

ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

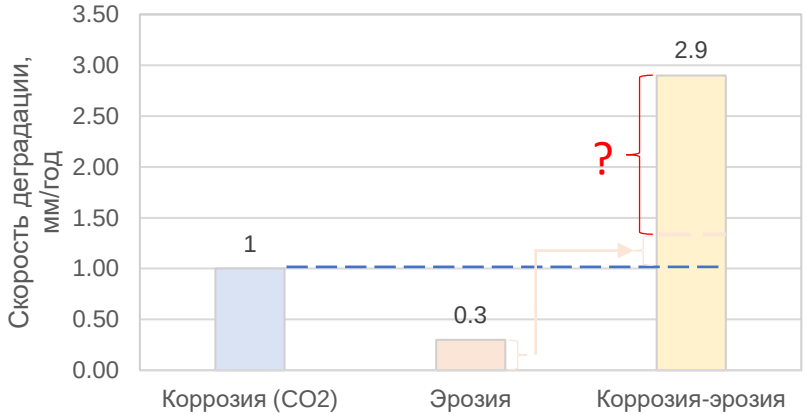
ПОЛИТЕХ
Научно технологический комплекс новые технологии и материалы

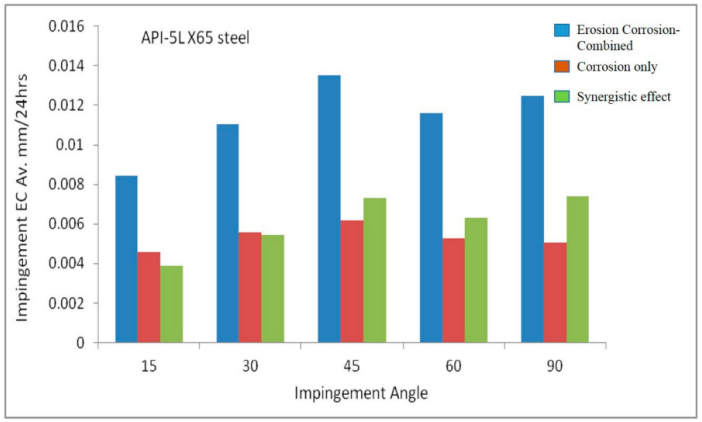
Оценка взаимного влияния процессов эрозионного и коррозионного износа на деградацию трубных материалов трубопроводов и скважин

Крук Павел Евгеньевич
Голубев Иван Андреевич

Санкт – Петербург
Сентябрь 2024

Примеры результатов различных коррозионных, эрозионных и коррозионно-эрозионных испытаний в одинаковых условиях





Принцип расчета синергетического эффекта взаимного влияния коррозионных и эрозионных процессов друг на друга (по ASTM G119-09):

$$ER_CR = ER + CR + \text{Эффект влияния } ER \text{ на } CR + \text{Эффект влияния } CR \text{ на } ER \#(1),$$

где ER – скорость чистого эрозионного износа, CR – скорость чистого коррозионного износа, ER_CR – общая скорость коррозионно-эрозионного износа с учетом синергетического эффекта

В уравнении (1) эффект влияния ER на CR и эффект влияния CR на ER может оказаться как положительным, так и отрицательным.

$$ER + CR + \text{Эффект влияния } ER \text{ на } CR + \text{Эффект влияния } CR \text{ на } ER\#$$

Эрозионные испытания
Jet Impingement
Аналогично ASTM G76
(только в жидкости)

Коррозионные испытания
Jet Impingement
ASTM G170

Коррозионно-эрозионные испытания
Jet Impingement
ASTM G119

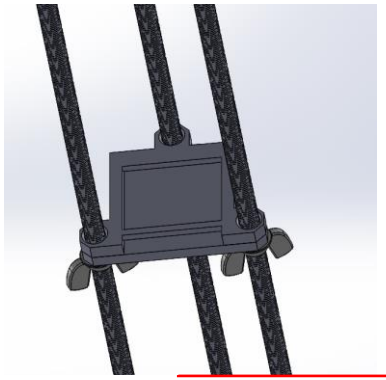
Контролируемые параметры:

- Температура
- Давление
- Расход
- Концентрация O2
- Концентрация CO2
- Гранулометрия песка
- Концентрация песка
- pH
- Минеральный состав раствора
- Шероховатость поверхности образцов
- Время проведения испытаний
- Скорость коррозии в процессе испытаний (LPR)
- Скорость коррозии результирующая (гравиметрия)

