УДК 656.56

О ПОДХОДАХ ЗАРУБЕЖНЫХ КОМПАНИЙ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ, БЕЗОПАСНОСТИ И ЦЕЛОСТНОСТИ ОБЪЕКТОВ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ТЕХНОГЕННОГО РИСКА

ABOUT FOREIGN COMPANIES APPROACHES TO ENSURING RELIABILITY, SAFETY AND INTEGRITY OF PIPELINE TRANSPORT OBJECTS ON THE BASIS OF TECHNOGENIC RISK ANALYSIS

С.В. Ганага, Е.Н. Желтиков, А.В. Мельников

ООО «НИИ Транснефть», г. Москва, Российская Федерация

Sergey V. Ganaga, Eugene N. Zheltikov, Andrej V. Melnikov

Transneft R&D, Moscow, Russian Federation

e-mail: GanagaSV@niitnn.transneft.ru

Аннотация. Важнейшим направлением деятельности компаний, относящихся к сектору трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов, является обеспечение надежного и безопасного функционирования бизнес активов на основе проведения комплекса конструкторско-технологических и эксплуатационных мероприятий.

Ключевые направления развития подходов к обеспечению надежного и безопасного функционирования объектов трубопроводного транспорта связаны с совершенствованием мониторинга механической целостности и технического состояния материалов при изменении условий окружающей среды; развитием методов систематизации и анализа массивов информации, создаваемых на всех этапах жизненного цикла объектов для своевременной



идентификации, прогноза опасного технического состояния и принятия оптимальных решений.

В условиях расширения введения операционной деятельности трубопроводных компаний в районы с экстремальными условиями анализ современных подходов в области обеспечения надежности, безопасности и целостности объектов трубопроводного транспорта приобретает все большую значимость.

Изучение мирового опыта по практическому применению подходов и технологий повышения надежности, безопасности и целостности объектов трубопроводного транспорта позволяет выделить эффективные зарубежные практики по повышению эффективности управления техническим состоянием, предотвращению возникновения аварийных ситуаций и принятию необходимых мер по ликвидации и снижению негативных последствий в случаях реализации аварий и инцидентов.

В данной статье проанализирован опыт, современные подходы и технологии по повышению надежности, безопасности и целостности объектов трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов, используемые в крупных зарубежных трубопроводных компаниях.

Abstract. The most important activity of companies belonging to the sector of pipeline transportation of oil and oil products is to ensure the reliable and safe functioning of business assets based on a range of design, technological and operational measures.

The key development directions of approaches to ensuring reliable and safe functioning of pipeline transport facilities are related to improving monitoring of the mechanical integrity and technical condition of materials under changing environmental conditions, developing methods for systematizing and analyzing the information arrays created at all stages of the objects life cycle for timely identification and forecasting of dangerous technical condition and making optimal decisions.



In the context of the expansion of the pipeline operating activities companies to areas with extreme conditions, the modern approaches analysis in the field of ensuring the reliability, safety and integrity of pipeline transport facilities is becoming increasingly important.

The world experience study in the practical application of approaches and technologies for improving the reliability, safety and integrity of pipeline transport facilities allows us to highlight effective foreign practices for improving the efficiency of managing the technical condition, preventing emergencies and taking the necessary measures to eliminate and reduce negative consequences in cases of accidents and incidents.

This article analyzes the experience, modern approaches and technologies for improving the reliability, safety and integrity of oil and oil products pipeline transportation objects used in large foreign pipeline companies.

Ключевые слова: промышленные риски; промышленная безопасность; управление; нефть; нефтепродукты; объекты нефтяной промышленности; трубопроводный транспорт; компании ТЭК

Key words: industrial risks; industrial safety; management; oil; oil products; oil industry facilities; pipeline transport; energy companies

Введение

В мировой практике сложилось два различных подхода к определению сроков и методов проведения оценки соответствия технических устройств, работающих под давлением, а также для их технического обслуживания, а именно:

- предписывающий подход — это традиционный комплекс мер, основанный на выполнении обязательных нормативных требований по срокам и методам инспектирования;



- риск-ориентированный подход, учитывающий фактическое состояние технических устройств и принимающий во внимание факторы, влияющие на риск их отказа (уровень риска оценивается как произведение вероятности возникновения инцидента на величину суммарного возможного ущерба от него).

Ведущие зарубежные компании уже в конце XX века пришли к выводу, что предписывающий подход (нормативное регулирование требований безопасности) приводит большим материальным затратам, необоснованному увеличению запаса прочности материалов оборудования объектов трубопроводного транспорта нефти И нефтепродуктов (ТТНН) без учета реального состояния объекта и степени его потенциальной опасности для персонала и окружающей среды. Поэтому во многих ведущих зарубежных компаниях для обеспечения надежности, безопасности и целостности (НБЦ) объектов ТТНН нормирующий подход (применение норм безопасности) постепенно сменился на подход на базе принципа оптимизации ALARA (as low as reasonably achievable – настолько низко, насколько разумно достижимо) при определении достижимого уровня безопасности (приемлемого риска).

Риск-ориентированный подход базируется на инспектировании оборудования с учетом факторов риска и широко применяется в мировой практике. Суть данного подхода заключается в:

- определении, анализе и прогнозировании опасностей промышленных аварий и чрезвычайных ситуаций, а также оценке связанных с ними рисков;
- оптимизации необходимых как организационных, так и технических мер предупреждения аварий и чрезвычайных ситуаций;
- недопущении возникновения угроз крупных промышленных аварий и катастрофичных чрезвычайных ситуаций;
- повышении эффективности обеспечения промышленной безопасности на отдельном опасном производственном объекте и/или в комплексе поднадзорных объектов.



Оценка риска содержит в себе совокупность аналитических и практических мероприятий, направленных на оценку вероятности возникновения аварий и инцидентов и определении возможного ущерба. Оценка риска включает в себя определенный систематический процесс определения возможных рисков, методы их количественной и качественной оценки, которые дополняют друг друга.

Основными целями оценки риска являются заблаговременное выявление мест с высокой вероятностью возникновения инцидентов и аварий и принятие соответствующих мер, направленных на их предотвращение [1].

1. Практический опыт, современные подходы и технологии по повышению НБЦ объектов ТТНН, используемые в зарубежных компаниях

В данной статье проанализирован практический опыт, современные подходы и технологии по повышению НБЦ объектов ТТНН, используемые в зарубежных компаниях Enbridge (США), Kinder Morgan (Канада, США), TC Energy (TransCanada), Conoco Phillips (США), Magellan Pipeline Co. LP (США), Statoil (Норвегия), ВР (Британия), Shell (Нидерланды, Британия), Eni (Италия), ExxonMobil (США), Chevron (США), PetroBras (Бразилия), PetroChina (Китай), Total (Франция). Следует отметить, что выбранные для анализа компании объединяет общий принцип к обеспечению НБЦ путем организации мер по уменьшению рисков аварий и инцидентов до возможного минимально уровня при сохранении экономической целесообразности.

1.1 Компания Enbridge

Подход к обеспечению НБЦ объектов ТТНН компания представлен в документе «Safety Management System Framework» [2], структура которого содержит следующие положения:



- обязанности и ответственность руководителей по обеспечению и совершенствованию безопасности на объектах компании;
- постоянный аудит системы управления компанией с целью совершенствования подходов к обеспечению НБЦ, гарантий эксплуатационной безопасности, привлечение заинтересованных лиц и непрерывное совершенствование;
- управление рисками (включает идентификацию, анализ и определение приоритетных рисков, которые связаны непосредственно с процессом эксплуатации объектов ТТНН и возможностью причинения ущерба третьим лицам и окружающей среде). Внедрение системы управления рисками содействует созданию культуры, сфокусированной на выявлении и уменьшении рисков (рисунок 1);
 - эксплуатационный контроль;
- управление аварийными ситуациями и изучение причин их возникновения;
 - аварийно-спасательные работы и готовность их осуществить;
- обеспечение компетентности, информированности персонала и проведение тренингов;
 - ведение документации и учет.



Рисунок 1. Система управления рисками в компании Enbridge



Компания в своей деятельности придерживается *следующих подходов для обеспечения высоких уровней НБЦ системы* на этапах жизненного цикла объектов ТТНН.

Проектирование и строительство.

Обеспечение безопасности и целостности работы системы начинается задолго до начала строительства и управления любой энергетической инфраструктурой: происходит тщательный отбор маршрутов и мест расположения трубопроводов и соблюдение стандартов мирового класса при проектировании, особенно в критических точках трубопровода (пересечение с дорогами и другими трубопроводами, подводные переходы). В Компании установлены высокие стандарты на используемые материалы, в том числе материалы труб, коррозионно-ингибирующих покрытий и систем катодной защиты. Компания применяет самые современные практики строительства, которые обеспечивают своевременное выявление и минимизацию воздействия на окружающую среду.

Эксплуатация, контрольные и профилактические мероприятия.

В процессе эксплуатации компания снижает риски за счет мониторинга, предотвращения ущерба и управления целостностью трубопроводов, которая включает в себя использование самых современных технологий. В число контрольных и профилактических мероприятий входят следующие.

- Внутритрубная диагностика. Компанией регулярно проводится плановая внутритрубная диагностика.
 - Гидравлические испытания.
- Контроль трещин и коррозии. Контроль возникновения и развития трещин проводится с использованием ультразвуковых технологий. Для борьбы с коррозией применяются антикоррозионные покрытия, установка системы катодной защиты, проведение регулярного мониторинга и инспекций, а также, в необходимых случаях внутритрубная очистка скребками.



