.ru

Deryabin P.G., Sakhalin Energy Investment Company Ltd., Pavel.Deryabin@sakhalinenergy.ru

Risk-based inspection in Sakhalin Energy Company

Ensuring the safe operation of pressure equipment is one of the relevant production objectives in the gas industry.

To solve this problem, Sakhalin Energy Investment Company Ltd. has organized modern processes for proactive maintenance and inspection of this equipment.

The article considers the Company Standard of Sakhalin Energy "Risk-Based Inspection. Organization and Carrying out Inspections of Vessels and Technological Pipelines Working under Pressure". The Company Standard was developed on the basis of world experience of using the "Risk Factor Inspection" methodology widely used in the oil and gas sector of the USA, Great Britain, Denmark, France, Germany, Sweden, Malaysia and other countries.

Risk-based inspection as an integral part of the safe operation equipment management system ensures timely receiving information on changes in the technical condition and equipment operation risk. The article shows the stages of the methodology development, coordination with Rostekhnadzor and approbation during 2006–2016. The general sequence of procedures of the methodology in the form of a closed management cycle is given.

The application of the Standard allows to optimize organizational and operational costs in comparison with traditional inspection methods and to obtain a high degree of reliability of equipment operation due to risk assessment, technical condition control and key operational parameters.

KEYWORDS: SAFE OPERATION, RISK ASSESSMENT, CORROSION CONTOUR, INTEGRITY OPERATING WINDOW, CRITICALITY.

по критерию риска, включающему вероятность и последствия отказов;

- эффективное планирование и использование средств и ресурсов, предназначенных для контроля состояния и обеспечения надежности оборудования, а также концентрация предпринимаемых усилий на снижении риска эксплуатации объектов и оборудования с наиболее высоким уровнем риска;

- постоянное сокращение риска эксплуатации опасных производственных объектов (ОПО) компании за счет непрерывного совершенствования и повышения эффективности системы УФРН, анализа накопленного опыта обеспечения надежности оборудования, использования наилучших решений и внедрение новых научно-технических достижений и разработок.

При этом ИУФР в составе УФРН представляет подсистему управления, основная функция которой состоит в обеспечении своевременного получения информации об изменении технического состояния и риска эксплуатации оборудования. Основные принципы и подходы к эффективному

планированию и осуществлению процедур ИУФР, реализованные в Стандарте, разработаны на основе широко применяемых рекомендаций и стандартов [2–8]. Положения Стандарта учитывают требования нормативных документов в области промышленной безопасности, действующих на территории Российской Федерации [9–12].

При разработке Стандарта учтены опыт и результаты, полученные при реализации пилотного проекта по определению остаточного срока службы, объема и периодичности инспекций с учетом факторов риска сосудов и трубопроводов на морской стационарной платформе «Моликпак», эксплуатируемой компанией.

ЭТАПЫ ВНЕДРЕНИЯ ИУФР

В 2006 г. изучен зарубежный и российский опыт определения технического состояния оборудования, работающего под давлением, с использованием методики RBI. Методы одобрены к применению государственными надзорными органами Великобритании, Дании, Франции, Германии, Швеции, Малайзии и др. Указанные подходы частично реализованы

на ведущих нефтегазовых предприятиях России.

В этом же году применение методики RBI для определения технического состояния сосудов, технологических трубопроводов на платформе «Моликпак» в качестве пилотного проекта согласовано с Ростехнадзором.

В 2007–2008 гг. ООО «РГС Консорциум по Сахалину» проведена экспертиза результатов работ по определению скорости коррозии и интервалов инспекций оборудования при реализации пилотного проекта применения методики S-RBI и выполнено его рассмотрение Сахалинским РТН.

Далее, в 2009 г. компанией разработан СТО Сахалин Энерджи «Инспекция с учетом факторов риска. Организация и проведение инспекций сосудов и технологических трубопроводов, работающих под давлением» [1]. Проведена экспертиза промышленной безопасности Стандарта в экспертной организации и регистрация в Ростехнадзоре РФ. Применение СТО на объектах проекта «Сахалин-2» рассмотрено и согласовано федеральным Ростехнадзором.

