

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
УХТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ, НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ И ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА



КАФЕДРА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОНЕФТЕПРОВОДОВ

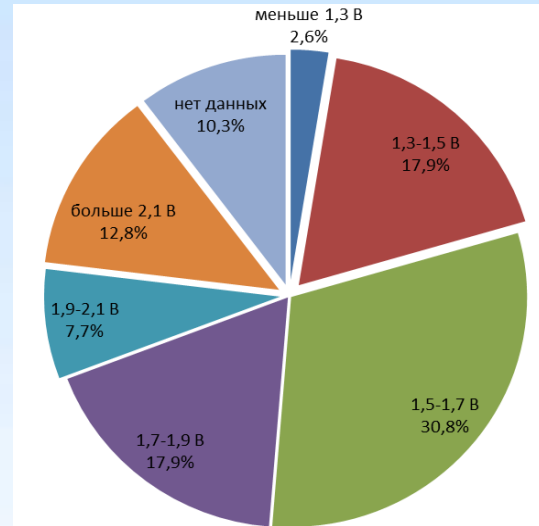
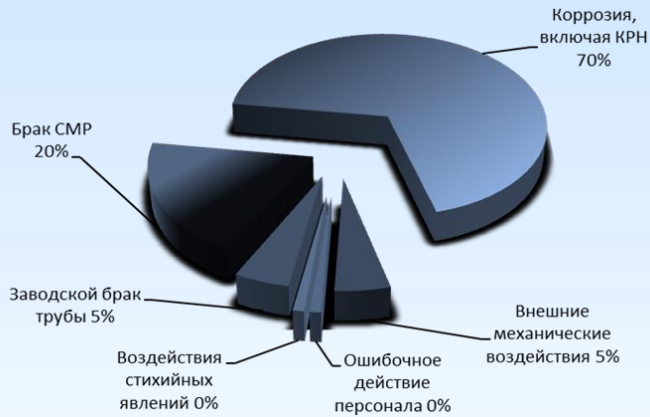
Лабораторное исследование положения точки перелома кривой Тафеля в зависимости от условий среды и катодной поляризации

Старший преподаватель кафедры ПЭМГ
Магистрант кафедры ПЭМГ

Онацкий В.Л.
Толкачева В.Н.

Актуальность темы

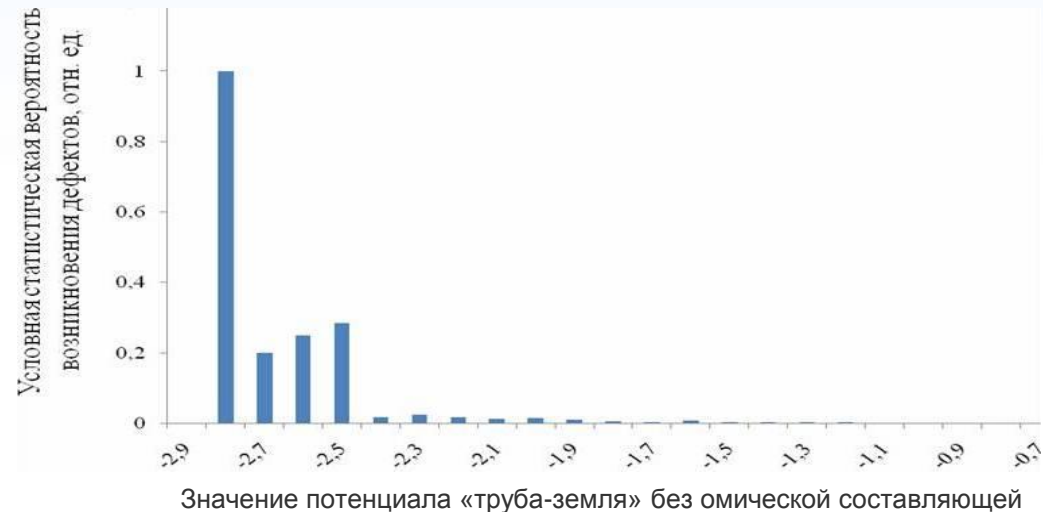
Распределение аварий на газопроводах по причинам



Распределение аварий по причине КРН за 1995-2004 гг. по защитным потенциалам (Утруба-земля, В) с омической составляющей*



Распределение относительной вероятности возникновения дефектов КРН от потенциала БОС «труба-земля»*



* Используются данные, представленные в работах Александрова Ю.В., Соловья В.О., Юшманова В.Н.