- Патрулирование трубопроводов. Использование пилотируемых воздушных судов, наземных транспортных средств и пеших обходов, регулярный визуальный и диспетчерский контроль трубопроводов, наблюдение за потенциальными угрозами, которые могут представлять опасность. Использование системы GPS (Global Positioning System) и передовых технологий обработки изображений для проверки глубины залегания, пространственного положения трубопроводов и обнаружения движения грунта.
- Поддержание целостности оборудования. В работе компания использует современные стандарты проектирования, оборудование и строительные технологии, отработанные процедуры ввода в эксплуатацию и предотвращения механических повреждений, эксплуатации и технического обслуживания, инспекция резервуаров и оборудования трубопроводов направлены на обеспечение НБЦ всех объектов ТТНН.
- Замена и ремонт труб. По итогам анализа диагностической информации и результатов физического осмотра осуществляется замена трубы и объектов инфраструктуры. На разных этапах возможна замена или ремонт трубы при условии безопасности реализации данной процедуры, а также ее экономической целесообразности.
- Обнаружение утечек. В компании применяются системы определения утечек.

Программа управления НБЦ нефтепроводов и нефтепродуктопроводов компании включает оценку текущего состояния и поддержание целостности трубопровода с целью сведения к минимуму рисков и последствий повреждения трубопровода, которые могут повлиять на селитебную зону и окружающую среду. План по управлению целостностью основан на информации и знаниях, собранных более чем за 50 лет опыта эксплуатации трубопроводов, включая техническую информацию и информацию об окружающей среде, данные повторного внутритрубного осмотра и тестирования.



1.2 Компания Kinder Morgan

В основу программ обеспечения НБЦ системы трубопроводов положена «проактивная позиция» — акцент основных усилий компании по обеспечению безопасности сфокусирован на предотвращении аварий и происшествий, а не минимизации негативных последствий от них.

Ключевым элементом политики компании по обеспечению надежности и безопасности трубопроводных систем является *управление целостностью* [3].

Система по управлению целостностью трубопроводов включает в себя следующие элементы [4]:

- мониторинг и контроль объектов трубопроводных систем;
- оценка рисков;
- мониторинг и предотвращение ущерба;
- сокращение ущерба от разлива нефти.

Следует отметить, что компания Kinder Morgan не разделяет понятие «безопасность» и «целостность» [5], делая акцент на развитие механизмов обеспечения безопасности и бесперебойности работы трубопроводных систем.

Мониторинг состояния объектов ТТНН осуществляется специалистами в диспетчерских пунктах круглосуточно. Каждые 5 лет компания проводит, по крайней мере, одну полную плановую проверку всей линейной части. Для контроля таких показателей, как давление и скорость потока во всех элементах трубопроводной системы компании используется система SCADA, которая позволяет операторам трубопровода регулировать поток жидкости, управлять работой насосов и задвижек, а также предупреждает операторов об отклонении от технологических процессов и потенциальных угроз.

При проведении внутренних инспекций трубопроводов Kinder Morgan использует интеллектуальные контрольно-измерительные приборы внутритрубной диагностики. Модуль внутренней геометрии на приборах



определяет самые незначительные изменения в состоянии исследуемых труб, в том числе изменения диаметра, трещины и вмятины. Датчик поверхностной коррозии стенки позволяет обнаружить участки с потерей металла. Приборы внутритрубной диагностики оснащены модулем, измеряющим пройденное расстояние, что дает возможность определить конкретное место потенциальной угрозы. В случае необходимости проводится вскрытие вызывающего сомнения участка трубы, который подвергается более тщательному исследованию. При обнаружении дефекта специалисты осуществляют ремонт трубы или принимают решение о ее замене на новую.

Для проверки трубопровода компания проводит *гидравлические испытания, которые проводятся в три этапа*. На первом этапе в трубе создается рабочее давление, которое сохраняется в течение 10 минут. На втором этапе в трубе создается давление, превышающее рабочее на 5 %, и также оставляется на 10 минут. На третьем этапе в трубе создается давление, на 10 % превышающее рабочее. В случае обнаружения утечки при испытаниях компания проводит необходимые ремонтные работы.

Для защиты труб *от внешней коррозии применяется специальное* антикоррозийное покрытие и катодная защита. Состояние катодной защиты проверяется один раз в месяц. Для предотвращения внутренней коррозии и очистки внутритрубных отложений компания использует различные очистные устройства.

В целях дистанционного контроля состояния окружающей среды и объектов ТТНН компания один раз в неделю проводит аэро-, фото-, видеосъемку местности и наземное патрулирование трубопроводов.

Для минимизации рисков повреждения объектов ТТНН третьими лицами компания реализует программу информирования общественности о близлежащих трубопроводах.

В рамках деятельности по обеспечению НБЦ линейной части компания запатентовала и внедрила специальный протокол по оценке состояния



трубопроводов, который является инновационным решением для поиска трещин в продольных швах. После сбора первичной информации аналитики компании проводят оценку уровня угрозы для каждой секции трубопровода, в которой обнаружены какие-либо отклонения.

1.3 Компания ВР

Для обеспечения НБЦ объектов ТТНН компания ВР создала систему управления рисками (СУР) [6]. Данная система включает в себя общие корпоративные требования в отношении здравоохранения, безопасности, окружающей среды, социальной ответственности, эксплуатационной надежности, а также смежные вопросы. Корпоративные управление BP, регулирующие документы различными рисками, соответствуют международным, европейским и британским стандартам. Компания ВР в своей производственной деятельности следует стандартам Глобальной инициативы по отчетности (Global Reporting Initiative - GRI), Международной ассоциации нефтяной промышленности по охране Petroleum окружающей среды (International Industry Environment Conservation Association – IPIECA) и Глобального договора Организации Объединенных Наций (The Global Compact of the United Nations, – UN Global Compact). В рамках СУР компания управляет, контролирует и ведет учет основных рисков, которые могут повлиять производственную на деятельность и планы ВР [6].

Системы управления, организационные структуры, процессы, стандарты, «Кодекс корпоративной этики» [6] образуют систему внутреннего контроля за операционной деятельностью и управлением связанными с ней рисками.

СУР включает в себя следующие элементы:

- ежедневное управление рисками на каждом объекте и на каждой стадии производства: идентификация и управление рисками, содействие осуществлению безопасной, надежной и законной деятельности;



- бизнес и стратегическое управление рисками. Операционная деятельность провоцирует возникновение рисков в ключевых бизнеспроцессах, в частности стратегиях, планировании, управлении эффективностью, ресурсах и распределении капитала, оценки проекта. Компания применяет стандартную процедуру сопоставления данных рисков, изменяет стандартную процедуру по управлению рисками, способствуя дальнейшему совершенствованию и планированию новых мероприятий;
- контроль за исполнением. Функциональное руководство, исполнительная команда, правление и соответствующие Комитеты обеспечивают надзор с целью выявления рисков, их понимания и управления ими. Исполнительные комитеты утверждают политику и следят за процессом управления существенными рисками ежегодно.

Предприятия Компании уполномочены выявлять операционные риски, управлять ими, а также осуществлять самостоятельные проверки. Деятельность предприятий подлежит независимой проверке и страхованию.

Рабочая группа по безопасности и операционным рискам работает с предприятиями в целях установления четких требований, сохранения независимой точки зрения на операционный риск, изучения метода оценки рисков, управлениями ими, определения приоритетных рисков, вмешательства в деятельность предприятия в случае необходимости проведения корректирующих действий.

Компания идентифицирует определенные риски в качестве первостиенных для осуществления Советом директоров над ними детального контроля: риски, связанные с разливом нефти в Мексиканском заливе, геополитические риски, охрана и безопасность, недобросовестное поведение сотрудников, несоблюдение нормативно-правовых норм, несоблюдение торговых норм, информационная безопасность, реализация крупных проектов, а также происшествия, связанные с бурением скважин, управлением объектами, транспортировкой углеводородов.



Компания уделяет большое внимание *инвестициям* в научноисследовательские разработки, собственные испытательные лаборатории и системы экспертизы.

Компания учитывает экологические и социально-экономические особенности региона, чтобы спланировать меры по ликвидации разливов нефти. Использование построенных при помощи спутников, вертолетов и наземных съемок двух и трехмерных моделей наиболее уязвимых регионов позволяет разработать соответствующие стратегии реагирования [6]. Модели отражают географическую, оперативную, инфраструктурную, социально-экономическую, биологическую информацию и информацию о местах обитания, и были созданы для лучшего понимания потенциального воздействия нефтяных разливов.

1.4 Компания ConocoPhillips

Оптимизация производства декларируется компанией как системный подход, направленный на повышение безопасности, надежности и эффективности производственной деятельности.

Цели оптимизации:

- снижение рисков. Продуманный процесс управления рисками может позволить снизить частоту возникновения инцидента и смягчить последствия наиболее серьезных из них;
- инвестиции в постоянное улучшение безопасности всех бизнеспроцессов и повышение производительности труда;
- основой для успешного процесса управления безопасностью является участие каждого работника.

1.5 Компания Shell

Компанией Shell для управления НБЦ разработан *системный подход к* управлению операционными рисками, рисками безопасности, рисками причинения вреда здоровью сотрудников и окружающей среде с целью



достижения высоких показателей эффективности деятельности компании и бесперебойного функционирования.

При управлении промышленной безопасностью компания Shell использует подход «Pipeline Integrity Management System» (управление целостностью трубопровода), что минимизирует вероятность наступления события, повышает эффективность негативного использования функционирования трубопроводной приводит более системы, длительному сроку использования активов, сокращению затрат проведение ремонтных работ и технического обслуживания, а также приводит систему управления рисками в соответствие с требованиями законодательных органов.

многопараметрическую Используя методику при управлении целостностью и безопасностью системы трубопроводного транспорта, которая подразумевает объединение и комбинирование данных информации различных источников И оценку технического обслуживания проведение работ превентивного характера И обеспечению безопасности, компания Shell стремится непрерывное и надлежащее функционирование систем трубопроводов на всех участках. Те сегменты трубопровода, на которых наиболее высока вероятность наступления рискового события, и отказ функционирования наиболее которых привести К тяжелым последствиям, может систематически и тщательно оцениваются на предмет НБЦ, после чего компанией для каждого такого участка разрабатываются специальные инструкции.