В 2010–2016 гг. проводились обучение и аттестация специа-

листов компании, обеспечивающих ведение процесса ИУФР. На обучение привлекались специалисты экспертных организаций и Ростехнадзора. Проведены исследования ИУФР для всех объектов компании, организованы ежегодные заседания экспертных групп по пересмотру базы данных ИУФР и подготовке сводных отчетов и годовых планов.

В 2015–2016 гг. подготовлены обоснования промышленной безопасности по каждому ОПО компании со ссылкой на ИУФР.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ МЕТОДИКА

Суть методики представляет собой циклический процесс, который осуществляется междисциплинарной группой экспертов (RBI team). Методика реализована в виде программного продукта RRM, который позволяет автоматизировать процесс (рис. 1).

Для всех подсистем УФРН предусмотрена единая общая последовательность разработки и исполнения управленческих решений, организованная в виде замкнутого управленческого цикла: инициирование начала процесса; сбор и подготовка информации по объекту управления; анализ информации, оценка риска (критичности); определение задач, разработка решений и программ, планирование; исполнение решений и программ; анализ результатов, документирование, внесение данных в базы.

Общая схема ИУФР, выполняемой экспертной группой, отражающая последовательность и взаимосвязь этапов и процедур, представлена на рис. 2.

Уровень риска эксплуатации технологических объектов и технических устройств в производственных подразделениях компании выражается через категорию (показатель) критичности, которая определяется в зависимости от склонности объекта к развитию деградации и размера последствий в случае отказа.

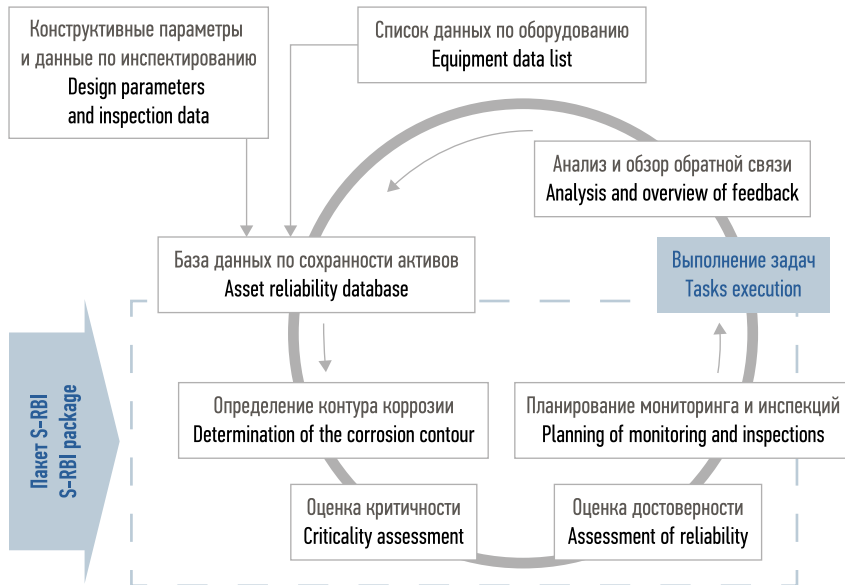


Рис. 1. Общая последовательность процедур управления в ИУФР
Fig. 1. General sequence of management procedures in the risk-based inspection

Для систематизации данных по видам и скоростям деградации рекомендуется выделять группы технологически связанных единиц оборудования – контуры коррозии или деградации, в которых виды, условия и скорости реализации деградационных процессов идентичны, близки или сопоставимы. Следует оформлять отдельные таблицы данных по каждой группе (рис. 3).

Критичность инспектируемого объекта определяется в зависимости от вероятности или склонности к деградации, а также от ее последствий в случае развития отказа. Во внимание принимается самый негативный сценарий с наибольшей вероятностью отказа и его последствиями. Идентификация вероятных видов деградации осуществляется на основе опыта эксплуатации оборудования нефтегазодобывающих производств, руководства по видам деградации компании Shell и других апробированных источников и баз знаний.