Цель:

Лабораторное исследование положения точки перелома кривой Тафеля в зависимости от условий среды и катодной поляризации

Задачи:

- Выбрать объект исследования для изучения особенностей распределения дефектов КРН на длительно эксплуатируемых магистральных газопроводах;
- Провести анализ данных с целью выявления закономерностей концентрации дефектов КРН;
- Разработать методику проведения эксперимента исследования вольт-амперной характеристики процесса поляризации с применением оборудования для оценки концентрации выделяющегося водорода;
- Выбрать оборудование и образцы для проведения лабораторных исследований;
- Разработать экспериментальную установку для проведения лабораторных исследований;
- Выполнить анализ результатов с целью получения экспериментальных зависимостей.

Объект исследования

Технологические характеристики МГ Ухта-Торжок-3 на выбранном участке

Наименование МГ, год ввода в эксплуатацию	Диаметр и условная толщина стенки, мм	Километраж в пределах ЛПУ МГ, км-км	Протяженность газопровода, км	Тип покрытия
МГ Ухта-Торжок-3 1982	1420×16,5 (фактическая толщина стенки 15,7÷23,2)	1,5-67	65,895	Полимерное изоляционное покрытие на основе липких лент

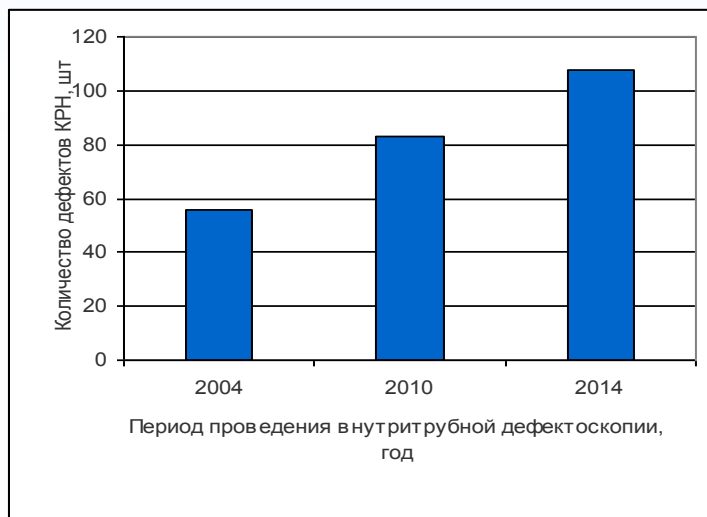
Материал труб участка

