

Как видно из рисунка, верхние границы зоны стабильности гидратов природного газа располагаются в зоне распространения многолетнемерзлых пород, а положение нижних границ ЗСГ исследуемых систем зависит от концентрации растворов. Нижние границы ЗСГ в системах с водой и 2 масс. % NaHCO_3 совпадают и составляют 1210 м, а в присутствии 5 масс. % NaCl граница поднимается на 160 м вверх (таблица).

Таблица

Результаты определения нижней границы ЗСГ природного газа в модельной пористой среде с различной засоленностью на площади Вилуйский тракт 40 км

Нижняя граница ЗСГ, м		
Природный газ – песок – вода/раствор соли		
вода	2 масс. % раствор NaHCO_3	5 масс. % раствор NaCl
1210	1210	1050

Таким образом, установлено, что на рассмотренной геологоразведочной площади существуют благоприятные условия для возможного создания подземных хранилищ природного газа в гидратном состоянии. Общая емкость хранения природного газа в виде его гидратов зависит от глубины залегания нижней границы ЗСГ. В породах с пресными и слабоминерализованными водами глубина расположения нижних границ ЗСГ является максимальной, что способствует увеличению общего объема хранилища.

Работа выполнена в рамках бюджетного проекта № 122011100157-5 с использованием научного оборудования ЦКП ФИЦ ЯНЦ СО РАН.

Литература

- Bondarev, E. A. Assessment of possibility of natural gas hydrates underground storage in permafrost regions/ E. A. Bondarev, I. I. Rozhin, V. V. Popov, K. K. Argunova // *Earth's Cryosphere*. – 2015. – V. 19(4). – P. 64–74.
- Bondarev, E. A. Underground storage of natural gas in hydrate state: primary injection stage / E. A. Bondarev, I. I. Rozhin, V. V. Popov, K. K. Argunova // *Journal of Engineering Thermophysics*. – 2018. – V. 27(2). – P. 221–232.
- Bondarev, E. A. Underground storage of natural gas in hydrate state: numerical experiment / E. A. Bondarev, I. I. Rozhin, K. K. Argunova // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2019. – V. 272(2). – P. 022076. DOI: 10.1088/1755-1315/272/2/022076.
- ГОСТ 31371.7-2008. Природный газ. Определение состава методом газовой хроматографии с оценкой неопределенности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200068105>
- Железняк М. Н., Семёнов В. П. Геотемпературное поле и криолитозона Вилуйской синеклизы. – 2020.
- Зорькин Л. М. Воды нефтяных и газовых месторождений СССР. Справочник. – 1989.

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ПРИМЕНЕНИЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ ДИАГНОСТИЧЕСКОМ ОБСЛЕДОВАНИИ ОБЪЕКТОВ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА

Высотин Н.С.

Научный руководитель доцент О.В. Брусник

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время все большее количество нефтегазовых компаний перспективным направлением своего развития считает внедрение инновационных продуктов в производственные процессы. Подтверждением этому являются положения «Программы инновационного развития до 2026» ПАО «Транснефть» [1], «Программы инновационного развития» ПАО «НК «Роснефть» [2] и «Индустрии 4.0» ПАО «Газпром» [3]. Согласно стратегии приведенных программ, дальнейшее развитие компаний будет достигаться за счет разработки новых технологий, создания программ, работающих на отечественном программном обеспечении, что в дальнейшем приведет к повышению эффективности производства. Цифровые технологии позволяют также повысить безопасность транспорта углеводородов и могут быть внедрены в процесс технического диагностирования объектов линейной части магистральных трубопроводов, что в свою очередь приведет к повышению энергоэффективности производственных процессов.

Целью работы является разработка предложений по повышению эффективности проведения диагностического обследования объектов трубопроводного транспорта нефти с применением дополненной реальности.

Для реализации поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- изучить нормативно-техническую документацию, регламентирующую проведение технического обслуживания магистральных нефтепроводов;
- проанализировать организационно-технические мероприятия по проведению диагностического обследования объектов трубопроводного транспорта;
- предложить мероприятия по повышению эффективности проведения работ по проведению диагностического обследования объектов трубопроводного транспорта с применением цифровых технологий.

Объектом исследования является линейная часть магистрального трубопровода.

Ключевые слова: дополненная реальность, магистральный трубопровод, диагностика, ДДК, ВИК.

В статье рассматриваются и анализируются современные методы определения дефектов на объектах трубопроводного транспорта нефти. Предлагается усовершенствование методов проведения технического

диагностирования трубопровода с применением технологии дополненной реальности для повышения энергоэффективности производственных процессов.