Показатель достоверности отражает степень уверенности экспертной группы, в первую очередь экспертов по ИУФР (инженера по коррозии, материалов и инженера-инспектора), в результатах

оценки склонности инспектируемого объекта к деградации и отказу и, в случае реализации прогнозируемой деградации, остаточного ресурса. Показатель достоверности определяет величину межинспекционного интервала и ранжируется по пяти категориям: ОВ – очень высокий, В – высокий, С – средний, Н – низкий, ОН – незначительный, очень низкий.

Величина показателя определяется в зависимости от: стабильности, контролируемости и управляемости деградационных процессов, выявленных и принятых во внимание при инспекции объекта; количества и качества ранее выполненных инспекций; надежности контроля и поддержания технологических режимов эксплуатации инспектируемого объекта в пределах операционного окна целостности (ООЦ).

Межинспекционный интервал для объектов, подвергаемых прогнозируемой деградации, рассчитывается посредством умножения фактора межинспекционного интервала на величину остаточного ресурса.

Для каждого инспектируемого объекта и контура коррозии экспертная группа по ИУФР опре-

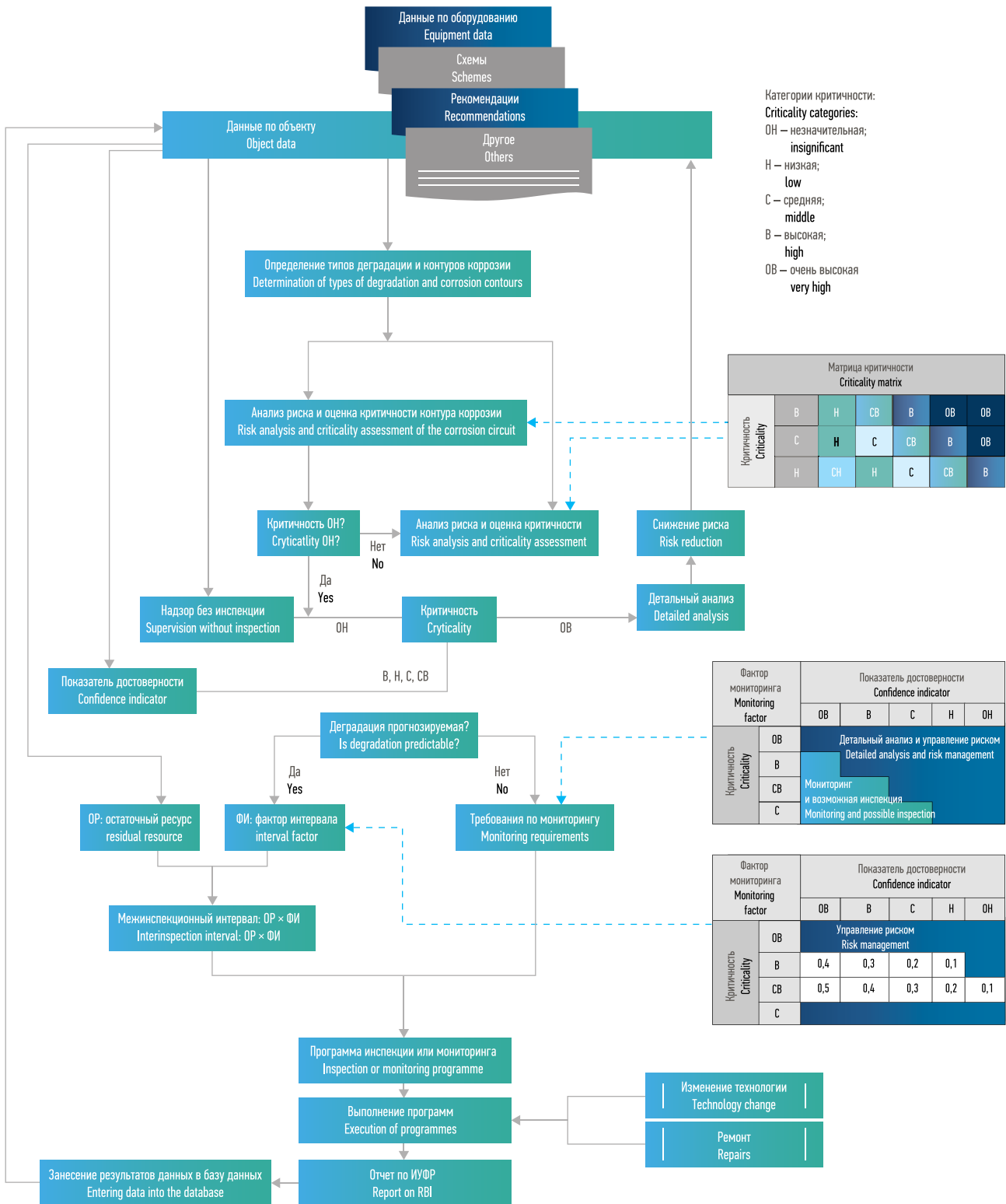


Рис. 2. Общая схема ИУФР
Fig. 2. General scheme of risk-based inspection

деляет ключевые параметры технологического процесса и другие условия, которые оказывают влияние на инициацию и скорость деградации, могут контролиро-

ваться и использоваться для управления процессом. Затем для каждого такого параметра устанавливаются границы оптимального безопасного интер-

вала значений в пределах, регламентированных технологическими инструкциями (регламентами) по эксплуатации инспектируемого оборудования.

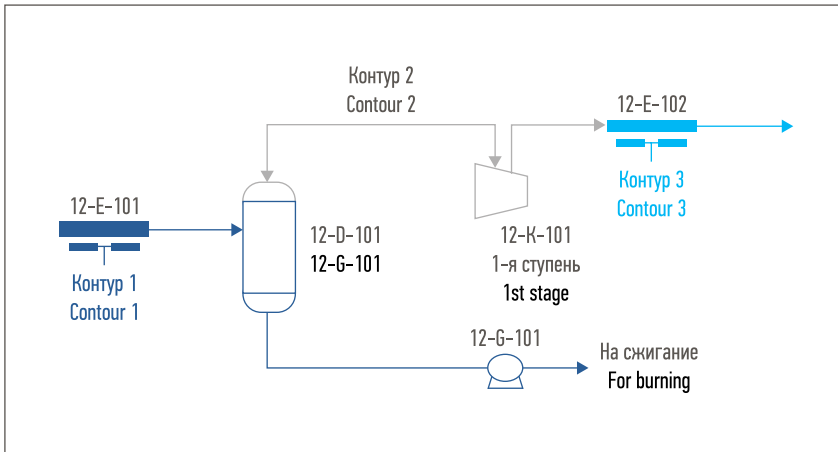


Рис. 3. Пример контура коррозии – участка технологической цепи со следующими аналогичными параметрами: параметры процесса (давление, температура, среда); материал изготовления; вид и скорость развития деградации
Fig. 3. Example of the corrosion contour, the section of a technological chain with the following similar parameters: process parameters (pressure, temperature, medium); production material; type and rate of degradation development

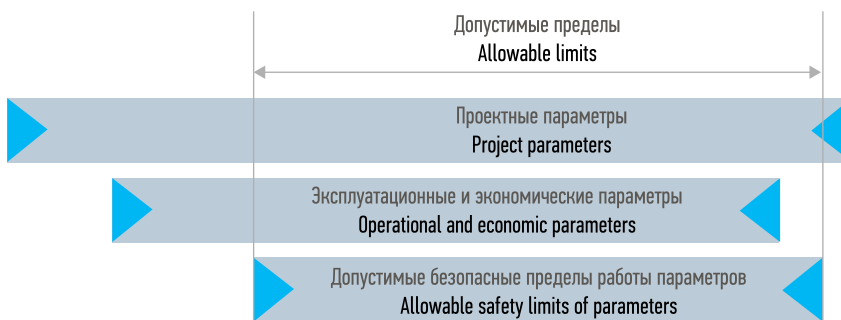


Рис. 4. Допустимые безопасные пределы рабочих параметров
Fig. 4. Permitted safe operating limits