Конструкция трубы	Материал трубы
Стальная прямошовная	17Г1С; 13Г1СУ

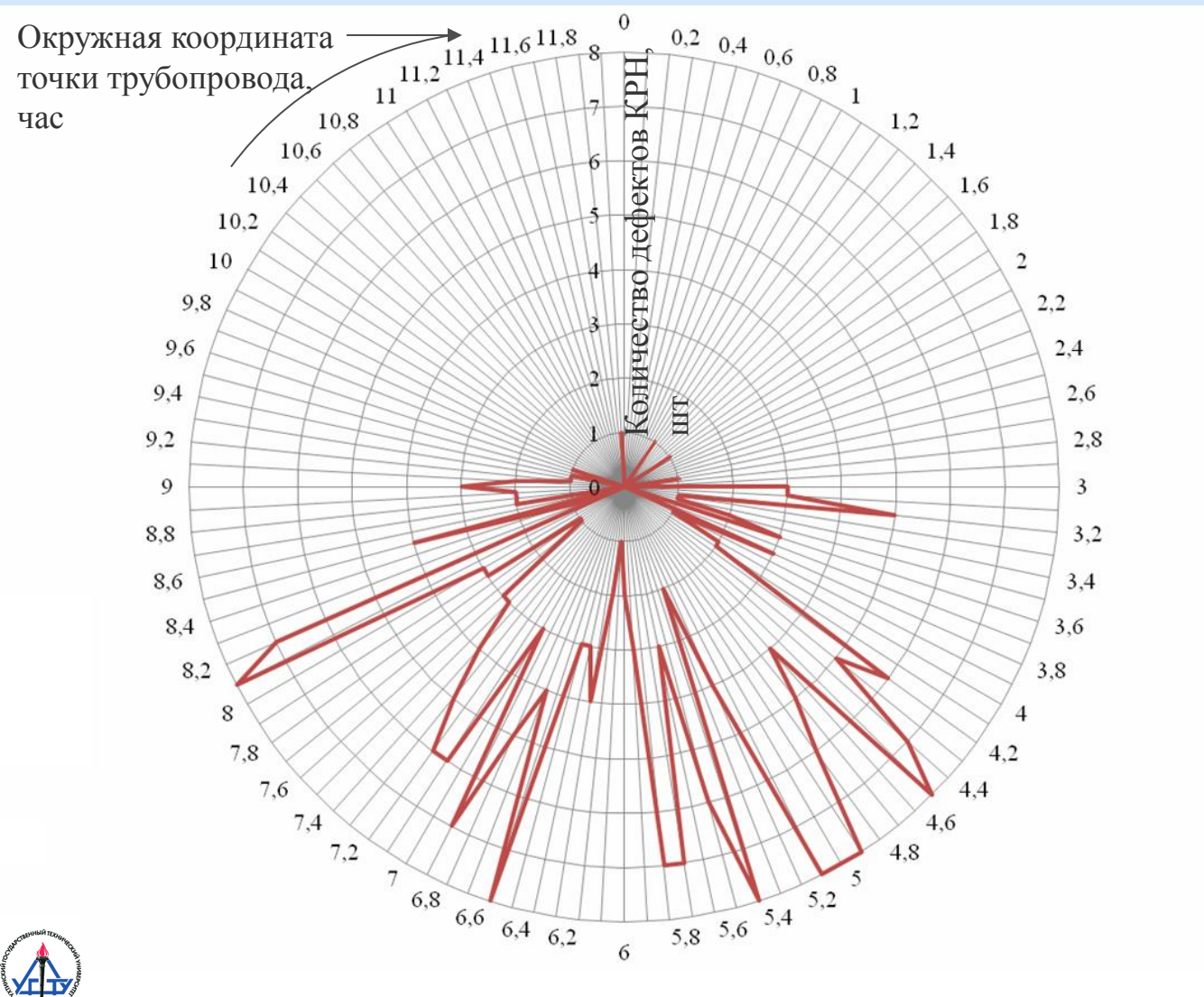
Параллельные трубопроводы

№ п.п.	Начало, км	Конец, км	Протяженность, км	Наименование и тип параллельного трубопровода	Расположение трубопровода		Эксплуатирующая организация
					Справа - слева	Кратчайшее расстояние, м	
1	1,5	67	61,5	Нефтепровод «Ухта - Ярославль»	слева	~50	ОАО «МН»
2	1,5	67	65,895	Ухта - Торжок 1 нитка	слева	~25	ООО «Газпром трансгаз Ухта»
3	1,5	67	65,895	Ухта - Торжок 2 нитка	слева	~15	ООО «Газпром трансгаз Ухта»
4	1,5	67	65,895	Пунга-Ухта - Грязовец	справа	~15	ООО «Газпром трансгаз Ухта»
5	1,5	67	65,895	СРТО – Торжок V нитка	справа	~50	ООО «Газпром трансгаз Ухта»
6	1,5	67	65,895	СРТО - Торжок VI нитка	справа	~65	ООО «Газпром трансгаз Ухта»

Количество обнаруженных дефектов КРН по годам обследования



Распределение дефектов КРН на МГ Ухта-Торжок - 3 по окружности трубы



Распределение дефектов КРН по значениям угловой ориентации имеет максимумы в районе 4,2-5,8 и 6,6-8,2 часов.

На рассматриваемом участке не установлен факт превышения количества дефектов левой части трубы относительно правой: 54% и 46% выявленных дефектов КРН сконцентрировано соответственно на правой и левой полуокружностях трубы.