1.6 Компания Statoil¹

Корпоративная стратегия компании Statoil в области обеспечения НБЦ основана на принципе нулевого ущерба. Компания определяет оценку

¹ В 2018 г. международная энергетическая компания Statoil (Den Norske Stats Oljeselskap AS - Statoil) изменила своё название на Equinor.



рисков как ключевой подход к решению задач в указанной области, который обеспечивает большую гибкость и лучшие возможности для снижения стоимости работ.

В Statoil создано отдельное направление риск-менеджмента для минимизации и устранения возможных промышленных и экологических рисков, при этом оценка рисков проводится на каждой стадии всего бизнеспроцесса [7]. В Statoil разработана собственная программа охраны здоровья, безопасности и экологии.

Компания уделяет значительное внимание совершенствованию институтов, систем и процедур, необходимых для предотвращения аварий. Создан совместный проект компаний нефтегазового комплекса по предотвращению и срочному реагированию на нефтяные разливы (англ. Oil Spill Response Joint Industry Project) [8].

Все предприятия и оборудование компании Statoil спроектированы с учетом сложных погодных условий (способны выдержать низкие температуры, сильный шторм и др.). На случай аварии в компании создана Служба немедленного реагирования, которая разрабатывает планы по экстренному реагированию на потенциальные угрозы и возможные аварии для каждой определенной местности с учетом экстремальных погодных условий [9].

Statoil владеет глубоководной системой экстренного реагирования, в которую входит автоматизированное оборудование, удаленно работающее на больших глубинах, позволяющее закупоривать трещины трубопровода в месте утечки нефти [10].

С 2001 г. в Statoil действует система мониторинга технической безопасности всех своих объектов, в рамках которой осуществляется сбор и анализ данных мониторинга операционной деятельности, а также дальнейшее использование полученной информации в системе управления рисками. В 2015 г. введена в эксплуатацию новейшая автоматизированная



система глубоководной сварки трубопроводов, позволяющая работать на глубине 1000 м для трубопроводов длиной до 15000 м [11].

1.7 Компания TC Energy (TransCanada)

В соответствии с годовым отчетом компании за 2019 г., ТС Energy выделяет надежность и целостность в качестве приоритета безопасности своих активов [12]. За прошедший финансовый год в управление целостностью было вложено более 1,3 млрд долларов.

Годовой отчет, а также отчет о корпоративной ответственности за 2019 г. выделяют следующие *принципы и механизмы обеспечения целостности трубопроводных систем:*

- дистанционный мониторинг;
- применение цифровых систем управления промышленными процессами последнего поколения (например, SCADA);
 - цифровая система контроля объема транспортируемых продуктов;
 - система акустического обнаружения утечек;
 - обследование трубопроводов сотрудниками компании;
- поддержка и развитие программ общественного информирования. Законодательством Канады и США предусмотрена обязанность компаний создавать специальные центры, где можно узнать о точном местоположении трубопровода и о зонах безопасности.

В компании на непрерывной основе функционируют центры оперативного управления. Обученные операторы управляют самым современным оборудованием и технологиями мониторинга трубопроводов, что дает возможность обеспечивать безопасную и безаварийную эксплуатацию систем.

При первых признаках возникновения риска инцидента или аварии операторы могут полностью остановить перекачку нефти и нефтепродуктов в трубопроводе в течении нескольких минут. Если обнаружено отклонение от технологического процесса (например аномальное или неплановое



падение давления), система диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) немедленно предупредит операторов о прекращении работы по перекачиванию нефти и нефтепродуктов в трубопроводе, изолирует нефть или нефтепродукты в трубопроводе для минимизации потенциальных негативных последствий. В дополнение к закрытию участка трубопровода, трубопровода персонала инициируется отправка на место отказа аварийного реагирования для проведения комплексного исследования. Возобновление перекачки возможно только после подтверждения обеспечения безопасности технологического процесса. Система не может быть перезапущена до тех пор, пока на месте не будет подтверждено, что эксплуатация безопасна.

Компания ТС Energy предпринимает значительные усилия для *предотвращения и минимизации вероятности утечки трубопровода* и выявления нарушений как до начала транспортировки продуктов по трубопроводу, так и во время его работы:

- системы катодной защиты, регулярно тестируются для подтверждения их эффективности;
- все сварное швы, выполненные при строительстве трубопровода, исследуются ультразвуком или рентгеновским излучением на предмет соответствия нормативной документации;
- инструменты внутренней диагностики постоянно используются для предупреждения внутренней коррозии трубопровода;
- для обнаружения внутренних и внешних дефектов во время эксплуатации используются внутритрубные диагностические снаряды. При обнаружении каких-либо нарушений проводятся профилактические исследования и необходимые ремонтные работы для обеспечения дальнейшей безопасной эксплуатации трубопровода;
- перед началом работы федеральные регулирующие органы проверяют компанию TC Energy на наличие планов реагирования на чрезвычайные



ситуации (ЧС) для защиты населения и окружающей среды. Для каждого проекта разрабатываются индивидуальные планы реагирования на ЧС.

1.8. Компания Iroquois Pipeline Operating Company

Компания Iroquois Pipeline Operating Company является единственным оператором трубопровода Iroquois. Компания руководствуется принципами и программой управления целостностью аналогичными у ведущих компаний [13]. Важность, которую Iroquois обеспечению НБЦ отражается в использовании современных технологий в программе мониторинга производственных объектов. Эта программа основана на требованиях по безопасности Министерства транспорта США и в настоящее время включает ежегодную инспекцию существующих трубопроводов, мест пересечения трубопровода с дорогами, другими трубопроводами, периодическую инспекцию повреждений и потери металла в трубах, а также другие мероприятия. Дополнительные меры принимаются для защиты зон, которые считаются наиболее опасными с точки зрения негативных последствий.

Программа управления целостностью направлена на выявление потенциальных проблем (или проблемных областей), используя следующие методы:

- мониторинг участков трубопровода с помощью анализаторов углеводородов для обнаружения подземных утечек;
- воздушное или наземное наблюдение за участком трубопровода с целью обнаружения активности вблизи трубопровода третьих лиц;
 - мониторинг системы катодной защиты от коррозии;
- периодические внутренние проверки трубопровода, которые помогают обнаружить потерю металла, вмятины или деформацию от внешних источников.



1.9. Компания Inter Pipeline

В программах управления производственными активами, надежностью и целостностью компании Inter Pipeline особое внимание уделяется состоянию трубопроводы, техническому всех активов компании: резервуары высокого давления, резервуары для хранения, а также трубопроводы и оборудование на объектах компании [14]. Программы компании включают мероприятия ПО предотвращению коррозии, сейсмической опасности, а также мероприятия по мониторингу и ремонту. На реализацию данных направлений выделяется приблизительно одна четверть годового операционного бюджета и специальная команда сотрудников и подрядчиков.

Для управления НБЦ компания создала центры управления операционной деятельностью, развернула системы обнаружения утечек, которые обеспечивают мониторинг операций в режиме реального времени [15]. В производственной деятельности Компания использует большой оборудования запас ДЛЯ экстренного реагирования, оптимальное размещение которого позволяет своевременно реагировать на любые ЧС, возникающие в районах трассы трубопровода. Компания вкладывает значительные средства на обучение и готовность к быстрому, безопасному и эффективному реагированию на маловероятные события. Ежегодно компания проводит более 50 учений и тренировок.

Важное значение компания придает обучению работников, позволяющее им правильно выполнять свои обязанности в ЧС. Для работников существует несколько видов обучения реагированию на ЧС. Оперативный персонал в рамках Системы управления инцидентами (ICS) и работники, которые потенциально МОГУТ быть вовлечены реагирование на ЧС, проходят тренинги по планам реагирования на ЧС и обучение по ликвидации аварийных ситуаций. Обучение подкрепляется проведением регулярных учений по реагированию на ЧС, и менеджмент компании предпринимает разумные усилия для координации всех планов



обучения и учений с основными заинтересованными сторонами и населением [16].

Компания Inter Pipeline входит в Канадскую нефтепроводную и энергетическую ассоциацию (СЕРА), которая утверждает основные направления в области надежности и безопасности [17].

Основными направлениями ассоциации в области обеспечения НБЦ являются:

- обеспечение индекса безопасности не ниже 99,999% с постоянным стремлением достичь полного отсутствия инцидентов и аварий;
- оповещение всех членов ассоциации о значительных утечках жидкости и выбросах природного газа;
 - увеличение инвестиций в инновационные технологии.

1.10. Компания Gassco

Безопасность является главным Gassco приоритетом компании (Норвегия). В связи с этим компания систематически работает над готовностью к ликвидации аварий и безопасностью для трубопроводов и оборудования. Организация реагирования на ЧС основывается на тесном сотрудничестве co Statoil, правительственными учреждениями аварийными службами. Опыт компании поддерживается постоянным обучением и тренировками. Компании Gassco и Equinor (Норвегия) совместно опубликовали брошюру о безопасности и готовности к ЧС, чтобы предоставить информацию местным жителям, живущим вдоль трасс трубопровода в северной части страны.

НБЦ трубопровода и предотвращение крупных аварий являются приоритетными целями норвежской нефтегазотранспортной сети.

В связи с этим, компания Gassco определила следующие *основные* направления исследований и разработок:

- разработка и совершенствование методов обследования трубопроводов;



- разработка и совершенствование технологии ремонта и врезки подводных трубопроводов на разных глубинах;
- раннее обнаружение возможных причин возникновения аварий (траловых досок, якорей и сброшенных предметов), учитывая, что трубопроводы расположены в районах с рыболовной деятельностью и интенсивными грузоперевозками [18].