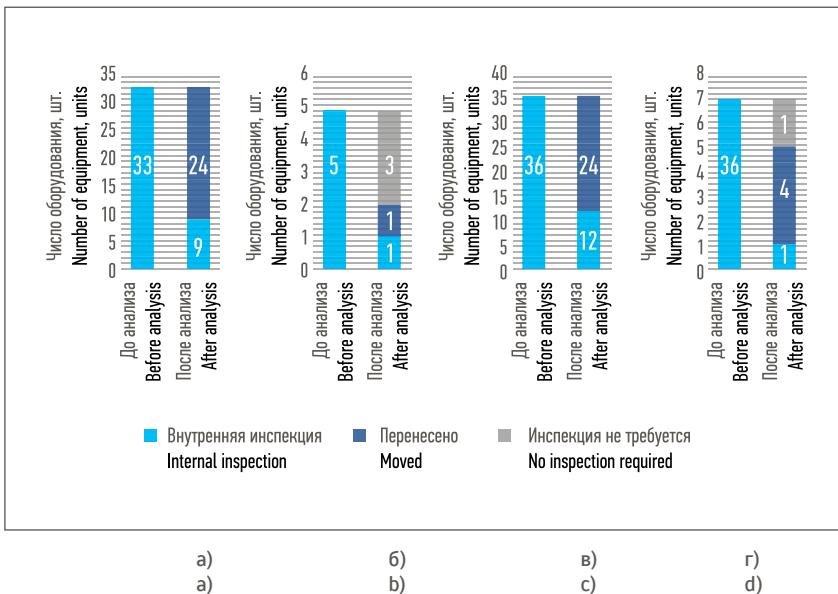


Рис. 5. Оборудование для инспекции во время планового останова 2016 г.: а) ОБТК; б) «Лунская-А»; в) ПА-А; г) ПА-Б
Fig. 5. Equipment for inspection during planned shutdown, 2016: a) united shore technological complex; b) Lunskaaya-A; c) PA-A; d) PA-B

Для каждого объекта и коррозионного контура составляется список ключевых параметров с их предельными значениями и рекомендованными ответными действиями в случае отклонения от заданных пределов. Совокупность ключевых параметров и их допускаемых значений определяется как ООЦ объекта, которое дополняет требования технологических инструкций по допускаемым параметрам и условиям эксплуатации и обеспечивает минимизацию скорости деградации объекта. Технологические режимы и условия эксплуатации объекта в дальнейшем должны поддерживаться в пределах ООЦ (рис. 4).

Как часть системы управления промышленной безопасностью компании, ИУФР способствует повышению эффективности осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности.

Непосредственное исполнение процедур ИУФР (сбор и анализ данных, планирование инспекций, анализ их результатов и разработка решений, составление ежегодных отчетов и подготовка планов инспекций по объектам компании и др.) производится экспертными группами, включающими аттестованных экспертов по ИУФР, специалистов подразделения, где эксплуатируется инспектируемый объект.

К исполнению работ по техническому освидетельствованию и ревизии сосудов и технологических трубопроводов привлекаются специалисты, аттестованные в соответствии с требованиями ПБ 03-440-02 [13] не ниже II уровня по каждому виду применяемого неразрушающего контроля (визуальный и измерительный, магнитопорошковый, вихретоковый, радиационный, вибродиагностический, акустико-эмиссионный контроль).

Подготовка сводных отчетов по состоянию оборудования

и риску эксплуатации на объектах компании осуществляется перед пуском объектов в эксплуатацию, в дальнейшем – не реже 1 раза в год. Сводный отчет содержит протоколы совещаний экспертной группы, утверждается директором компании по производству. Годовые планы (графики технического освидетельствования и ревизии) по каждому ОПО проходят рассмотрение и утверждение экспертной группой. Годовые планы ИУФР предоставляются в управление Ростехнадзора.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИУФР

Особенно показательна эффективность ИУФР при составлении графика плановых остановов для инспектирования статического оборудования. Плановый останов связан с остановкой производства основных экспортных ресурсов компании – нефти и газа. В связи с этим его продолжительность значительно влияет

