

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ ПО ВЫБОРУ МАТЕРИАЛЬНОГО ИСПОЛНЕНИЯ НКТ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОРРОЗИОННОЙ АГРЕССИВНОСТИ СРЕД

Функция «Добыча, инфраструктура и операционная деятельность»
Центр компетенций по химизации
ГК «Газпром нефть»

Кунакова А.М., Солодовникова М.С.
Kunakova.AM@gazprom-neft.ru, Solodovnikova.MS@gazprom-neft.ru

03.09.2025

МЕТОДОЛОГИЯ ПОДБОРА НКТ В «ГАЗПРОМ НЕФТЬ»

ТТТ-01.02-08 (версия 1.2)

- НКТ всех типов изготавливаются бесшовными из сталей следующих групп прочности: Д, К, Е, Л, М, Р и электросварными – групп прочности Дс, Кс, Ес, Лс, Мс, Рс.
- Бесшовные трубы должны быть изготовлены в соответствии с ГОСТ 633–80, электросварные – в соответствии с ГОСТ Р 52203–2004

ОПИСАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ

Основные показатели, гарантирующие безотказную работу НКТ

- Предел текучести
- Относительное удлинение
- Временное сопротивление разрыву

При эксплуатации труб в экстремальных условиях: при низких температурах или высокой коррозионной агрессивности среды, необходимо применять трубы со специальными свойствами

ЗОНЫ ВНИМАНИЯ

Коррозионная стойкость стали определяется в том числе

- Химическим составом
- Содержанием неметаллических включений
- Качеством поверхности
- Микроструктурой

- **Нет уточнений по требованиям** к материальному исполнению и механическим характеристикам НКТ со специальными свойствами
- **Отсутствуют границы применимости труб** с точки зрения диапазона значений влияющих факторов (CO2, H2S, T, P и др.)

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

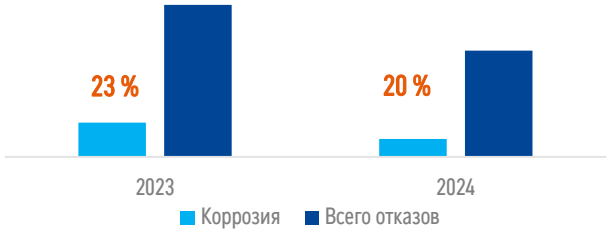
ТЕКУЩИЙ ПОДХОД

Выбор НКТ осуществляется на основании целевых механических характеристик (необходимой группы прочности) без учета особенностей условий эксплуатации конкретного объекта

ВЫЗОВ

Неоптимальные технические решения, низкая наработка НКТ на отказ вследствие отсутствия рекомендаций по выбору материального исполнения для эксплуатации в нефтегазопромысловых средах в условиях коррозионно-агрессивных сред

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМАТИКИ



Инциденты с НКТ за 2023-2024 гг. (ответственность – ДО)

Значительные финансовые ресурсы Компании направляются на ликвидацию осложнений, что существенно увеличивает операционные расходы и снижает экономическую эффективность добычи нефти

ЦЕЛЕВОЙ ПОДХОД

Разработка подходов по выбору материального исполнения НКТ для обеспечения целостности НКТ при эксплуатации в условиях коррозионно-агрессивных сред

ЗАДАЧИ

1. Анализ требований на изготовление и поставку НКТ в отечественных и зарубежных нефтегазовых компаниях
2. Анализ отечественных и зарубежных стандартов, содержащих требования/рекомендации к материальному исполнению НКТ
3. Анализ отечественного и зарубежного опыта (в виде научных статей, книг, диссертаций) на предмет рекомендаций к материальному исполнению НКТ
4. Обзор и анализ результатов ОПИ/ПЭ и промышленной эксплуатации НКТ различного материального исполнения по «Газпром нефти»
5. Формирование матрицы выбора материального исполнения НКТ в зависимости от сочетания осложняющих факторов эксплуатационной среды
6. Актуализация ТТТ-01.02-08, разработка НМД по выбору материального исполнения НКТ в зависимости от коррозионной агрессивности среды

ПРОВЕДЁН БЕНЧМАРКИНГ МЕТОДОЛОГИИ ВЫБОРА МАТЕРИАЛЬНОГО ИСПОЛНЕНИЯ НКТ СРЕДИ НЕФТЕГАЗОВЫХ КОМПАНИЙ

	Наименование компании									
	Газпром нефть	Газпром	Роснефть	ИНК	Лукойл	Татнефть	Сургутнефтегаз	Зарубежнефть	ИНТИ	Shell
Требования к материальному исполнению	Бесшовные трубы - ГОСТ 633-80, электросварные трубы - ГОСТ Р 52203-2004	ГОСТ 31446-2017 Изложены требования к НКТ, стойким к CO2 и H2S коррозии	ГОСТ 31446-2017, API 5CT	ГОСТ 31446-2017	Бесшовные трубы - ГОСТ 633-80, электро-сварные трубы - ГОСТ Р 52203-2004	ГОСТ 633-80	До 2018г. ГОСТ Р 53366-2009, с 2018г. применяют НКТ с покрытием	ГОСТ 31446-2017, API 5CT	ГОСТ 633-80, ГОСТ Р 52203-2004, ГОСТ 31446-2017	ISO 11960/API 5CT