Линейная часть магистрального трубопровода представляет собой объект магистрального трубопровода, предназначенный для перемещения транспортируемых нефти/нефтепродуктов, включающий собственно трубопровод, вдольтрассовые линии электропередачи, кабельные линии и сооружения связи, устройства электрохимической защиты от коррозии и иные сооружения и технические устройства, обеспечивающие его эксплуатацию [4].

Надежность объектов магистрального транспорта нефти и нефтепродуктов – ключевое понятие в обеспечении их безаварийной эксплуатации. Созданная нормативно-техническая документация по проведению диагностического обследования самого магистрального трубопровода, а также иных сооружений позволяет с высокой точностью определять дефекты на ранних стадиях развития, чтобы снизить влияние дефектов на безотказную работу нефтепровода. В соответствии с Программой энергосбережения и повышения энергоэффективности ПАО «Транснефть» предлагается внедрение дополненной реальности в сочетании с искусственным интеллектом (ИИ) в процесс проведения дополнительного дефектоскопического контроля (ДДК).

В настоящее время ИИ широко применяется при решении задач, связанных с аналитикой большого объема данных, полученных в результате внутритрубной диагностики (ВТД). Результатом внедрения цифровых технологий является способность ИИ к распознаванию различных типов дефектов трубопровода и ранжирование их по степени опасности. Данная технология была принята в промышленную эксплуатацию АО «Транснефть – Диаскан» [5]. ПАО «Транснефть» отмечает, что внедрение технологии искусственного интеллекта стало новым этапом в безопасной эксплуатации объектов трубопроводного транспорта нефти [5].

Результаты работы ИИ могут быть отображены на модели трубопровода с привязкой к конкретной локации для дальнейшего проведения ДДК и земляных работ.

Основным этапом в проведении ДДК дефектной секции трубопровода является ее идентификация [6]. В настоящее время данная процедура проводится при помощи вешек, устанавливаемых на определенном расстоянии от маркерных пунктов с последующими земляными работами и определении положения трубопровода. Перечисленные операции доказали свою эффективность, что обусловило их широкое применение. Однако слабой стороной является продолжительность процесса во времени. В случае использования гарнитуры дополненной реальности персонал сможет идентифицировать дефектную секцию трубопровода в короткие сроки, так как вся информация о дефекте, его расположении будет выводиться на гарнитуру. Кроме этого, в дополненной реальности имеется функция отображения различной графической информации. В случае с нефтегазовой отраслью в качестве данной информации могут выступать различные схемы трубопроводов (в том числе и сторонних организаций), проектная документация и др.

При проведении первого этапа ДДК через гарнитуру дополненной реальности может отображаться информация о типах дефектов, выявленных по результатам ВТД. В соответствии с ОР-19.100.00-КТН-0362-22 целью ДДК также является уточнение параметров дефектов, выявление дополнительных дефектов, не указанных в техническом отчете и уточнение метода ремонта [6]. Информация о дефекте может быть отображена на модели трубопровода посредством гарнитуры дополненной реальности через выделение определенных областей. Изменяемая модель дефектной секции может быть доступна к просмотру персоналу, находящемуся на территории подразделения, ответственного за проведение работ.

Наличие камеры в гарнитуре дополненной реальности позволит провести фотосъемку общего вида секции и зоны контроля, требуемых в соответствии с ОР-19.100.00-КТН-0362-22 [6]. Наличие голосового управления сделает возможным формирование актов ДДК/КДДК непосредственно на месте проведения работ, что также позволит сэкономить время.

Гарнитура дополненной реальности позволит при необходимости устанавливать видеосвязь от первого лица с персоналом, находящимся на территории подразделения, ответственного за проведение работ, для уточнения каких-либо деталей, а также проведения работ в режиме дистанционной поддержки.

Следующим этапом предлагается использование ИИ в рамках проведения методов контроля ДДК. В частности, ИИ может быть применен при визуально-измерительном контроле (ВИК). Целью ВИК является обнаружение поверхностных (выходящих на поверхность) дефектов [7]. ИИ способен с высокой скоростью и точностью сравнивать изображения, которые были сделаны в предыдущие этапы выполнения работ (во время прошлого технического обслуживания объекта, и технического обслуживания, проводимого в настоящее время). В результате сравнения изображений объекта через гарнитуру дополненной реальности могут быть отображены обнаруженные отличия и проведена их классификация в соответствии с ранее созданной обучающей выборкой и нормативной документацией. Подобный алгоритм может быть использован для проведения диагностического обследования различных объектов линейной части магистрального трубопровода. Таким образом, ИИ, а именно машинное обучение или глубокое обучение, может быть применено для поиска дефектов на очистном устройстве (ОУ), а также сравнении номеров изнашиваемых изделий с номерами, указанными в формуляре на ОУ [8].