на суммарный объем сырья, которое сможет произвести компания и поставить потребителям. «Сахалин-2» – один из самых технически сложных проектов, осуществленных за последние десятилетия в мировой нефтегазовой индустрии. Его инфраструктура включает три стационарные морские нефтегазодобывающие платформы, морскую и наземную трубопроводные системы, объединенный береговой технологический комплекс, насосно-компрессорные станции, терминал отгрузки нефти с выносным причальным устройством, завод по производству сжиженного природного газа (СПГ), узлы отбора и учета газа. Каждый час остановки столь сложной системы оказывает колоссальное влияние на показатели компании. Кроме того, внутренние инспекции оборудования, проводимые в замкнутом пространстве, связаны с риском для жизни и здоровья персонала.

В связи с перечисленными выше обстоятельствами компания заинтересована в снижении числа подобных операций без ущерба качеству контроля состояния оборудования.

Применение методики ИУФР позволяет оптимизировать межинспекционные интервалы в сторону их увеличения за счет оценки рисков, контроля технического состояния и ключевых эксплуатационных параметров. С целью сокращения продолжительности плановых остановов в компании применяется стратегия по минимизации вмешательства во время контроля состояния оборудования, которая подразумевает уменьшение числа внутренних инспекций, выполняемых человеком.

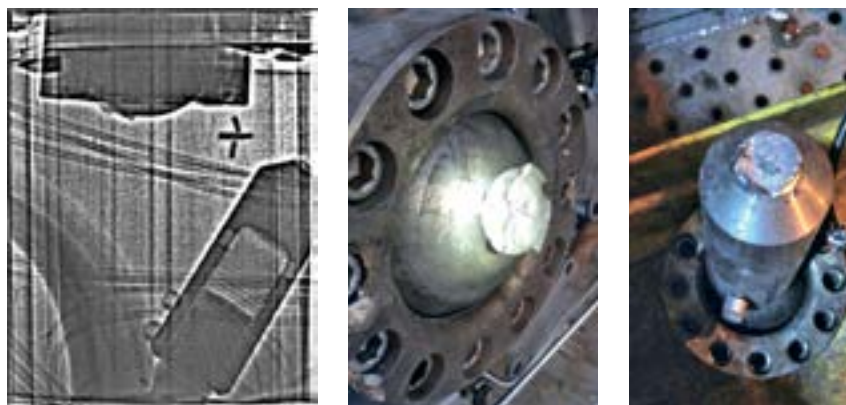
Стратегия минимизации вмешательства состоит из двух основных направлений. Во-первых, это детальный анализ каждой единицы оборудования, планируемой

Больше на сайте
neftegas.info



Подписывайтесь на нас в





а) а) б) б) в) в) с)

Рис. 6. Разрушенные соединения: а) между модулями дистанционно управляемого снаряда на платформе «Лунская-А», снимок получен с помощью бетатрона; б) и в) после извлечения поврежденного управляемого снаряда из магистрального трубопровода, фотографии

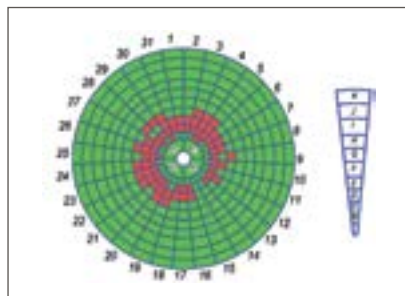
Fig. 6. Destroyed connections: a) between the modules of a remote-controlled apparatus on the Lunskaya-A platform, the image was taken using a betatron; b) and c) after removing the damaged apparatus from the main pipeline, photographs



а) а)



б) б)



в) в) с)

Рис. 7. Применение PAUT&TOFD-инспекций на ОБТК: а) воздушный ресивер на ОБТК, подготовленный для проведения неразрушающего контроля без вывода из эксплуатации; б) оборудование для неразрушающего контроля методами PAUT (УЗК на фазированных решетках); в) схема сканирования нижнего дна воздушного ресивера

Fig. 7. Application of PAUT&TOFD inspections at the united shore technological complex: a) air receiver at the united shore technological complex, prepared for non-destructive testing without decommissioning; b) equipment for non-destructive testing using PAUT methods (ultrasonic testing on phased arrays); c) scanning scheme of the bottom of the air receiver

для проверки во время останова, с целью получения точной картины прогнозирования деградации и корректировки интервалов инспектирования оборудования.