По итогам анализа стратегии выбора материального исполнения НКТ в отечественных и зарубежных нефтегазовых компаниях **выделены технологические решения для возможного заимствования и последующего внедрения внутри Компании**

ОСНОВНОЙ ДОКУМЕНТ «ГАЗПРОМ НЕФТИ» НА ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ПОСТАВКУ НКТ ДОЛЖЕН

Содержать алгоритм подбора НКТ на основании учета осложняющих факторов с учетом экономического обоснования

Содержать критерии отнесения скважин к осложненному фонду

Описывать весь **жизненный цикл НКТ**

При подборе и эксплуатации НКТ помимо основных коррозионных факторов учитывать влияние дополнительных (биозараженность, наличие кислотных обработок и пр.)

Содержать требования к виду термообработки, химическому составу стали, содержанию неметаллических включений, размеру зерна, доп испытаниям в случае необходимости (например, на стойкость к СКРН)

Содержать классификацию скважинных сред ГК «Газпром нефть» по степени коррозионной активности, позволяющую осуществлять обоснованный выбор НКТ в зависимости от условий эксплуатации

Содержать требования к защитным системам покрытий НКТ, области применения НКТ с покрытием к осложнённому фонду скважин, обязательные физико-химические и технологические характеристики покрытий

ПРОВЕДЕН ОБЗОР РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ НМД, ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ НА ПРЕДМЕТ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО МАТЕРИАЛЬНОМУ ИСПОЛНЕНИЮ НКТ

Результаты анализа НМД

УГЛЕРОДИСТЫЕ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ

H_2S: отсутствуют рекомендации по конкретным маркам стали, НО указаны требования к свойствам, характеристикам и структуре стали

CO_2: отсутствуют рекомендации по выбору материалов НКТ

КОРРОЗИОННОСТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ

H_2S: указаны конкретные рекомендации по химическому составу стали НКТ

CO_2: рекомендуются к использованию нержавеющие, дуплексные и супердуплексные стали



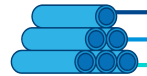
СФОРМИРОВАНА ОБОБЩЕННАЯ МАТРИЦА ПО ВЫБОРУ МАТЕРИАЛЬНОГО ИСПОЛНЕНИЯ НКТ на основании анализа НМД

Результаты анализа литературных источников

- Для низко- и среднелегированных сталей универсальные зависимости между химическим составом и коррозионной стойкостью стали не установлены
- Одна из причин противоречивых результатов коррозионных испытаний - отсутствие стандартизированных условий испытаний для оценки скорости коррозии

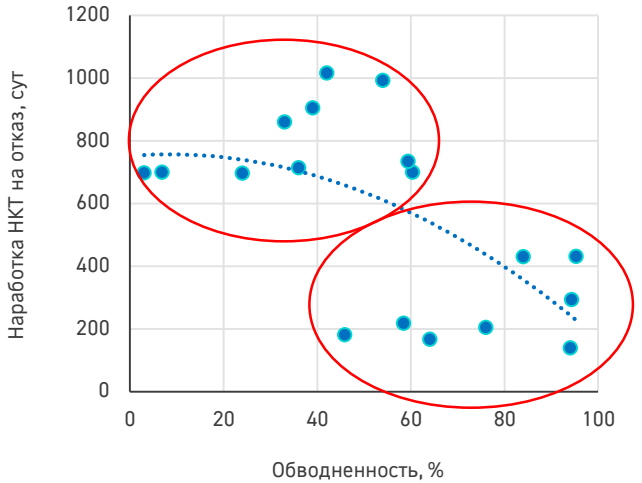
Формирование адресной матрицы выбора материального исполнения НКТ в зависимости от коррозионной агрессивности среды **возможно только в случае проведения полноценных комплексных лабораторных (в т.ч. автоклавных) коррозионных испытаний** различных материалов для условий объектов «Газпром нефть»

ВЫПОЛНЕН АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НКТ РАЗЛИЧНОГО МАТЕРИАЛЬНОГО ИСПОЛНЕНИЯ ПО «ГАЗПРОМ НЕФТИ»