Политика Gassco заключается в обеспечении нулевого вреда людям, окружающей среде и имуществу других лиц. Эта точка зрения основана на убеждении, что любой вред может быть предотвращен путем систематической и целенаправленной работы в области обеспечения НБЦ трубопроводов, здоровья людей и сохранности окружающей среды.

Соответственно, компания уделяет приоритетное внимание следующим вопросам:

- безопасность: целью является отсутствие несчастных случаев и отсутствие вреда для людей, окружающей среде и имуществу других лиц;
- охрана окружающей среды: ведение деятельности при исключении вреда окружающей среде и в соответствии с принципами устойчивого развития;
- качество: корпоративное управление сосредоточено на эффективности, соответствии и постоянном совершенствовании.

Система управления компании охватывает такие аспекты, как отчетность, расследование и отслеживание инцидентов и несоответствий. Это важно для обеспечения необходимого уровня безопасности, здоровья и окружающей среды.

1.11. Компания Gasunie Transport Services

Компания Gasunie Transport Services (GTS) достигла высокой степени обеспечения НБЦ своей трубопроводной системы в 2018 г. [19]. В Нидерландах произошел только один незначительный перерыв подачи газа. Расследование причин этого нарушения показало, что инцидент произошел



по вине потребителя, ошибок со стороны компании не было. Компания остановила прямую программу проверки трубопроводов и сделала акцент на улучшение катодной защиты трубопроводов, одного из важнейших способов обеспечения целостности трубопроводов.

Как национальный оператор сети GTS отвечает за обеспечение достаточной пропускной способности, сбалансированной транспортной сети и необходимых соединений с другими газотранспортными сетями. Безопасность, эффективность и надежность системы являются ключевыми вопросами.

GTS собственного контролирует транспортную систему ИЗ диспетчерского центра. Центр отслеживает все аспекты, касающиеся способность, физического транспорта газа, включая пропускную Система немедленно устраняет или температуру и давление газа. локализует любые неисправности дистанционно открывая или закрывая запорную арматуру. Это делается с помощью специально разработанной компьютерной программы под названием ARGOS (автоматическая дистанционная передача газа и онлайн-симуляция). В центре также используется компьютерная программа NIMBUS (информационные модули по обработке, обмену данными и управлением SCADA). Программа применяется диспетчерами для контроля выполнения дневных и ночных контрактов на транспортировку газа потребителям [20].

Важным фактором, способствующим деятельности компании, GTS считает *безопасность сотрудников и окружающей среды*. Поэтому приоритетом является обеспечение НБЦ для минимизации риска аварий и инцидентов. В 2017 г. и 2018 г. было зафиксировано по 5 инцидентов без остановки транспорта газа [19].

1.12. Компания Plains All American Pipeline

Целью компании является *достижение нулевых показателей по авариям и инцидентам*. В компании используется «План управления



целостностью», который состоит из текущих проверок и процедур мониторинга и технического обслуживания, которые проверяют безопасность и целостность трубопроводных систем. При этом ожидаемый срок службы трубопровода определяется, прежде всего, по результатам диагностики и обслуживанием, а не возрастом. Персонал, занимающийся управлением целостностью, активно участвует в работе нескольких отраслевых групп, чтобы быть в курсе новейших технологий и методов управления целостностью [21].

План включает в себя гидравлические испытания и регулярное использование современных инструментов контроля для оценки целостности трубопроводов. Диагностические приборы, оснащенные средствами контроля, способны выявлять дефекты труб и условия, которые потенциально могут повлиять на безопасность эксплуатации. Эта технология позволяет заблаговременно выявлять и устранять возможные проблемы с целостностью трубопроводов.

Компания также использует следующие процедуры, необходимые для обеспечения НБЦ трубопроводных систем на требуемом уровне:

- регулярный мониторинг;
- внутренний и внешний контроль коррозии;
- регулярный воздушный надзор;
- плановое обслуживание и мониторинг оборудования;
- очистка охранной зоны трубопровода;
- осмотр подводных переходов трубопровода;
- программы обучения и повышения квалификации сотрудников.

Компания обеспечивает круглосуточный удаленный мониторинг трубопроводов и использует технологии обнаружения утечек в режиме реального времени для быстрого выявления и устранения потенциальных проблем.

Для объектов компании разработаны и действуют планы по предотвращению ЧС, позволяющие оперативно отключать и изолировать



участки трубопровода и принимать меры для защиты здоровья людей и окружающей среды. Для этого компания регулярно заключает контракты со специализированными компаниями по аварийному реагированию на любую ЧС [22].

Для снижения вероятности возникновения аварии и уменьшения величины потенциального ущерба при строительстве новых трубопроводов в местах пересечения с крупными водными объектами или в густозаселенных районах компания использует горизонтально-направленное бурение.

1.13. Компания Transpetro (Бразилия)

В компании создан центр управления логистикой, который имеет круглосуточную централизованную систему мониторинга всех операций на трубопроводах (более 24 тыс. км трубопроводов по транспорту нефти и газа) с использованием высокотехнологичного оборудования.

С 2015 г. в компании внедрена система управления рисками, система доступа к нормативным и правовым документам, а также запущена база Системы управления изменениями (аналог системы управления целостностью).

2. Анализ технологий по повышению надежности и безопасности объектов ТТНН, используемых в зарубежных компаниях

Анализ операционной деятельности вышерассмотренных компаний позволил:

- выделить некоторые особенности обеспечения НБЦ и используемые технологии по обеспечению надежности и безопасности объектов ТТНН, применяемые ведущими зарубежными компаниями, осуществляющими транспортировку нефти и нефтепродуктов (таблица 1);



- выделить основные аспекты организации систем управления надежностью, безопасностью и целостностью трубопроводов в крупнейших зарубежных компаниях-операторах ТТНН.

Сводные данные по системам управления НБЦ компаний приведены в таблице 2.

Таблица 1. Технологии по обеспечению надежности, безопасности и целостности объектов трубопроводного транспорта, применяемые ведущими зарубежными компаниями, осуществляющими транспортировку нефти и нефтепродуктов

№ п/п	Технологии по обеспечению надежности и безопасности	Краткое описание
1.	Программа информирования общественности о близлежащих трубопроводах	Заключается в активном информировании общественности о местоположении магистральных трубопроводов и правилах безопасности, связанных с ними (проведение специальных занятий в школах, предоставление соответствующих отчетов заинтересованным лицам). Создание системы телефонного уведомления (предусматривается установка специальных телефонных аппаратов и предупредительных знаков вдоль трассы).
2.	Методы комплексной оценки риска	Метод интегрирован в систему оперативного управления, охватывающую все стадии реализации проектов. Анализ надежности и безопасности осуществляется с помощью специальных баз данных и программных продуктов.
3.	Картографирование чувствительных зон	Позволяет идентифицировать места проживания и деятельности малочисленных народов, которые могут пострадать от разливов нефти, а также разработать соответствующие стратегии реагирования.
4.	Рассмотрение перспектив и возможностей участия в инициативах по глобальному, межкорпоративному реагированию в рамках OSRL, «Oil spill joint industry project»	Oil Spill Response Limited (OSRL) — крупнейшая международная организацией по реагированию на аварийные ситуации. Это своеобразный международный диспетчерский центр и ресурсная база, участие в которой позволяет повысить возможности организации при ликвидации возможных аварий.
5.	Фото- и видеосъемка местности с помощью беспилотных летающих аппаратов, спутниковый мониторинг	Позволяет осуществлять дистанционный контроль состояния окружающей среды и технических объектов, особенно в труднодоступных для транспорта зонах.



№ п/п	Технологии по обеспечению надежности и безопасности	Краткое описание
6.	Автоматизированная система контроля безопасности, связанная с произошедшими отказами, инцидентами и авариями	Является составной частью систем управления безопасностью, надежностью и целостностью зарубежных компаний (например, Safety Management System Framework, Enbridge). Осуществляет анализ: 1) Соблюдения сроков расследования отказов, инцидентов в соответствии с требованиями НТД; 2) Полноты и качества внесённой информации в единую базу данных; 3) Нарушений, приведших к отказам, инцидентам; 4) Мероприятий по недопущению аналогичных отказов, инцидентов.
7.	Использование критериев устойчивости и принципа минимально приемлемого уровня риска	Метод предполагает установление допустимого риска (количественного значения) аварий на объектах ТТНН. Может применяться для обоснования промышленной безопасности объектов ТТНН, применяемых в условиях отступления от установленных требований.
8.	Выявление зон повышенного геологического риска	Заключается в анализе областей, подверженных повышенному геологическому риску (в первую очередь, наводнениям, эрозии почвы, сейсмической активности и оползням), так как такие природные процессы могут нанести значительный ущерб функционированию трубопроводной системы.
9.	Программное обеспечение OILMAP, основанный на методе Монте-Карло	Результаты расчетов используются для формирования карты рисков, отражающей вероятность наступления рисков и степень их влияния. Расчеты осуществляются с помощью специальных баз данных и программных продуктов.

Из представленного анализа следует, что большое внимание компании уделяют экологически ориентированным технологиям, которые способствуют повышению экологической и производственной безопасности при транспортировке нефти и нефтепродуктов, а также направленным на обеспечение сокращения выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.