Количественное распределение дефектов КРН от удельного электросопротивления грунта



Условная статистическая вероятность (УСВ) возникновения дефекта от удельного электросопротивления грунта:

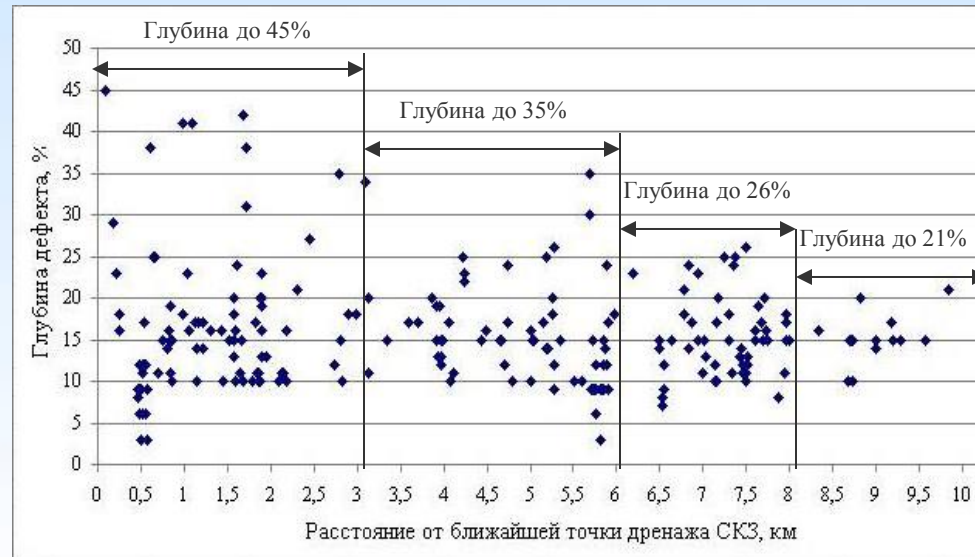
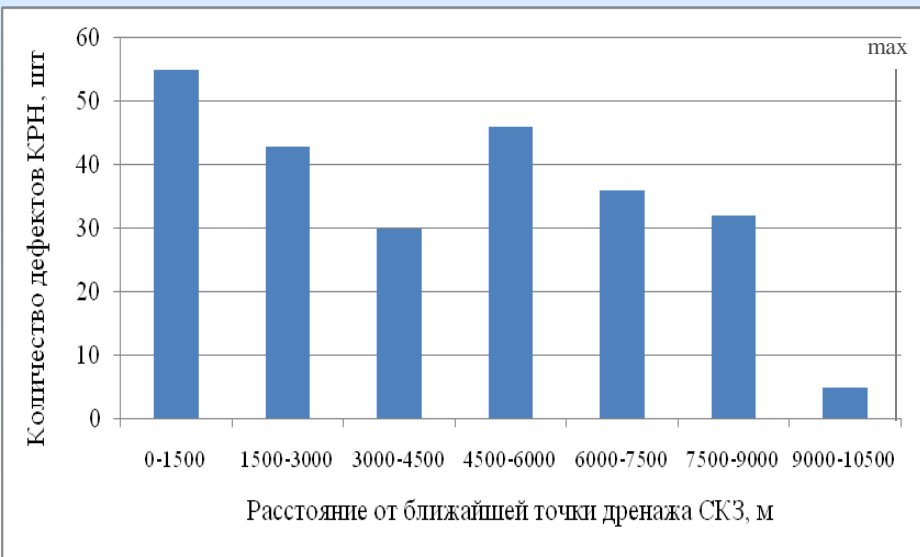
$$P = \frac{n_{\text{дефект}}}{n_{\text{уч}}}$$

где $n_{\text{дефект}}$ - количество дефектов КРН, выявленных на участке с заданным удельным электросопротивлением грунта;

$n_{\text{уч}}$ - количество участков с заданным удельным электросопротивлением грунта.



Зависимость количества дефектов КРН и их глубины от расстояния между местом образования дефекта и точкой дренажа СКЗ



$$y = -0,00395 x + 56,0357$$

Коэффициент корреляции:

$$r_{xy} = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{S(x) \cdot S(y)} = \frac{149678,6 - 5250 \cdot 35,29}{3000 \cdot 14,733} = -0,805^*$$

Коэффициент детерминации:

$$R^2 = 0,65$$

*Связь между признаками по шкале

Чеддока:

0,1 < r_{xy} < 0,3 слабая

0,3 < r_{xy} < 0,5 умеренная

0,5 < r_{xy} < 0,7 заметная

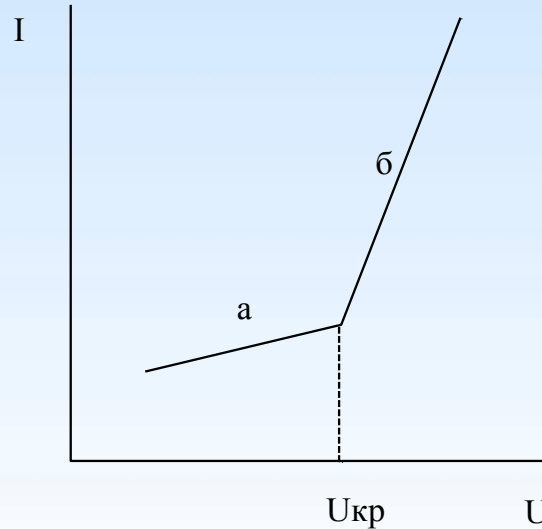
0,7 < r_{xy} < 0,9 высокая

0,9 < r_{xy} < 1 весьма высокая



Определение рационального потенциала катодной защиты

Вольт-амперная характеристика процесса поляризации металла трубопровода



а – кривая восстановления кислорода,
б – кривая восстановления воды с выделением водорода

Определение точки перелома зависимости «сила тока – разность потенциалов», т.н. кривой Тафеля*

$$\begin{cases} U = f(I), & \text{при } U \leq U_{кр}; \\ U = f^*(I), & \text{при } U > U_{кр}. \end{cases}$$

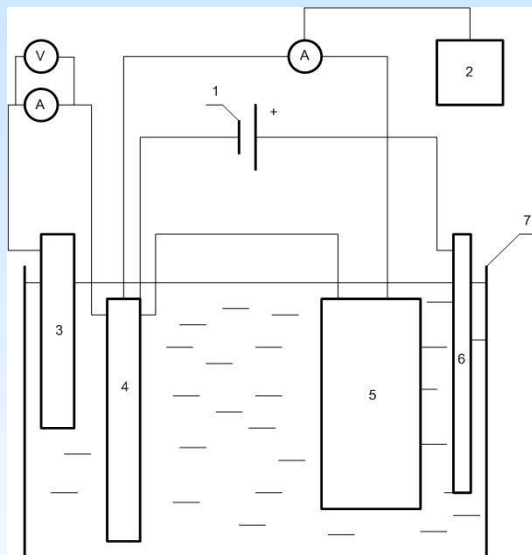
$U_{кр} - 0,05 = U_{реком}, B,$
где $U_{кр}$ – точка перехода процессов;
 $U_{реком}$ – рекомендуемое значение защитного потенциала.

*Пат. 2327821 Российская Федерация, МПК С23F13/04
Способ регулирования параметров катодной защиты участков подземных трубопроводов / Волков А.А., Теплинский Ю.А. и др.; опубл. 27.06.2008 г.

Экспериментальная установка и оборудование

Схема экспериментальной установки для определения степени наводороживания металла.

- 1 – источник постоянного тока;
- 2 – персональный компьютер;
- 3 – электрод сравнения;
- 4 – испытуемый образец;
- 5 – индикатор водорода ДН1;
- 6 – анод;
- 7 – пластиковая емкость.

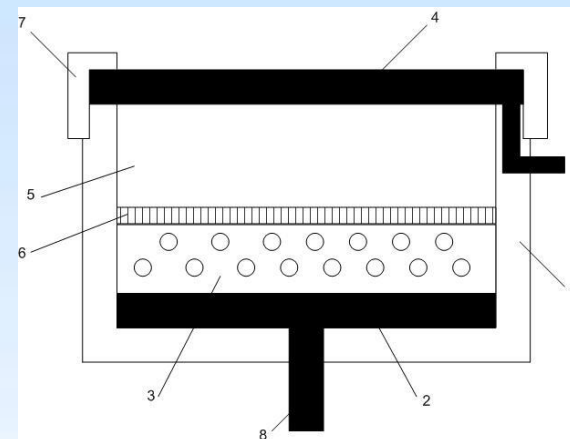


В стационарных условиях концентрацию водорода C_H можно рассчитать из величины плотности тока проникновения водорода через стальную мембрану – i_p :

$$C_H = i_p LM / F \rho D$$

где L - толщина мембраны, M - атомный вес водорода, F - число Фарадея, ρ - плотность стали, D - коэффициент диффузии водорода в стали.