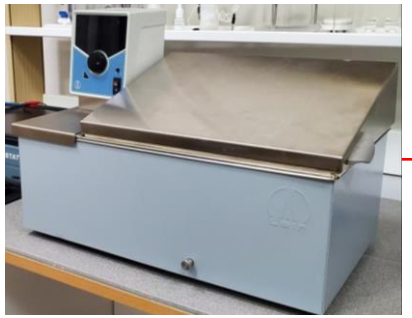
Изначальный вариант установки



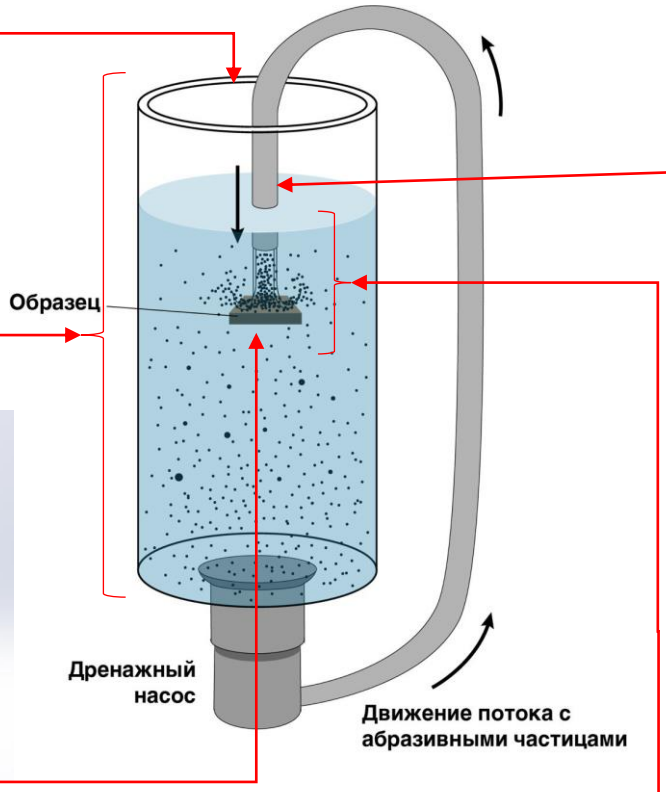
Крышка для герметизации



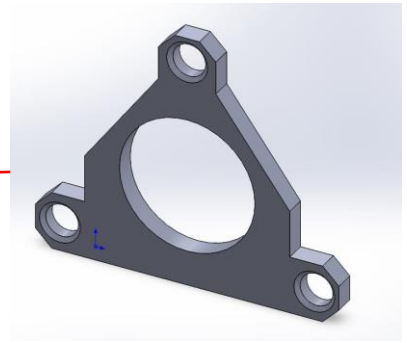
Держатель образца



Система поддержания температуры



LPR трехэлектродный датчик определения скорости коррозии



Держатель сопла

Характеристики установки после модернизации:

Расход – 8.5 м3/ч

Давление – до 3 бар

Температура – до 60 °C

Концентрация O2 – до 70 ppb

Концентрация песка –до 10 г/л

Все компоненты конструкции, взаимодействующие с растворами, выполнены из пластиковых компонентов.

Параметры моделирования:

Расход насоса 8.5 м3/ч

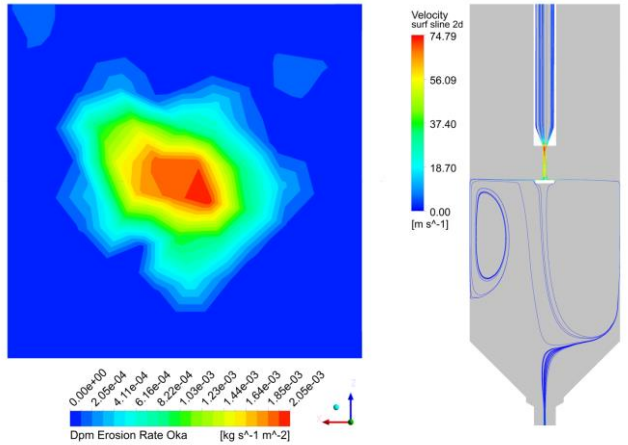
Концентрация песка 4.2 г/л

Средний размер частиц 258 мкм

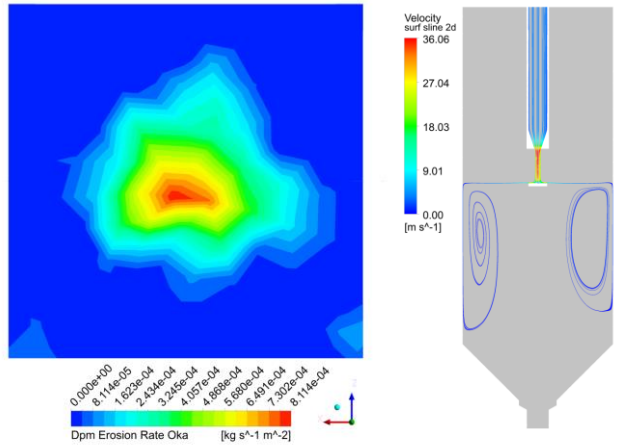
Расстояние от сопла до образца 6 см

Подбор диаметра сопла

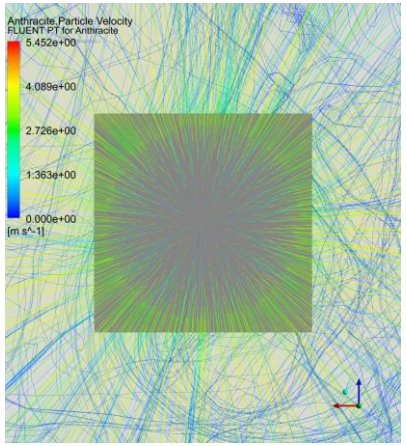
Сопло 7 мм



Сопло 10 мм

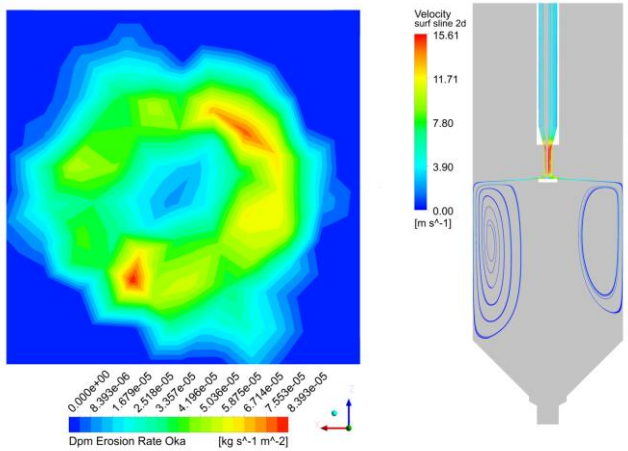


Верификация модели

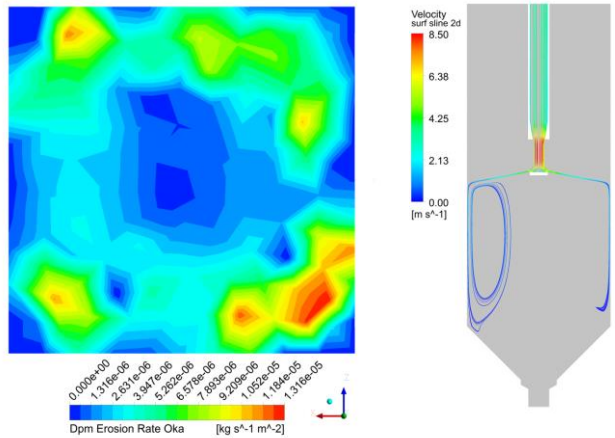




Сопло 15 мм

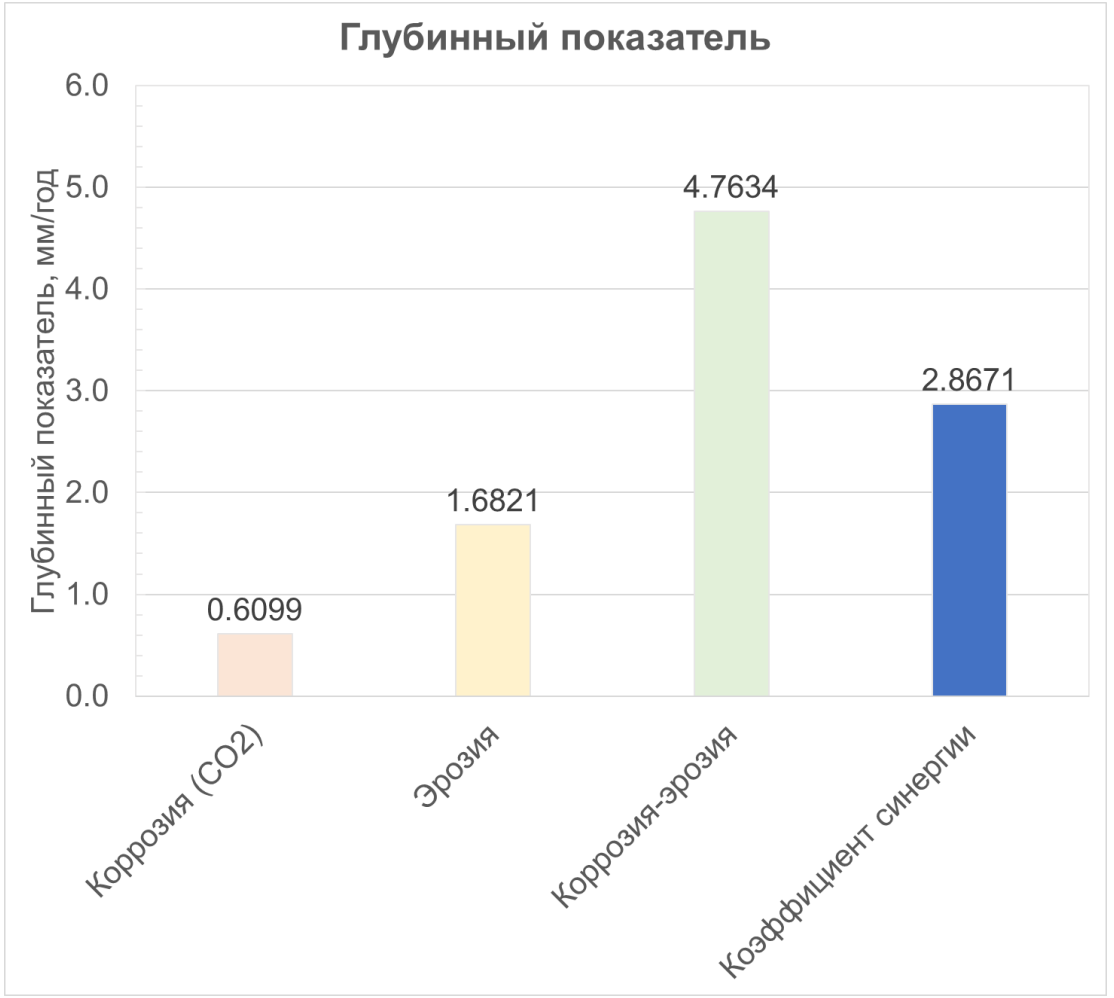


Сопло 20 мм



По результатам выбран вариант сопла 12 мм

Результаты эксперимента	Глубинный показатель, мм/год
Коррозия (CO2)	0.6099
Эрозия	1.6821
Коррозия-эрозия	4.7634
Расчет синергии	Глубинный показатель, мм/год
Чистая эрозия (**ER**), мм/год	1.2865
Чистая коррозия (**CR**), мм/год	0.6099
Общая потеря при коррозии-эрозии (**M**$^{(C-E)}$), мм/год	4.7634
Скорость коррозии при коррозии-эрозии (электрохимия) (**C**$^{(C-E)}$), мм/год	0.9157
Скорость эрозии при коррозии-эрозии (**E**$^{(C-E)}$), мм/год	3.8477
Приращение эрозии вследствие коррозии (**ΔE**), мм/год	2.5613
Приращение коррозии вследствие эрозии (**ΔC**), мм/год	0.3058
Коэффициент синергии (**S**), мм/год	2.8671
Общая деградация материала при коррозии-эрозии	4.7634



Выводы:

- Синергетический эффект может иметь как достаточно высокое влияние, так и незначительное влияние на коррозионно-эрозионные процессы деградации материалов
- Проведение коррозионно-эрозионных испытаний для выявления синергетического эффекта требует как нескольких методов замеров скорости деградации (гравиметрический, электрохимический), так и определенного объема уточняющего компьютерного математического моделирования

Перспективы дальнейшей работы:

- Дальнейшее улучшение герметизации установки для снижения содержания O2
- Модернизация держателя образцов для более удобной смены образцов
- Подбор оптимального расстояния от сопла до образца и диаметра сопла при помощи компьютерного математического моделирования
- Установка приборов постоянной регистрации уровня pH раствора