Таблица 2. Сводная таблица по системам управления НБЦ зарубежных компаний

	Аспект целостности								
Название компании	Системы управления безопасностью процесса	Физическое состояние оборудования/ объектов	Системы, отвечающие за безопасность	Корпоративное управление	Кадровые ресурсы (вовлеченность и обучение персонала)	Культура безопасности труда и окружающей среды			
Kinder Morgan	+	+	+	+	+	+			
Trans Canada	+	+	+	+	+	+			
Enbridge	+	+	+	+	+	+			
Iroquois Pipeline Operating Company	+		+	+	+	+			
Inter Pipeline	+			+	+	+			
Gassco	+	+	+			+			
Gasunie Transport Services	+	+	+			+			
Plains All American Pipeline	+	+		+		+			
Transpetro	+				+	+			
BP	+	+	+	+	+	+			
ConocoPhillips	+	+	+	+	+	+			
Shell	+	+	+	+	+	+			
Statoil	+	+	+	+	+	+			

В качестве мер, применяемых для смягчения последствий реализации рискового события, в нефтегазовых компаниях применяются такие, как оценка технических характеристик объекта, заблаговременная подготовка соответствующих мер ПО смягчению И ликвидации последствий, оценка свойств транспортируемого сырья в конкретных условиях, природно-климатических подготовка оборудования локализации разливов, а также предварительная оценка потенциальных биофизических, социальных, экономических последствий в случае разлива.

Зарубежные нефтегазовые компании активно вовлечены в процессы создания и использования систем управления рисками и их учета, осуществляют управление, контроль и учет рисков, используют системный подход для оптимизации производства.



Первостепенными остаются разливами риски, связанные транспортируемого продукта, геополитические риски, охрана безопасность, недобросовестное поведение сотрудников, несоблюдение Регулярно нормативно-правовых норм. проводятся гидравлические испытания, профилактика коррозии.

Акцентом деятельности компаний по обеспечению безопасности является предотвращение аварий и происшествий, а не минимизация негативных последствий от них. Например, меры по предупреждению и ликвидации последствий аварий, в том числе разливы и утечки, а также регламенты и планы ликвидации аварий, используемые в компаниях ВР, ConocoPhillips, Enbridge, Kinder Morgan, TC Energy и Shell являются схожими для всех вышеуказанных компаний. Так, при обнаружении аварийной ситуации, компания незамедлительно обязана уведомить соответствующий государственный орган, ликвидировать причину аварии, обеспечить безопасность резидентам, устранить продукты разлива.

Существует стандартная для отрасли структура процесса ликвидации разлива. При разливе: компания должна определить место утечки или разлива, сообщить в национальный центр реагирования на ЧС; перекрыть подачу продуктов; изолировать область разлива; при необходимости эвакуировать население; устранить разлив продукта. Как правило, несколько раз в год компании проводят учения по ликвидации условного разрыва трубопровода и разлива транспортируемого продукта, в которых используются обучающие компьютерные программы, симуляторы и учебно-тренировочные занятия на местности. Следует отметить ряд перспективных технологий, используемых зарубежными компаниями для промышленных развитие картографирования снижения рисков: чувствительных зон и выявление зон повышенного геологического риска (Enbridge); применение спутникового мониторинга, фото- и видеосъемки трассы МН и МНПП с помощью беспилотных летательных аппаратов.



Особое внимание уделяется надежности и безопасности и предотвращению аварийных ситуаций на участках с повышенным экологическим риском в таких компаниях, как Enbridge и BP.

В Северной Америке оценка последствий аварий происходит с применением полуколичественного метода, который был разработан WorleyParssons Canada Services Ltd. и широко распространен в мире. Метод сочетает в себе имитационное моделирование с качественными методами типа экспертной оценки. Полуколичественный метод оценки рисков применяют такие компании, как Enbridge, Kinder Morgan, Shell. На основе проведенных расчетов формируется карта рисков, отражающая вероятность наступления рисков и степень их влияния. Для моделирования разливов Enbridge и Kinder Morgan применяет программное обеспечение OILMAP.

Европейские компании, например Statoil и Total, используют как собственные количественные программные средства, так и методы экспертной оценки. В Европе широко применяются программные комплексы Phast и Phast Risk для оценки последствий аварий и оценки ущербов. Возможности и достоверность моделирования вышеуказанных программ проверены сравнительным тестированием с аналогичными российскими программами [23].

Сравнительный анализ практик зарубежных компаний нефтегазовой отрасли в области обеспечения надежности, безопасности и целостности трубопроводных систем представлен в таблице 3.



Таблица 3 — Сравнительный анализ практик зарубежных нефтегазовых компаний в области управления надежностью, безопасностью и целостностью объектов нефтегазовой отрасли

BP	Conoco Philips	Enbridge	Kinder Morgan	Trans Canada	Shell	Statoil			
1. Основные при	1. Основные принципы и подходы к управлению надежностью, безопасностью, операционными, эксплуатационными и производственными рисками								
Уменьшение	Основные	Стратегическими целями	Планирование	Внедрение основанных на	Обеспечение	Принцип нулевого			
негативного влияния	принципы:	компании являются:	управления	надежности методологий;	безопасности персонала	ущерба в области			
на окружающую	безопасность,	абсолютно безопасные	надежностью и	использование риск-модели	и населения; защита	безопасности,			
среду, приоритет	персонал,	операции и отсутствие	безопасностью;	при утверждении критериев	окружающей среды;	охраны здоровья и			
сохранения жизни и	честность,	инцидентов; увеличение	идентификация	проектирования и	эффективное	окружающей среды.			
здоровья работника	ответственность,	затрат на обеспечение	рисков; качественная	установлении приоритетов	использование	Способ реализации			
по отношению к	инновации и	герметичности системы и	оценка рисков;	обслуживания;	материалов и	данного принципа –			
результатам	командная работа.	обнаружения утечек;	количественная	использование технологии	энергоресурсов;	оценка рисков на			
производственной		совершенствование	оценка; планирование	геоинформационной	реализация политики	каждой стадии всего			
деятельности,		системы менеджмента в	реагирования на	системы для поддержки	безопасности,	бизнес-процесса.			
поддержка		области герметичности	аварии и инциденты;	инженерных и	операционных,				
альтернативных		системы и обнаружения	мониторинг и	операционных процессов	эксплуатационных и				
источников энергии.		утечек; продолжение	контроль	компании; применение при	производственных				
		инспекций труб;	технического	строительстве магистралей	рисков наравне с				
		внедрение новых техник	состояния.	самых высокопрочных	основными				
		оценок риска;		сталей; использование	направлениями				
		техническая надежность		механизированной сварки в	деятельности, развитие				
		системы; развитие		строительстве трубопровода	культуры безопасности				
		программ по		большого диаметра, а также	среди персонала				
		обеспечению		применение ультразвуковых					
		промышленной		методов тестирования при					
		безопасности;		установке					
		предотвращение и		высококачественных сталей					
		обнаружение утечек;		для магистральных сетей.					
		инвестирование в							
		инновационные							
		технологии.							



BP	Conoco Philips	Enbridge	Kinder Morgan	Trans Canada	Shell	Statoil		
2. Система внутреннего контроля за операционной деятельностью								
Создание различных	-	Диспетчерская служба;	Внутренний	Внедрены системы для	Определение аспектов	В Компании		
комитетов, кодексов		Единый центр	ежеквартальный	дистанционных и	безопасности; Система	выполняется		
и стандартов,		управления,	аудит	беспилотных операций;	управления рисками	«Программа		
регулирующих		объединивший все		Используется	промышленной	здоровья,		
операционную		структуры, связанные с		специализированное	деятельности, Установка	безопасности и		
деятельность;		обеспечением		программное обеспечение	требований к	экологии». Вопросы		
жесткая система		промышленной		для постоянной диагностики	управленческому	в области		
риск-менеджмента		безопасности; Система		аномалий;	персоналу,	промышленной		
на всех уровнях		диспетчерского		Система риск-менеджмента,	организационной	безопасности,		
		управления и сбора		основанная на методе	структуре, технологиям	охраны труда,		
		данных SCADA и CPM;		количественного измерения	работы.	окружающей среды		
		аэро фото- и видеосъемка		параметров объектов с		составляются в виде		
		местности и наземное		наибольшим возможным		«карты рисков»		
		патрулирование		ущербом при аварии, что		компании и		
		трубопроводов;		позволяет установить		рассматриваются на		
		тестирование		приоритеты обслуживания		Совете директоров.		
		оборудования на ELDER						
3. Система управле	ния техническим о	бслуживанием						
Компания обладает	Специальные	Плановые проверки	Используется SCADA	Опирается:	Цели компании:	Используется		
своими	бригады, которые	трубопроводов с	автоматизированная	на комплексную оценку	развивать и внедрять	система мониторинга		
специалистами по	делятся на два	использованием роботов,	система контроля	Плана годового	методологию	технической		
техническому	типа: для	радиографического	технического	обслуживания и	регулярных проверок и	безопасности		
обслуживанию,	ликвидации ЧС и	оборудования, приборов	состояния	целостности; Систему	тестов; проведение	объектов, в рамках		
которые регулярно	для обслуживания	для волоконно-	трубопроводных	оценки риска; систему	ремонтных работ и работ	которой		
проходят обучение и	объектов компании	оптического измерения	систем	управления документами	по техническому	осуществляется сбор		
тренинги совместно		температуры,		инженерной системы;	обслуживанию; обучение	и анализ данных от		
с другими		акустического		Систему отслеживания	персонала; повышение	операционной		
организациями (по		зондирования и AUV;		инцидентов. В результате	подготовки и	деятельности, а		
месту пребывания) в		гидростатические		разрабатываются:	квалификации	также дальнейшее		
целях повышения		испытания; методы		Программа управления	специалистов по	использование		
квалификации		подтверждения		обслуживанием;	контролю состояния	полученной		
		соответствия		Планирование работ по	оборудования,	информации в		
		требованиям		техническому	инструментов и	системе управления		
		безопасности; анализ		обслуживанию;	приборов.	рисками.		
		областей, подверженных		График технического				
		повышенному		обслуживания				
		геологическому риску						



