

Выбор тепловой изоляции для объектов нефтегазовых комплексов

Ильин Р.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Кораблев В. А.

Университет ИТМО
ruslanilyin25@gmail.com

Введение

Эксплуатация газовых месторождений Арктики сопряжена с рядом эксплуатационных проблем, среди которых ключевое место занимает проблема гидратообразования в системах сбора и транспорта газа. На завершающих стадиях разработки происходит снижение пластового давления и скорости потока в газосборных сетях, что приводит к более интенсивному теплообмену с окружающей средой, температура которой достигает -50°C . Это создает термобарические условия, благоприятные для формирования кристаллогидратов - твердых соединений, блокирующих сечение трубопроводов [1].

Традиционные методы борьбы с гидратами в основном представлены дозированием ингибиторов (метанола, гликолей), которые не решают проблему фундаментально, а также влекут за собой высокие расходы, при этом наиболее удобный в использовании метанол токсичен для человеческого организма. Литературный и патентный анализ показал, что в мировую и отечественную практику активно начинают входить более совершенные методы пассивной термоизоляции [2].

Данная работа охватывает применимость жидких термокрасок для обеспечения безгидратного режима работы шлейфов на нефтегазоконденсатных месторождениях Крайнего Севера.

Основная часть

В ходе работы было выявлено, что ключевым фактором гидратообразования в шлейфах газосборной сети является охлаждение газа ниже температуры равновесного гидратообразования из-за снижения скорости потока и увеличения времени контакта с холодными стенками трубопровода [3].

В качестве альтернативы традиционным термоизоляционным материалам предложено использование жидкой керамической теплоизоляции «Теплотор», наносимой на наружную поверхность шлейфов. Принципиальное отличие данного решения заключается в пассивном характере терморегуляции: микропористая структура

покрытия создает высокое термическое сопротивление, снижая теплотери газового потока и предотвращая его охлаждение до критических значений.

Для оценки эффективности предложенного решения была использована расчетная теплофизическая модель шлейфа. Модель учитывает геометрические параметры трубопровода, теплофизические свойства материалов (металл трубы, существующая изоляция из минеральной ваты, предлагаемое покрытие), а также граничные условия: температура газа на входе, температура окружающей среды, скорость потока. Расчеты проводились для средних температур января (-25°C) и экстремальных условий (-50°C), характерных для региона [4].

Перспектива применения современных теплоизоляционных материалов велика - большая часть действующих месторождений нефти и газа, а также вводимых в эксплуатацию в настоящее время, используют устаревшие материалы - например, минеральную вату, которые требуют более высоких расходов ингибиторов для предотвращения процессов образования гидратов.

Выводы

На основе теплофизического моделирования обоснована эффективность применения жидкой керамической изоляции «Теплотор» толщиной 3 мм, обеспечивающей безгидратный режим эксплуатации шлейфов в условиях средних температур января.

Результаты моделирования показали, что нанесение жидкой изоляции «Теплотор» толщиной 3 мм позволяет: снизить коэффициент теплопередачи на 35-40% по сравнению с существующей изоляцией из минеральной ваты; обеспечить безгидратный режим работы шлейфов при средних зимних температурах; при экстремальных температурах (-50°C) сократить необходимый расход ингибитора метанола до 0,296 кг/тыс.м³, что в 2,5-3 раза ниже нормативных значений для неизолированных трубопроводов.

Экономическая оценка подтвердила целесообразность внедрения: чистый дисконтированный доход составил 21,3 млн руб., срок окупаемости - 3,27 года, индекс доходности - 2,14.

В качестве дальнейшего развития работы возможно создание цифрового двойника участка газосборной системы, интегрированного с IoT-датчиками температуры и давления для прогнозного управления режимами и раннего предупреждения гидратообразования.

Литература

1. Арабов, М. Ш. Процессы и агрегаты при переработке газа и нефти с кислыми компонентами: учебное пособие для вузов / М. Ш. Арабов, З. М. Арабова, С. М. Арабов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 260 с.
2. Гидратообразование в нефтегазодобыче: учебное пособие / В. П. Овчинников, В. В. Чеботарев, А. Р. Хафизов [и др.]. — Тюмень: ТИУ, 2022. — 198 с.
3. Шупиков А. А. Повышение эффективности добычи газа на Заполярном месторождении (ЯНАО) // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXIV Международного симпозиума имени академика МА Усова студентов и молодых учёных, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Томск, 6-10 апреля 2020 г. Т. 2.—Томск, 2020. – 2020.– Т. 2. – С. 636-637
4. Щербанёв В. В. Тепловой расчет шлейфов УКПГ Заполярного месторождения // Точная наука. – 2021. – №. 108. – С. 9-12.