Как отмечалось ранее, основная цель внедрения передовых технологий в производственные процессы – сокращение трудозатрат. Гарантированные результаты по снижению стоимости процесса и времени, затрачиваемого на его реализацию, подкрепляются опытом внедрения платформы «Иксар» отечественной компании «Инлайн групп» на Московском нефтеперерабатывающем заводе ПАО «Газпром нефть». Отмечается, что затраты на выполнение производственных операций сокращаются на 20 %, а продолжительность процесса во времени – на 35 % при внедрении технологии дополненной реальности. Данная платформа позволяет получать пошаговые графические инструкции на экране очков, совершать видеозвонки, а также управлять системой голосом. Однако в соответствии с политикой нефтегазовых компаний о сохранении коммерческой тайны, а также более расширенным списком задач,

которые будет ставится перед платформой, рекомендуется создание собственного продукта, удовлетворяющего всем требованиям ПАО «Транснефть».

Заключение. В ходе анализа организационно-технических мероприятий по проведению диагностического обследования объектов трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов были предложены рекомендации, направленные на повышение энергоэффективности дополнительного дефектоскопического контроля с применением дополненной реальности.

Литература

1. Программа инновационного развития ПАО «Транснефть» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.transneft.ru/media-center/newspress/news/INT_38271/?sphrase_id=37073.
2. Программа инновационного развития ПАО «НК «Роснефть» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rosneft.ru/Development/sci_and_innov/Programma/.
3. Индустрия 4.0 // ПАО «Газпром» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gazprom.ru/press/news/2020/february/article500707/>.
4. ОР-23.040.00-КТН-0259-21. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Техническое обслуживание и ремонт объектов магистрального трубопровода.
5. Искусственный интеллект в поиске дефектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.transneft.ru/media-center/newspress/video/iskusstvennyy-intellekt-v-poiske-defektov/>.
6. ОР-19.100.00-КТН-0362-22. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Дополнительный дефектоскопический контроль дефектов секций трубопровода.
7. РД-25.160.10-КТН-016-15. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Неразрушающий контроль сварных соединений при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов.
8. ОР-19.100.00-КТН-010-18 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Внутритрубное диагностирование магистральных трубопроводов.

ВЛИЯНИЕ ИНГИБИРУЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОПАРАФИНИСТОЙ НЕФТИ

Галушкина З.К.^{1,2}

Научный руководитель профессор И.И. Петров²

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

² Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск, Россия

Повышение числа нефтяных месторождений с высоким содержанием парафиновых углеводородов ведет к формированию в подобных месторождениях большого количества асфальтосмолопарафиновых отложений, что затрудняет ход добычи и транспортировки нефти. Полимерные присадки предотвращают выпадение осадка, однако их применение эффективно в системах с содержанием парафинов менее 8%. Для повышения их эффективности в высокопарафинистых системах используют поверхностно-активные вещества [1]. Целью исследования является изучение действия ингибирующих композиций, состоящих из дифильного полимера и высококипящих фракций тяжелых смолистых нефтей, на реологические свойства высокопарафинистой нефти.

Для усиления работы полимера предлагается использовать следующие ингибирующие композиции: остаток нефти Крапивинского месторождения (образец 1), полимер + нефть Крапивинского месторождения (композиция 1), остаток Зуунбаянской нефти (образец 2), полимер + остаток Зуунбаянской нефти (композиция 2), остаток нефти месторождения Цагаан-Дис (образец 3), полимер + остаток нефти месторождения Цагаан-Дис (композиция 3), остаток Тамсагбулагской нефти (образец 4), полимер + остаток Тамсагбулагской нефти (композиция 4), остаток нефти месторождения Цагаан-Элс (образец 5), полимер + остаток нефти месторождения Цагаан-Элс (композиция 5), мазут (образец 6), полимер + мазут (композиция 6).

Для изучения депрессорной способности остатков и композиций, были проанализированы изменения в температуре застывания и динамической вязкости образцов. Из полученных данных построены графики зависимости вязкости от температуры системы, рассчитаны температуры фазовых переходов и энергии активации вязкого течения нефти (рис.).