BP	Conoco Philips	Enbridge	Kinder Morgan	Trans Canada	Shell	Statoil		
4. Идентификация и оценка угрозы аварии, моделирование разливов и определение возможных последствий								
После разлива нефти в Мексиканском заливе идентификация и оценка угрозы аварии в ВР значительно улучшились. Для оценки рисков используется подход IRAP, для идентификации и мониторинга рисков начинает применяться робототехника	Проводится моделирование разливов нефти и нефтепродуктов, определение возможных последствий и проверка моделей тестовым полигоном. Здесь же проходят обучение бригады по ликвидации последствий аварий и ЧС.	Для моделирования разливов Enbridge применяет программное обеспечение «OILMAP»	Сигнал подается автоматизированной системой, заложен уровень сигнала, при необходимости срабатывают автоматизированные или ручные заслонки	Компания разработала прогнозирующие модели для оценки частоты реализации риска и модели предсказания последствий при реализации риска. Данные модели входят в состав единого пакета программного обеспечения и связаны с обширной базой данных, где хранится вся информация о и функционировании системы трубопровода.	При оценке аварий и их последствий компания использует следующие основные методы: моделирование с учетом истории эксплуатации; сценарное прогнозирование; оценка вероятности события; анализ частоты аварии и оценка полученных результатов; определение частоты аварий; подсчет издержек от последствии аварии; моделирование	Программное обеспечение для симуляции аварийных разливов нефти (oil spill software). Программное обеспечение для оценки последствий потенциальных рисков и аккумулирования их в таблицу (risk analysis software)		
5. Методы подсчета В результате картографирования чувствительных зон высчитывается агрегированный показатель, зависящий от масштаба аварии, местоположения региона аварии в экосистеме, частота аварии и другие параметры	а ущербов от послед Количественный и качественный анализ рисков с помощью матрицы возможности возникновения риска и его последствий, а также с использованием матрицы рисков	На основе результатов моделирования с применением программного обеспечения «ОІСМАР» и данными оценки вероятностей наступления рисков	Количественный анализ — суммируются все понесенные затраты за минусом затрат покрываемых страховкой, а также метод восстановительной стоимости	Риск определяется как произведение вероятности нежелательного события на возможные последствия: внешняя коррозия; коррозионное растрескивание трубопроводов под нагрузкой; геотехнические нагрузки; механическое повреждение. Последствия реализации аварийных ситуаций также разбиты на определенные категории: влияние на безопасность	Оценка риска сопровождается количественными и качественными оценками исходя из следующего определения риска: риск есть произведение суммарного ущерба на вероятность наступления риска. По результатам оценки риска составляется рискматрица, исходя из которой составляется бальная оценка	-		
				населения; влияние на безопасность потребителей; влияние на безопасность окружающей среды; влияние на общественное мнение; влияние на финансовый результат.	потенциальных рисков, которым соответствуют определенные действия со стороны менеджмента компании.			



BP	Conoco Philips	Enbridge	Kinder Morgan	Trans Canada	Shell	Statoil			
6. Система управле	6. Система управления чрезвычайными ситуациями, меры по смягчению последствий аварий								
Примером	Данные	Многоступенчатая	Отводятся аварийно-	Система управления ЧС	Система управления ЧС	Программа по			
управления ЧС и	отсутствуют	разветвленная система	спасательным	компании представляет	включает ключевые	повышению			
минимизацией		для управления	службам, которые	собой интегрированную	аспекты: анализ	безопасности			
ущерба окружающей		чрезвычайными	выбираются для	систему мер: разработка	готовности к ЧС	(Security improvement			
среде служит		ситуациями: местные	сотрудничества	четких инструкций и	(раскрыть вопросы:	programme)			
принятие ВР		группы по оказанию	ежегодно	инструментов с целью	какой тип риска	Компания участвует			
Антикризисной		помощи в случае		оказать помощь	существует? какие	в совместном проекте			
стратегии после		возникновения		региональному персоналу в	последствия? какие меры	компаний			
аварии в		аварийной ситуации,		разработке комплексных	реагирования следует	нефтегазового			
Мексиканском		региональные группы		планов реагирования на ЧС	применять? каким	комплекса по			
заливе. Активно		реагирования,		по конкретным участкам	образом возможно в	предотвращению и			
внедряется система		структурные		трубопровода; организация	кратчайшие сроки	срочному			
оперативного		подразделения и группы		учебных мероприятий и	нормализовать	реагированию на			
реагирования на		управления		тренингов, подготовки	деятельность	нефтяные разливы			
аварии. Компания		чрезвычайными		аудиторов и мероприятий по	компании?); организация	(Oil spill joint industry			
ВР принимает		ситуациями, состоящей		контролю конкретных	деятельности персонала	project)			
участие в новой		из менеджеров высшего		участков трубопровода; а	с четким разделением				
«Инициативе по		звена; РАР; горячая		также обеспечение	функций и				
глобальному		линия; план действий		функционирования 24-	ответственности каждого				
реагированию» в				часовой бесплатной	сотрудника в случае ЧС;				
рамках OSRL				экстренной связи,	разработка и внедрение				
				доступной из любой точки.	программ подготовки				
					персонала				
7. Деятельность по	снижению негатив	вного воздействия на окр	ужающую среду						
Ведется активная	Следование всем	Инвестиции в ВИЭ;	Выполнение всех	В рамках Программы	Программа по защите	Программа			
деятельность по	международным	программа озеленения;	законодательных	управления целостностью	окружающей среды	усовершенствования			
снижению выбросов	стандартам в	поддержка фондов и	актов по сохранению	(Integrity Management	включает: защиту и	«зеленой логистики».			
в атмосферу,	странах, где	организаций,	окружающей среды и	Program, IMP)	сохранность	Передовые позиции			
промышленных	компания ведет	занимающихся защитой	добровольное участие	предполагается	биологического	по улавливанию СО2.			
отходов,	деятельность	окружающей среды;	в экологических	практическая реализация	разнообразия; контроль	Использование			
водопользования и		руководство по	программах	предварительных проверок	за парниковыми газами;	устройств для			
по проведении		строительству		и технологий, направленных	мониторинг состояния	очистки и обратной			
природоохранных		трубопроводов с учетом		на смягчение негативных	почвы и грунтовых вод;	закачки балластной			
мероприятий		мер по минимизации		последствий аварий	контроль за летучими	воды. Программа			
		негативного воздействия			органическими	управления			
		на окружающую среду			соединениями.	химическими			
						веществами			



BP	Conoco Philips	Enbridge	Kinder Morgan	Trans Canada	Shell	Statoil			
8. Методы определе	8. Методы определения риска, методы его количественного измерения								
Методы	PQA – Preliminary	При расчете рисков	Методы:	Метод комплексной оценки	При управлении рисками	Обеспечение			
определения риска:	Quantitative	разлива нефти Enbridge	моделирования,	риска	в политике компании	промышленной			
комплексная оценка	Analysis	использует	Методы определения		Shell прописаны	безопасности в Statoil			
риска, метод	(предварительная	полуколичественный	вероятности		следующие шаги:	базируется на			
минимально	оценка).	метод оценки рисков,	наступления события		систематическое	заданных критериях			
возможного риска.	Проводится с	методология которого			определение	устойчивости и			
Метод	целью	была разработана			потенциальных	принципе			
количественного	предварительного	WorleyParssons Canada			аварийных ситуаций,	минимально			
измерения:	рассмотрения	Services Ltd. Основу для			опасных событий;	приемлемого уровня			
количество	подрядчиков, а	данного метода			оценка риска против	риска (ALARP)			
несчастных случаев,	также связанных с	составляет метод Монте-			определенного критерия				
разливов нефти и	их работой рисков	Карло			и обеспечения принципа				
т.д.	для проектов				практически				
(количественный)	компании;				целесообразного низкого				
	внутренняя				уровня риска (ALARP);				
	система риск-				ведение записи				
	менеджмента,				негативных событий в				
	основанная на				журнале рисков;				
	методологии				применение адекватных				
	«Шесть сигм».				и рациональных мер для				
	Состоит из анализа				сокращения последствий				
	рисков с помощью				негативного рискового				
	матрицы рисков				события и управления				
					им; составления плана				
					восстановления в случае				
					потери контроля над				
					риском				



4. Обзор нормативных документов по оценке пригодности к эксплуатации объектов ТТНН, используемых в зарубежных компаниях

В зарубежной практике для оценки пригодности к эксплуатации объектов ТТНН используется ряд нормативных документов, которые помогают обеспечить безопасную и надежную работу оборудования под давлением, используемого на нефтегазовых, нефтехимических и химических объектах. Наиболее авторитетными из них являются руководство по оценке дефектов трубопровода (Pipeline Defect-Assessment Manual), а также ключевые регламенты по расчету прочности: API 579/ASME FFS-1 и BS 7910:2013.

Краткий обзор вышеуказанных нормативных документов представлен ниже.

4.1 Обзор руководства по оценке дефектов трубопровода (PDAM)

Документ представляет собой 473-страничное техническое руководство, в котором содержатся четкие рекомендации по наилучшим методам оценки дефектов трубопроводов и предоставляются пользователям подробные процедуры, методы и уравнения для оценки таких дефектов, как коррозия, выбоины и вмятины.

Дефекты, возникающие во время изготовления трубопровода, обычно оцениваются на основании признанных и проверенных критериев качества. Тем не менее, трубопровод всегда будет накапливать дефекты в течение срока его службы, и для оценки его состояния потребуется оценка пригодности к эксплуатации, чтобы определить, следует ли ремонтировать трубопровод.

PDAM представляет лучшие доступные в настоящее время методы оценки дефектов трубопроводов в простом и удобном руководстве и дает рекомендации по их использованию. Он основан на обширном критическом обзоре опубликованных методов оценки пригодности к эксплуатации на



основе данных испытаний и диагностики. PDAM является инструментом, который помогает поддерживать целостность трубопроводов.

Проект PDAM был запущен в 1999 г. и продолжается сегодня.