Таким образом, величину i_p можно рассматривать как параметр, характеризующий скорость диффузии водорода в металл



Конструкция ячейки водородного датчика
1 – цилиндрический корпус; 2 – катод графитовый; 3 – засыпка MnO_2 ; 4 – анодная мембрана; 5 – 0.1 н. раствор $NaOH$; 6 – сепаратор; 7 – пластик для герметизации; 8 – измерительные контакты.



* индикатор водорода ДН-1 разработан в Институте физической химии и электрохимии РАН

Характеристики используемых средств измерений



Характеристики универсального
вольтметра
B7-78/1

Параметр	Максимальное значение	Разрешающая способность	Основная погрешность измерения
Постоянное напряжение	1000 В	1 мВ	$\pm(0,004 \dots 0,008)\%$
Переменное напряжение	750 В	1 мВ	$\pm(0,09)\%$
Сила постоянного тока	3 А	10 мкА	$\pm(0,05 \dots 0,14)\%$
Сила переменного тока	3 А	10 мкА	$\pm(0,05 \dots 1,16)\%$
Электрическое сопротивление	100 МОм	100 Ом	$\pm(0,01 \dots 0,4)\%$

Характеристики мультиметра типа
APPA 80(H)



Параметр	Максимальное значение	Разрешающая способность	Основная погрешность измерения
Постоянное напряжение	1000 В	0,1 мВ	$\pm(0,5\%+2)$
Переменное напряжение	750 В	1 мВ	$\pm(1,5\%+5)$
Сила постоянного тока	10 А	0,1 мкА	$\pm(1,7\%+2)$
Сила переменного тока	10 А	0,1 мкА	$\pm(2,2\%+5)$
Электрическое сопротивление	30 МОм	0,1 Ом	$\pm(0,75\%+3)$

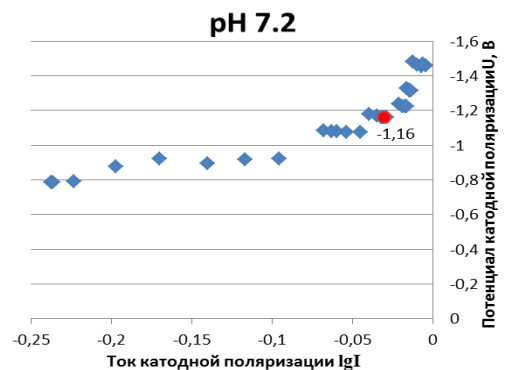
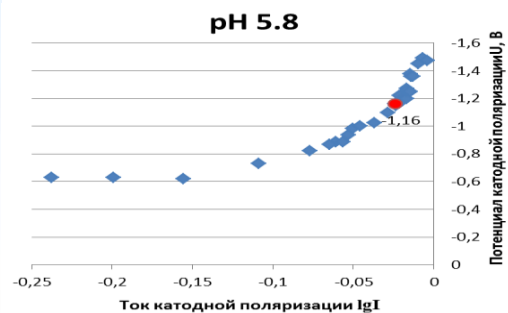
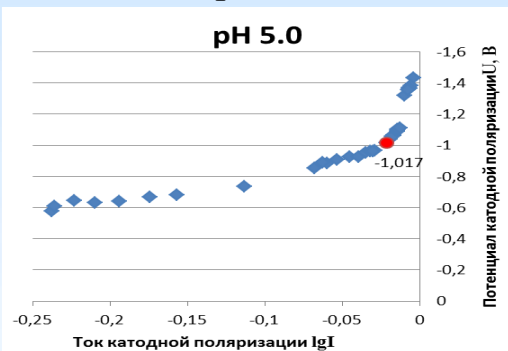
Характеристики рН-метра типа HANNA HI 98127 рНер 4

Параметр	Диапазон	Разрешающая способность	Основная погрешность измерения
Водородный показатель	-2,0...16,0 рН	0,1 рН	$\pm 0,1$ рН
Температура	-5,0...60 °С	0,1 °С	$\pm 0,5$ °С