СТОЙКОСТЬ НКТ

	РЕЗУЛЬТАТ	РЕКОМЕНДАЦИЯ
СОСТОЯНИЕ, СОСТАВ, ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛЛА	Преимущественно отсутствуют данные по химическому составу сталей НКТ	Внести в закупочную документацию обязательное требование к производителю НКТ о предоставлении результатов химического состава поставляемой продукции
АГРЕССИВНОСТЬ ДОБЫВАЕМОГО ФЛЮИДА	Преимущественно отсутствуют данные по составу добываемого флюида со скважин	Проводить контроль содержания основных коррозионно-агрессивных компонентов, ионного состава добываемого флюида
УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН	**При ручном анализе** однозначная зависимость коррозионной стойкости НКТ обнаружена от фактора «обводненность»	



Выявление факторов, влияющих на аварийность НКТ, установление граничных условий эксплуатации «черной» НКТ в коррозионно-агрессивных средах «Газпром нефти» **с использованием ИИ**

Разработка методологии оценки экономической эффективности применения антикоррозионной защиты НКТ

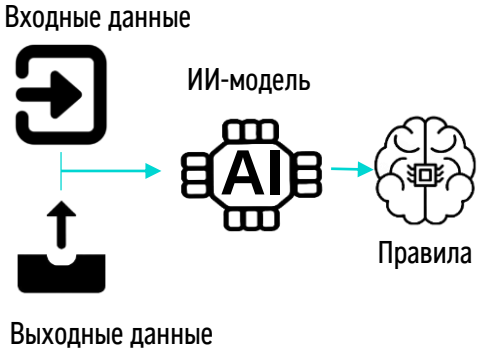
ПРИВЛЕЧЕНА МОДЕЛЬ ИИ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ НКТ РАЗЛИЧНОГО МАТЕРИАЛЬНОГО ИСПОЛНЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ «ГАЗПРОМ НЕФТИ»

1 СБОР ДАННЫХ

СОБРАНЫ СВОДЫ ПО ВСЕМ ДО ПО ОТКАЗАМ ГНО, КОТОРЫЕ СВЯЗАНЫ С ВЛИЯНИЕМ КОРРОЗИОННОЙ АГРЕССИВНОСТИ СРЕДЫ, ЗА ПЕРИОД 2020-2025 ГГ.

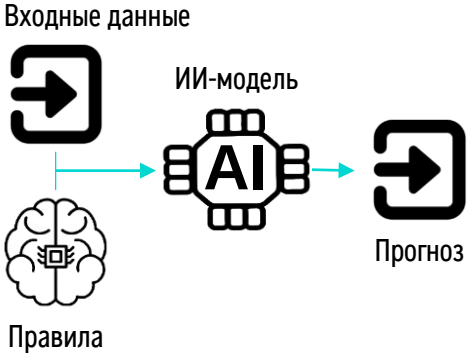
Есть возможность оценки комплексного влияния факторов (например, температура + ионный состав воды)

2 ОБУЧЕНИЕ



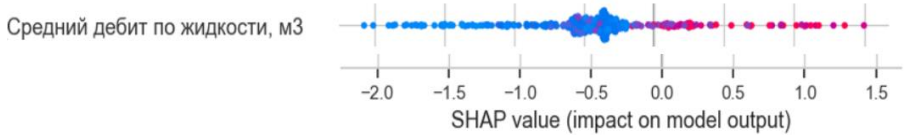
Использование математических методов для оценки текущего состояния работы ГНО как в рамках одного ДО, так и для ГК