Во-вторых, применение современных методов неразрушающего контроля и роботизированной техники как альтернативы внутренним осмотрам для диагнос-

тики оборудования в процессе эксплуатации.

Результаты данного подхода оказали значительное влияние на показатели компании. Например, в сокращении времени планового останова завода объединенного берегового технологического комплекса (ОБТК) достигнуто уменьшение на 45 % (с 26 до 18 дней). Другим преимуществом проведения данной сессии стало снижение затрат человеко-часов на 60 % от изначального плана. Общий объем оборудования для проведения внутренних инспекций был снижен с 80 до 23 шт. (рис. 5).

Накопленный опыт показывает, что применение современных методов неразрушающего контроля, таких как цифровая радиография, ультразвуковая инспекция методом фазированных решеток, дифракционно-временной метод TOFD, использование дронов и роботизированной техники, позволяет оптимизировать объем работ планового останова, исключить необходимость вскрытия и входа внутрь оборудования либо минимизировать этапы подготовки оборудования к инспекции.

Также хорошо зарекомендовали себя летательные дроны с включенным в их состав дополнительным оборудованием (помимо фото- и видеокамер) для удаленной инспекции факельных оголовков на ОБТК, что позволило оценить их состояние в рабочем режиме и тем самым снизить продолжительность плановых остановов.

Еще одним примером положительного опыта внедрения служит применение бетатрона, позволяющего без проникновения внутрь оборудования определять точное положение внутренних устройств. Такое же оборудование использовалось в компании для точного определения положения и диагностики дистанционно управляемого снаряда для изоляции магистрального трубопровода на платформе «Лунская-А» (рис. 6).

На объекте ОБТК группа инженеров по инспекции оборудования, работающего под давлением, активно использует сканирование толщины стенок сосудов и контроль сварных швов методами PAUT (ультразвуковой контроль на фазированных решетках), TOFD (дифракционно-временной метод), что позволяет провести диагностику оборудования в рабочем режиме (рис. 7).

Все вышеперечисленные примеры непосредственно влияют на продолжительность плановых остановов и ремонтов объектов компании, что в совокупности с ИУФР обеспечивает высокую результативность стратегии минимального вмешательства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе полученного опыта можно утверждать, что основные преимущества методики ИУФР перед традиционными методами контроля технического состояния следующие:

- оптимизация организационных и операционных затрат при проведении контроля технического состояния в рамках ИУФР. Вместо фиксированной периодичности обязательных внутренних проверок (2, 4, 8 раз в год) и обязательных гидротестов проверки проводятся в соответствии с применяемым принципом оценки уровня риска;

- высокая степень надежности при эксплуатации оборудования, которая достигается за счет де-

тального анализа последствий и вероятности отказов (оценка рисков);

- мультидисциплинарный подход при оценке рисков;

- возможность внедрения метода ИУФР как на стадии проектирования, так и в условиях действующего производства;

- обеспечение высокой степени надежности системы управления промышленной безопасностью за счет комплексного мониторинга состояния оборудования в процессе эксплуатации.