Руководство постоянно обновляется, последнее обновление (PDAM2 – второе издание) было выпущено в ноябре 2016 г. и включает в себя:

- новую главу по оценке усталости;
- новый литературный обзор проблем усталости от механических повреждений, дефектов сварного шва, трещин, распространения трещин и проблем подводной целостности и связанных с ними методов оценки;
- общее обновление руководства для улучшения ясности изложения и дополнительных рабочих примеров.

4.2 Обзор API 579-1 / ASME FFS-1 «Оценка пригодности к эксплуатации»

АРІ 579-1 / ASME FFS-1 «Оценка пригодности к эксплуатации», третье издание, — это стандарт, разработанный и опубликованный совместно Американским институтом нефти (API) и ASME. Он описывает ряд методов оценки пригодности к эксплуатации (FFS), которые помогают обеспечить безопасную и надежную работу оборудования под давлением, используемого на нефтегазовых, нефтехимических и химических объектах. Последнее издание было опубликовано в июне 2016 г.

АРІ 579-1 / ASME FFS-1 предоставляет процедуры для проведения надлежащих оценок пригодности к эксплуатации и / или переаттестации оборудования, которое спроектировано и изготовлено в соответствии с признанными нормами и стандартами. Стандарт содержит многочисленные разделы о процедурах оценки для расчета воздействия механизмов повреждения, таких как хрупкое разрушение, общая и локальная потеря металла, точечная коррозия, образование пузырей и расслоений, смещение сварного шва и деформация оболочки, трещиноподобные дефекты, ползучесть материала и воздействие высоких температур.



Стандарт содержит процедуры оценки технического состояния нескольких различных типов оборудования (сосуды под давлением, трубопроводы и резервуары), которые могут содержать дефекты или повреждения. К ним относятся оценка технического состояния сосудов под давлением, спроектированных на основе стандарта ASME для котлов и сосудов под давлением, и систем трубопроводов, которые были сконструированы либо в соответствии со стандартом для трубопроводов ASME B31.3, либо систем, разработанных в соответствии со стандартами API 650 и API 620.

Стандарт охватывает как текущую целостность оборудования, учитывая текущее состояние повреждения, так и прогнозируемый оставшийся срок службы. Для учета будущих условий эксплуатации и воздействия окружающей среды предоставляются качественные и количественные рекомендации по определению остаточного ресурса оборудования и запаса прочности для дальнейшей эксплуатации оборудования.

4.3 Обзор стандарта BS 7910:2013 («Руководство по методам оценки приемлемости дефектов в металлических конструкциях»)

Стандарт был значительно доработан в конце 2013 г. с включением в документ ряда методов оценки структурной целостности. Исходные документы включали более ранние версии ВЅ 7910 (и его предшествующие документы, PD 6493 и PD 6539), процедуры оценки целостности оборудования ядерной энергетики Великобритании R5 и R6, а также европейские документы SINTAP и FITNET.

Документ состоит из 10 статей и 21 приложения. Ключевыми пунктами являются те, которые охватывают основные виды разрушения/повреждения, а именно разрушение (пункт 7), усталость (пункт 8), ползучесть (пункт 9) и «другие способы разрушения» (пункт 10, который касается коррозии, вызванной воздействием окружающей среды, потерей устойчивости и короблением). Оба метода и используемая терминология



остаются неизменными по всему документу, так что пользователь может, например, оценить дефект, возникающий из-за усталости и/или ползучести, и наконец оценить, произойдет ли отказ (из-за пластического разрушения или разрушения) под действием статического электричества.

Приложения М и Р имеют особое значение, поскольку в них приводятся сборники коэффициентов интенсивности напряжений и эталонных уравнений напряжения / предельной нагрузки соответственно; они необходимы практически для оценки всех ситуаций отказа/повреждения.

Пользователи начинают с моделирования своей структуры в форме простой геометрии, например, пластины, трубы, сферы или стержня. Точно так же они должны моделировать любые дефекты, обнаруженные в конструкции.

Ряд параметрических уравнений можно затем использовать для расчета коэффициента интенсивности напряжений и эталонного напряжения. Для статической нагрузки результат затем наносится на диаграмму оценки отказов, чтобы оценить, является ли дефект безопасным или потенциально небезопасным.

Для дефектов, которые могут распространяться в результате роста усталости и/или ползучести, уравнения приведены в разделах 8 и 9 для оценки зависящего от времени роста дефекта, а вышеуказанная диаграмма используется для определения безопасности конструкции в конце срока службы.

Следует отметить, что пользователям стандарта не нужно пересчитывать свои старые расчеты каждый раз, когда стандарт пересматривается — если объект был сочтен безопасным с использованием более ранней редакции, более поздняя, как правило, приходит к такому же выводу, хотя иногда с более высокими показателями безопасности.

Стандарт BS 7910 оформлен в форме руководящего документа, то есть он является гибким и не предписывающим.



Пользователи стандарта могут быть условно разделены на 2 категории. У некоторых пользователей имеется подробная информация о воздействии, касающаяся анализируемой структуры, а также подробные данные о свойствах материалов и инспекции.

Другие будут иметь только расплывчатую информацию, доступную из записей о проектировании/строительстве, испытаний материалов на месте и исторических данных неразрушающего контроля. Стандарт рассчитан на то, чтобы удовлетворить потребности обеих групп, признавая при этом, что результаты оценки сильно зависят от качества входных данных.

Оценка разрушения часто состоит из нескольких итераций; если первая окажется неудовлетворительной, то для решения этой проблемы могут быть использованы более сложные процедуры. Это может включать: более детальную обработку остаточного напряжения (приложение Q), повторную характеристику дефекта (приложение E), рассмотрение ограничения на острие трещины (приложение N), учет эффектов несоответствия прочности (Приложение I), применение воздействия предварительного напряжения нагревом (Приложение O), вероятностная оценка (Приложение K) или использование концепций утечки до разрушения (Приложение F).

Документ в своей последней версии был реструктурирован, разработчики разделили его на отдельные пункты и приложения, чтобы сделать документ более «гибким» и удобным для пользователя по мере увеличения его размера и объема.

Введено новое приложение, касающееся оценки состояния труб на основе их деформации, проведен существенный пересмотр некоторых глав на основе комплексного пересмотра подходов к оценке влияния интенсивности воздействия и эталонного нагружения.



Выводы

Применение современных систем и подходов, направленных на обеспечение надежности объектов ТТНН, зависит от своевременности, полноты и достоверности получаемой информации и результатов её обработки. Процесс принятия оптимальных управленческих решений базируется на многокритериальном анализе и зависит от скорости поступления и переработки информации. Надежность объектов ТТНН в экстремальных условиях операционной деятельности и политики целеполагания трансформируется из свойства объекта в его ключевую функцию, обеспечение которой, как показывает мировой опыт, возможно реализовать различными путями.

Зарубежные компании активно проводят политику по снижению аварийности в условиях применения интегрированной системы менеджмента риска, охраны окружающей среды, охраны труда, промышленной и пожарной безопасности. С этой целью в компаниях разрабатывается комплексная структура, состоящая из программ по:

- управлению целостностью трубопроводов;
- управлению безопасностью;
- реагированию на ЧС;
- охране зон вдоль трубопровода;
- информирование общественности;
- защите и постоянному мониторингу окружающей среды.

Компании тесно взаимодействуют с государственными органами по вопросам планирования ликвидации аварийных разливов нефти, изучают научные и практические аспекты влияния работ по нефтедобыче на морские экосистемы. Большое внимание уделяется охране окружающей среды.

Для обеспечения безопасности в зарубежных нефтегазовых компаниях практикуется разработка руководств по безопасности, которые представляют собой сводный набор правил, безопасных методов работы и



действий, связанных с обеспечением функционирования трубопровода, включая строительство и обслуживание.

Проведенный анализ позволил выявить лучшие практики реагирования на происшествия на трубопроводном транспорте, а также методы снижения аварийности и защиты окружающей среды, применяемые в ведущих зарубежных компаниях, рассмотренных в настоящей статье.

Список используемых источников

- 1. Махутов Н.А., Лисин Ю.В., Федота В.И., Аладинский В.В. Анализ безопасности и рисков критически и стратегически важных нефтепроводов // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2011. № 2. С. 6-13.
- 2. Enbridge's Safety and Reliability Policy // Enbridge. URL: https://www.enbridge.com/about-us/safety/safety-and-reliability-policy (дата обращения: 08.02.2019).
- 3. Pipeline Safety // Kinder Morgan. URL: https://www.kindermorgan.com/pages/ehs/pipeline_safety/default.aspx (дата обращения: 09.02.2019).
- 4. Barrons Article Response // Kinder Morgan. 23.02.2014. URL: https://ir.kindermorgan.com/events-and-presentations/event-details/2014/Barrons-Article-Response/default.aspx (дата обращения: 10.02.2019).
- 5. Kean S. Texas Intrastate Pipelines Update // Kinder Morgan. URL: https://s24.q4cdn.com/126708163/files/doc_events/25_01_2005/2005_Analyst_Conf_03_Gas_Pipes.pdf (дата обращения: 10.02.2019).
- 6. Sustainability Review 2010. London: Pureprint Group Limited, 2011. 50 p. URL: https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/sustainability/archive/archived-reports-and-translations/2010/bp_sustainability_review_2010.pdf (дата обращения: 11.02.2019).