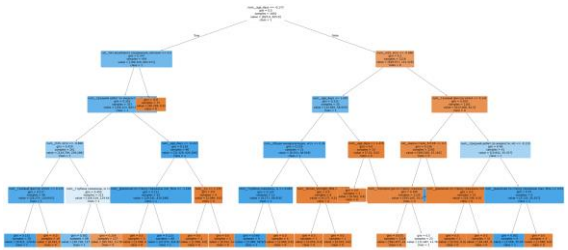
3 ПРЕДСКАЗАНИЕ



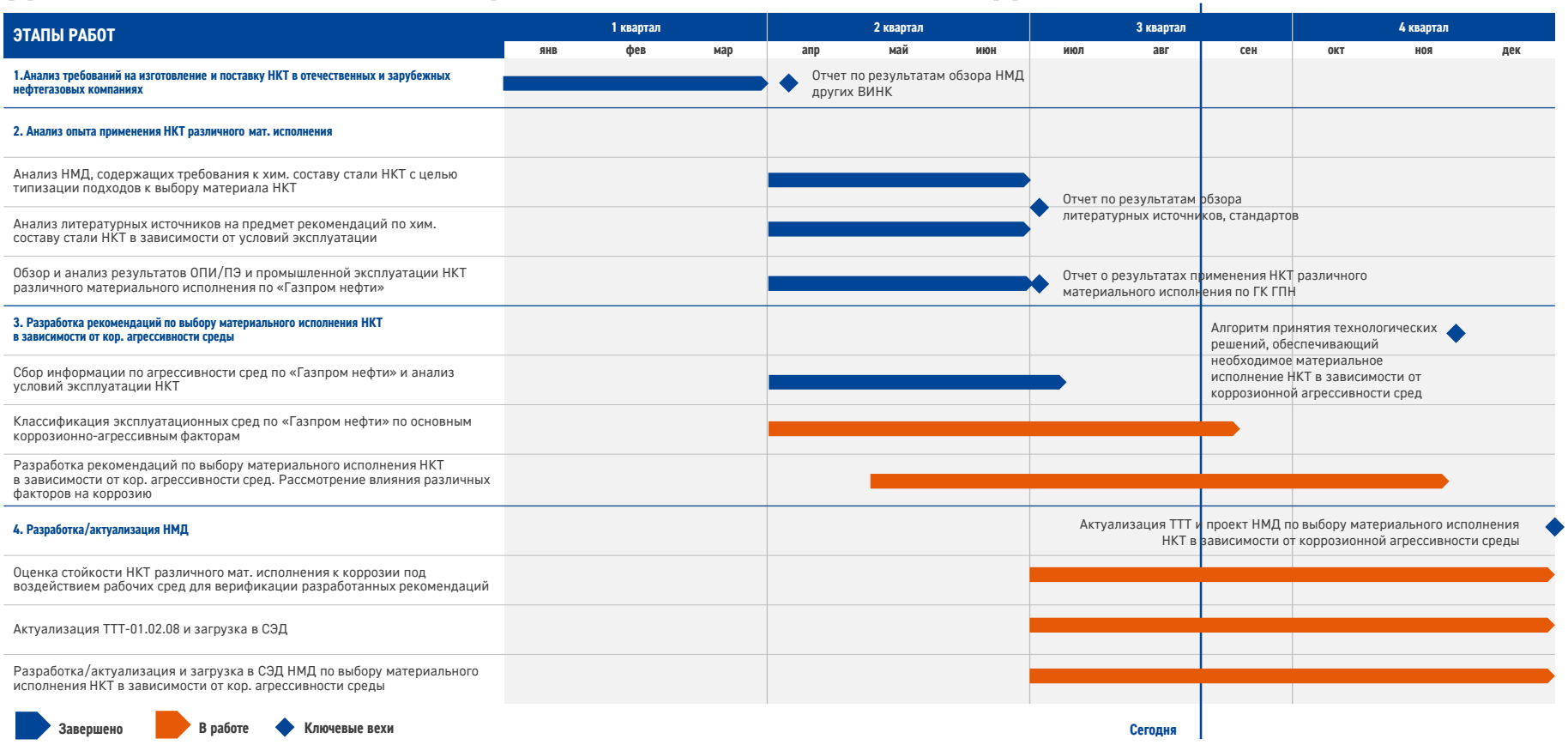
Использование машинного обучения для предиктивного анализа отказов НКТ по причине коррозии

ПРИМЕР ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА «ДЕБИТ ПО ЖИДКОСТИ, $м^3$» НА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКАЗА НКТ ПО ПРИЧИНЕ КОРРОЗИИ:





ДОРОЖНАЯ КАРТА РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХ.ПОЛИТИКИ НА 2025 ГОД



ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА В 2025 И 2026 ГГ.

ВЫБОР МАТЕРИАЛЬНОГО ИСПОЛНЕНИЯ НКТ

2025 г.

Актуализация подходов по выбору материального исполнения НКТ

- Разработан алгоритм принятия технологических решений, обеспечивающий необходимое материальное исполнение НКТ в зависимости от коррозионной агрессивности сред
- Актуализирован ТТТ-01.02.08
- Разработан НМД по выбору материального исполнения НКТ в зависимости от кор. агрессивности среды

2026 г.

НКТ без покрытия

Разработка матрицы выбора материала НКТ на основании комплексных лабораторных (в т.ч. автоклавных) коррозионных испытаний низколегированных и среднелегированных сталей для объектов «Газпром нефти»

- Совместно с производителями трубной продукции выполнена НИР по оценке стойкости низколегированных и среднелегированных сталей в условиях сред «Газпром нефти»

НКТ с покрытием

Унификация подходов по выбору покрытий НКТ в зависимости от осложняющих факторов и входному контролю качества покрытий

- Разработана матрица по выбору покрытий в зависимости от условий эксплуатации, типовая программа лабораторных испытаний защитных покрытий внутренней поверхности НКТ
- Разработаны методики по тестированию защитных покрытий для всех типов осложняющих факторов (коррозия, соли, АСПО, гидраты)

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