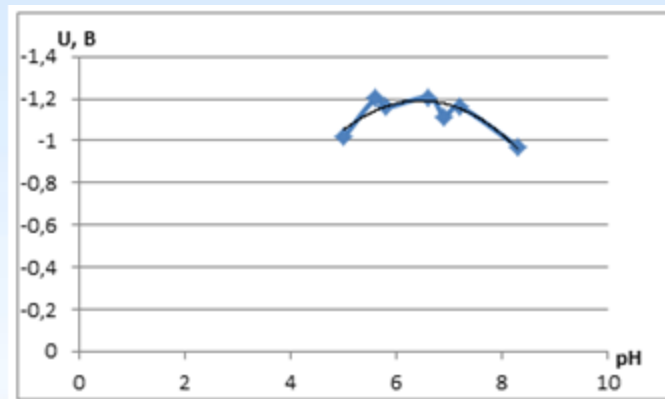
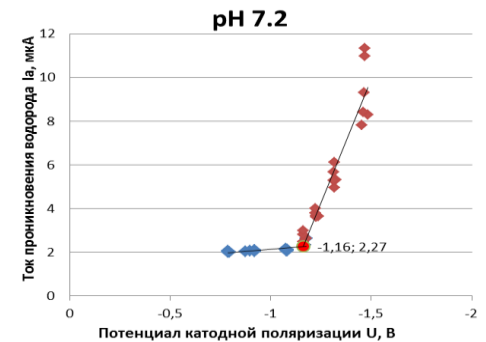
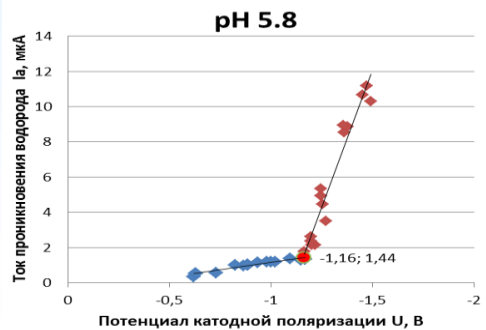
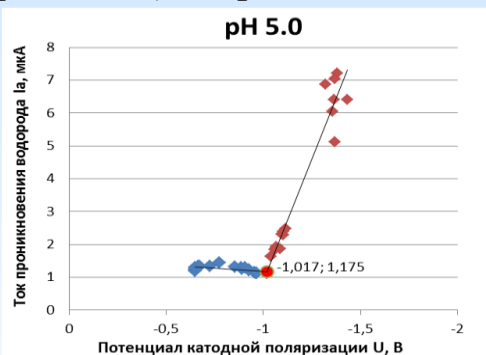


Результаты

Поляризационные кривые, полученные в ходе эксперимента



Зависимость тока проникновения водорода от потенциала катодной поляризации (измеряется датчиком ДН-1)



Рекомендуемый потенциал поляризации металла труб для сред с водородным показателем 5-9 pH

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Обнаружена тенденция увеличения вероятности появления коррозионного растрескивания под напряжением (КРН) с ростом электросопротивления грунта.
2. На участке исследования имеется корреляционная зависимость между количеством дефектов КРН и расстоянием до ближайшей точки дренажа СКЗ с коэффициентом линейной корреляции - 0,805.
3. Обнаружено, что при увеличении разности потенциала «металл-среда» выше точки перехода электрохимического процесса восстановления кислорода в процесс восстановления воды с выделением водорода, резко увеличивается скорость диффузии водорода, определяемая параметром ia с помощью прибора ДН-1.
4. Определено, что точка излома кривой зависимости $ip=f(U)$ соответствует точке излома на «тафелевской» кривой $U=f(\lg I)$, что позволяет использовать прибор ДН-1 для определения рекомендуемого потенциала защиты.
5. Для трубной стали 17Г1С, работающей в средах с рН 5÷9, экспериментально установлена зависимость рекомендуемого потенциала катодной защиты от водородного показателя среды:
 $U_{кр} = -0,067pH^2 + 0,86pH - 1,6.$



ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет»
Российская Федерация, 169300, Республика Коми, город Ухта, улица
Первомайская, 13, тел. 8(8216) 77-44-02
Кафедра «Проектирование и эксплуатация магистральных
газонефтепроводов», тел. 8(8216) 77-44-81



Доклад окончен
Благодарю за внимание