- 7. Governance and Risk // Equinor. URL: https://www.equinor.com/en/how-and-why/sustainability/governance-and-risk.html (дата обращения: 09.02.2019).
- 8. Официальный сайт International Petroleum Industry Environmental Conservation Association. URL: http://www.ipieca.org (дата обращения: 10.02.2019).
- 9. Sustainability Report 2014. Stavanger: Statoil, 2015. 43 p. URL: https://www.equinor.com/content/dam/statoil/documents/sustainability-reports/ Sustainability_report_2014.pdf (дата обращения: 13.02.2019).
- 10. Fostervoll H., Aune R., Berge J., Woodward N. Remotely Controlled Hyperbaric Welding of Subsea Pipelines // 6th Pipeline Technology Conference: Materials of Europe's Leading Pipeline Conference and Exhibition. Hannover, Germany. 2011. URL: https://www.pipeline-conference.com/abstracts/remotely-controlled-hyperbaric-welding-subsea-pipelines (дата обращения: 13.02.2019).
- 11. Berge J.O. Remote Pipeline Repair System // Isotek. URL: http://isotek.co.uk/projects/remote-pipeline-repair-system/ (дата обращения: 14.02.2019).
- 12. Annual report 2019 // TC Energy. URL: https://www.tcenergy.com/siteassets/pdfs/investors/tc-annual-report.pdf (дата обращения: 14.02.2019).
- 13. Integrity Management // Iroquois. URL: http://www.iroquois. com/integrity-management.asp (дата обращения: 12.02.2019).
- 14. Sustainability Report 2017 // Inter Pipeline. URL: http://www.interpipeline.com/files/pdf/sustainability/Inter%20Pipeline%20Sustainability%20Report.pdf (дата обращения: 11.02.2019).
- 15. Emergency Management // Inter Pipeline. URL: http://www.interpipeline.com/ourresponsibility/emergencymanagement/emergen cy-management-1.cfm (дата обращения: 11.02.2019).



- 16. Training and Exercises // Inter Pipeline. URL: http://www.interpipeline.com/ourresponsibility/emergencymanagement/training-and-excercises.cfm (дата обращения: 12.02.2019).
- 17. Integrity First // Canadian Energy Pipeline Association. URL: https://pr17.cepa.com/cepa-integrity-first/ (дата обращения: 12.02.2019).
- 18. Annual Report 2018 // Gassco. URL: https://www.gassco.no/aarsmelding2018/pdf/annual_report_2018-en.pdf (дата обращения: 14.02.2019).
- 19. Gasunie Transport Services B.V. Publishes its 2018 Annual Report // Gasunie Transport Services. URL: https://www.gasunietransportservices.nl/en/news/gasunie-transport-services-bv-publishes-its-2018-annual-report (дата обращения: 10.02.2019).
- 20. Network Management // Gasunie Transport Services. URL: https://www.gasunietransportservices.nl/en/about-gts/gastransport/network-management (дата обращения: 10.02.2019).
- 21. Pipeline Integrity // Plains All American Pipeline, L.P. URL: https://www.plainsallamerican.com/social-responsibility/safety/operational-safety/pipeline-integrity (дата обращения: 09.02.2019).
- 22. Operational Safety // Plains All American Pipeline, L.P. URL: https://www.plainsallamerican.com/social-responsibility/safety-environmental-stewardship/operational-safety (дата обращения: 11.02.2019).
- 23. Желтиков Е.Н., Богданова Л.А., Ганага С.В., Ковалев С.А., Овчаров С.В. Сравнение результатов расчетов потенциального риска при авариях на магистральных газопроводах, выполненных с помощью программного комплекса Phast Risk и по методике ОАО «Газпром» // Безопасность труда в промышленности. 2012. № 5. С. 69-73.



References

- 1. Makhutov N.A., Lisin Yu.V., Fedota V.I., Aladinskii V.V. Analiz bezopasnosti i riskov kriticheski i strategicheski vazhnykh nefteprovodov [Safety and Risk Assessment of Critically and Strategically Important Pipelines]. *Nauka i tekhnologii truboprovodnogo transporta nefti i nefteproduktov Science and Technologies: Oil and Oil Products Pipeline Transportation*, 2011, No. 2, pp. 6-13. [in Russian].
- 2. Enbridge's Safety and Reliability Policy. *Enbridge*. Available at: https://www.enbridge.com/about-us/safety/safety-and-reliability-policy (accessed 08.02.2019).
- 3. Pipeline Safety. *Kinder Morgan*. Available at: https://www.kindermorgan.com/pages/ehs/pipeline_safety/default.aspx (accessed 09.02.2019).
- 4. Barrons Article Response. *Kinder Morgan*. 23.02.2014. Available at: https://ir.kindermorgan.com/events-and-presentations/event-details/2014/Barrons-Article-Response/default.aspx (accessed 10.02.2019).
- 5. Kean S. Texas Intrastate Pipelines Update. *Kinder Morgan*. URL: https://s24.q4cdn.com/126708163/files/doc_events/25_01_2005/2005_Analyst_Conf_03_Gas_Pipes.pdf (accessed 10.02.2019).
- 6. Sustainability Review 2010. London, Pureprint Group Limited, 2011. p. URL: https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/sustainability/archive/archived-reports-and-translations/2010/bp_sustaina-bility_review_2010.pdf (accessed 11.02.2019).
- 7. Governance and Risk. *Equinor*. Available at: https://www.equinor.com/en/how-and-why/sustainability/governance-and-risk. html (accessed 09.02.2019).
- 8. Official Website of International Petroleum Industry Environmental Conservation Association. Available at: http://www.ipieca.org (accessed 10.02.2019).



- 9. Sustainability Report 2014. Stavanger, Statoil, 2015. 43 p. URL: https://www.equinor.com/content/dam/statoil/documents/sustainability-reports/Sustainability_report_2014.pdf (accessed 13.02.2019).
- 10. Fostervoll H., Aune R., Berge J., Woodward N. Remotely Controlled Hyperbaric Welding of Subsea Pipelines. *Materials of Europe's Leading Pipeline Conference and Exhibition «6th Pipeline Technology Conference»*. Hannover, Germany, 2011. Available at: https://www.pipeline-conference.com/abstracts/remotely-controlled-hyperbaric-welding-subsea-pipelines (accessed 13.02.2019).
- 11. Berge J.O. Remote Pipeline Repair System. *Isotek*. Available at: http://isotek.co.uk/projects/remote-pipeline-repair-system/ (accessed 14.02.2019).
- 12. Annual report 2019. *TC Energy*. URL: https://www.tcenergy.com/siteassets/pdfs/investors/tc-annual-report.pdf (accessed 14.02.2019).
- 13. Integrity Management. *Iroquois*. Available at: http://www.iroquois.com/integrity-management.asp (accessed 12.02.2019).
- 14. Sustainability Report 2017. *Inter Pipeline*. URL: http://www.interpipeline.com/files/pdf/sustainability/Inter%20Pipeline%20Sustainability%20Report.pdf (accessed 11.02.2019).
- 15. Emergency Management. *Inter Pipeline*. Available at: http://www.interpipeline.com/ourresponsibility/emergencymanagement/emergencymanagement-1.cfm (accessed 11.02.2019).
- 16. Training and Exercises. *Inter Pipeline*. Available at: http://www.interpipeline.com/ourresponsibility/emergencymanagement/training-and-excercises.cfm (accessed 12.02.2019).
- 17. Integrity First. *Canadian Energy Pipeline Association*. Available at: https://pr17.cepa.com/cepa-integrity-first (accessed 12.02.2019).
- 18. Annual report 2018. *Gassco*. URL: https://www.gassco.no/aarsmelding2018/pdf/annual_report_2018-en.pdf (accessed 14.02.2019).



- 19. Gasunie Transport Services B.V. Publishes its 2018 Annual Report. *Gasunie Transport Services*. Available at: https://www.gasunietransportservices.nl/en/news/gasunie-transport-services-bv-publishes-its-2018-annual-report (accessed 10.02.2019).
- 20. Network Management. *Gasunie Transport Services*. Available at: https://www.gasunietransportservices.nl/en/about-gts/gastransport/network-management (accessed 10.02.2019).
- 21. Pipeline Integrity. *Plains All American Pipeline*, *L.P.* Available at: https://www.plainsallamerican.com/social-responsibility/safety/operational-safety/pipeline-integrity (accessed 09.02.2019).
- 22. Operational Safety. *Plains All American Pipeline, L.P.* Available at: https://www.plainsallamerican.com/social-responsibility/safety-environmental-stewardship/operational-safety (accessed 11.02.2019).
- 23. Zheltikov E.N., Bogdanova L.A., Ganaga S.V., Kovalev S.A., Ovcharov S.V. Sravnenie rezul'tatov raschetov potentsial'nogo riska pri avariyakh na magistral'nykh gazoprovodakh, vypolnennykh s pomoshch'yu programmnogo kompleksa Phast Risk i po metodike OAO «Gazprom» [Comparison of the Results of Calculations of Potential Risk in Accidents on Gas Pipelines Made Using the Phast Risk Software Package and According to the Methodology of Gazprom]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti Occupational Safety in Industry*, 2012, No. 5, pp. 69-73. [in Russian].



Сведения об авторах

About the authors

Ганага Сергей Владимирович, канд. техн. наук, ООО «НИИ Транснефть», ведущий научный сотрудник лаборатории экологии и рационального природопользования, г. Москва, Российская Федерация

Sergey V. Ganaga, Candidate of Engineering Sciences, Transneft R&D, Leading Researcher, Laboratory of Ecology and Environmental Management, Moscow, Russian Federation

e-mail: GanagaSV@niitnn.transneft.ru

Желтиков Евгений Николаевич, ООО «НИИ Транснефть», старший научный сотрудник сектора научно-технической информации, г. Москва, Российская Федерация

Eugene N. Zheltikov, Transneft R&D, Senior Researcher, Science and Technology Information Sector, Moscow, Russian Federation

e-mail: ZheltikovEN@niitnn.transneft.ru

Мельников Андрей Владимирович, канд. техн. наук, ООО «НИИ Транснефть», начальник отдела инновационных программ и НИОКР, г. Москва, Российская Федерация

Andrej V. Melnikov, Candidate of Engineering Sciences, Transneft R&D, Head of Innovation Programs and R&D Department, Moscow, Russian Federation

e-mail: MelnikovAV@niitnn.transneft.ru