Применение методики ИУФР позволяет значительно оптимизировать эксплуатационные затраты, обеспечивая при этом высокую степень целостности и надежности оборудования. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. СТО Сахалин-Энерджи. Инспекция с учетом факторов риска. Организация и проведение инспекций сосудов и технологических трубопроводов, работающих под давлением. Южно-Сахалинск: Сахалин Энерджи, 2009. 72 с.
2. API 510-2014. Pressure Vessel Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration. 10th ed. API, 2014. 80 p.
3. API 570-2009. Piping Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems. 3rd ed. API, 2009. 78 p.
4. API RP 581-2008. Risk-Based Inspection Technology. 2nd ed. API, 2008. 654 p.
5. Best Practice for Risk-Based Inspection as a Part of Plant Integrity Management. Contract Research Report 363/2001 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.gov.uk/research/crr_pdf/2001/crr01363.pdf (дата обращения: 21.11.2018).
6. AS/NZS 3788:2006. Pressure Equipment. In-Service Inspection [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.scribd.com/document/102220478/As-NZS-3788-2006-Pressure-Equipment-In-Service-Inspection> (дата обращения: 21.11.2018).
7. API RP 580. Risk-Based Inspection. 2nd ed. API, 2009. 84 p.
8. S-RBI Manual. Guidelines for Setting up an S-RBI Study. Ver. 2.4. GS.10.50711. Shell Global Solutions International. 2011. 197 p.
9. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности». М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2013. 288 с.
10. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gosnadzor.ru/industrial/equipment/acts/ФНП ОРПД пер Минюст релиз.pdf> (дата обращения: 21.11.2018).
11. РУА-93. Руководящие указания по эксплуатации и ремонту сосудов и аппаратов, работающих под давлением ниже 0,07 МПа (0,7 кгс/см²) и вакуумом [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200058254> (дата обращения: 21.11.2018).
12. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности». М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2014. 24 с.
13. ПБ 03-440-02. Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data1/10/10920/> (дата обращения: 21.11.2018).

REFERENCES

1. Company Standard. STO Sakhalin Energy. Risk-Based Inspection. Organization and Carrying out Inspections of Vessels and Technological Pipelines Working under Pressure. Yuzhno-Sakhalinsk, Sakhalin Energy, 2009, 72 p. (In Russian)
2. API 510-2014. Pressure Vessel Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration. 10th ed. API, 2014, 80 p.
3. API 570-2009. Piping Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems. 3rd ed. API, 2009, 78 p.
4. API RP 581-2008. Risk-Based Inspection Technology. 2nd ed. API, 2008, 654 p.
5. Best Practice for Risk-Based Inspection as a Part of Plant Integrity Management. Contract Research Report 363/2001 [Electronic source]. Access mode: http://www.hse.gov.uk/research/crr_pdf/2001/crr01363.pdf (access date: November 21, 2018).
6. AS/NZS 3788:2006. Pressure Equipment. In-Service Inspection [Electronic source]. Access mode: <https://ru.scribd.com/document/102220478/As-NZS-3788-2006-Pressure-Equipment-In-Service-Inspection> (access date: November 21, 2018).
7. API RP 580. Risk-based Inspection. 2nd ed. API, 2009. 84 p.
8. S-RBI Manual. Guidelines for Setting up an S-RBI Study. Ver. 2.4. GS.10.50711. Shell Global Solutions International, 2011, 197 p.
9. Federal Rules and Regulations in the Field of Industrial Safety "Safety Rules in the Oil and Gas Industry". Moscow, Scientific Technical Center of Industrial Safety Problems Research CJSC, 2013, 288 p. (In Russian)
10. Federal Rules and Regulations in the Field of Industrial Safety "Rules of Industrial Safety of Hazardous Industrial Facilities, Which Use Equipment Operating under Excessive Pressure" [Electronic source]. Access mode: <http://www.gosnadzor.ru/industrial/equipment/acts/ФНП ОРПД пер Минюст релиз.pdf> (access date: November 21, 2018). (In Russian)
11. RUA-93. Guidelines for the Operation and Repair of Vessels and Apparatus Operating under Pressure below 0.07 MPa (0.7 kgf/cm²) and Vacuum [Electronic source]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/1200058254> (access date: November 21, 2018). (In Russian)
12. Federal Rules and Regulations in the Field of Industrial Safety "Rules for the Examination of Industrial Safety". Moscow, Scientific Technical Center of Industrial Safety Problems Research CJSC, 2014, 24 p. (In Russian)
13. Safety Regulations PB 03-440-02. Rules of Personnel Certification in the Field of Non-Destructive Testing [Electronic source]. Access mode: <http://files.stroyinf.ru/Data1/10/10920/> (access date: November 21, 2018). (In Russian)