

Прогнозирование эксплуатационной надежности системы электрохимической защиты линейной части подземных трубопроводов в однониточном исполнении
**Зайнулин И. М.¹, Мухортов М. Ю.², Соколов М. Н.³,
Дьяченко М. А.⁴, Покровская Н. В.⁵**

¹Зайнулин Искандар Мансурович / Zainulin Iskandar Mansurovich – начальник электролаборатории, ООО «ЦНПД», г. Москва;

²Мухортов Михаил Юрьевич / Mukhortov Michail Yurievich – аспирант, кафедра «Бурение нефтяных и газовых скважин», Самарский государственный технический университет, г. Самара;

³Соколов Михаил Николаевич / Sokolov Mikhail Nikolaevich - заместитель генерального директора;

⁴Дьяченко Максим Александрович / Dyachenkov Maksim Aleksandrovich - начальник лаборатории неразрушающего контроля;

⁵Покровская Надежда Васильевна / Pokrovskaya Nadezhda Vasilyevna – ведущий инженер, ООО «ЦНПД», г. Москва

Аннотация: в статье раскрываются цели и задачи математического моделирования системы электрохимической защиты, обеспечивающие безопасную эксплуатацию подземных нефтегазопроводов.

Abstract: in article the purposes and problems of mathematical modeling of system of electrochemical protection providing safe operation of underground oil and gas products pipelines reveal.

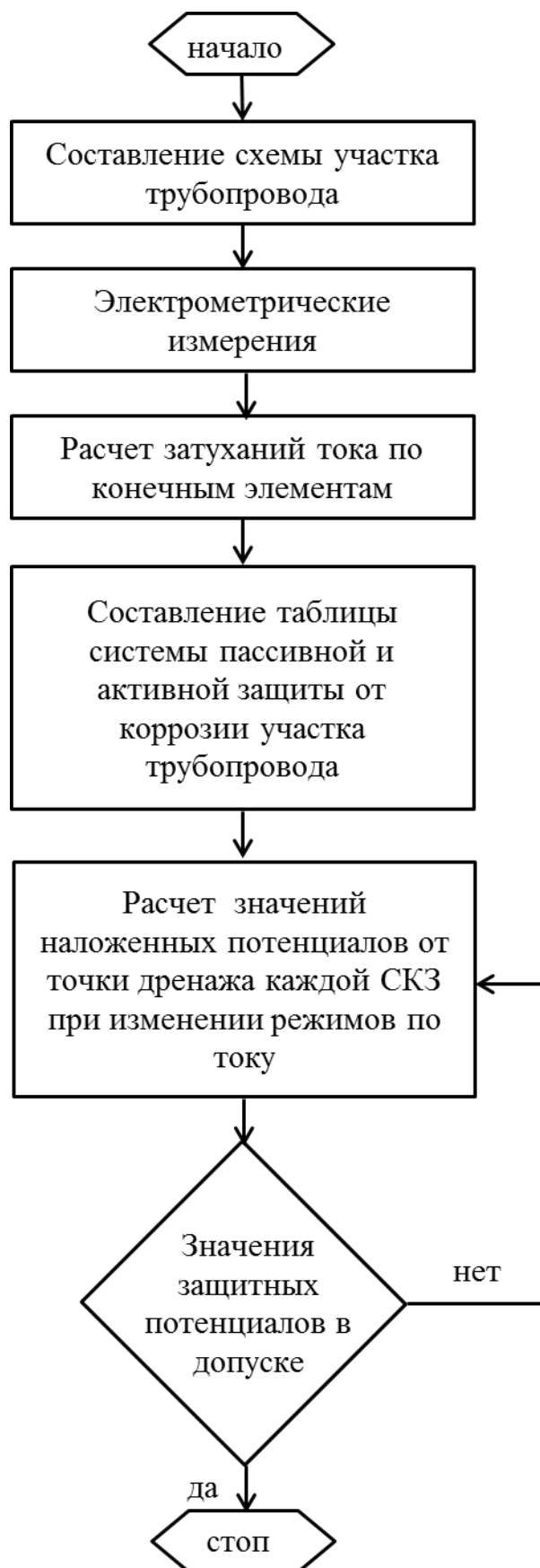
Ключевые слова: коррозия, защита трубопроводов, наложенный потенциал, поляризационная составляющая, анодный заземлитель, алгоритм, программа.

Keywords: corrosion, protection of pipelines, the imposed potential, polarizing component, anode grounding conductor, algorithm, the program.

Для обеспечения безопасной эксплуатации и предотвращения коррозионных повреждений, система эксплуатации трубопроводов включает периодическое проведение комплексного обследования состояния изоляции и системы электрохимической защиты трубопроводов электрометрическими методами. По результатам этих обследований производится оценка состояния пассивной и активной защиты трубопроводов от электрохимической коррозии, и проводятся мероприятия по обеспечению защищенности трубопровода от коррозии [1], [2]. Методы проведения диагностического обследования достаточно глубоко отработаны и широко используются специализированными организациями в данной области.

Сотрудниками ООО «ЦНПД» был разработан алгоритм программы по расчету оптимальных режимов работы катодных станций, по определению сроков переизоляции трубопровода с использованием математического моделирования с учетом данных электрометрических измерений трубопровода и системы его электрохимической защиты.

Схема 1. Алгоритм программы системы ЭХЗ участка трубопровода



Недостаточный уровень защитного потенциала трубопровода приводит к коррозионным ситуациям в местах нарушения изоляционного покрытия.

Превышение максимально допустимого значения защитного потенциала также приводит к разрушению металла – наводороживанию и, как следствие, охрупчиванию металла.

Поэтому необходимо поддерживать значение защитного потенциала на всем протяжении трубопровода в оптимальных пределах.

Для защиты от коррозии подземных трубопроводов используется комплексная защита – изоляционное покрытие (пассивная) и система ЭХЗ (активная).

Для обеспечения защищенности от электрохимической коррозии с помощью источников постоянного тока производится смещение потенциала поляризации металла относительно окружающей среды в более отрицательную сторону. Величина смещения потенциала ΔU - называется наложенным потенциалом. Наложный потенциал состоит из поляризационной составляющей $\Delta U_{\text{пол}}$ и омической составляющей $\Delta U_{\text{омич}}$. Суммарный потенциал $U_{\text{т-з}}$ описывается следующим выражением:

$$U_{\text{т-з}} = U_{\text{ест}} + \Delta U_{\text{пол}} + \Delta U_{\text{омич}} \quad (1)$$

Наложный потенциал ΔU описывается следующим выражением:

$$\Delta U = \Delta U_{\text{пол}} + \Delta U_{\text{омич}} \quad (2)$$

где:

ΔU – суммарный наложенный потенциал

$\Delta U_{\text{пол}}$ - поляризационная составляющая наложенного потенциала

$\Delta U_{\text{омич}}$ - омическая составляющая наложенного потенциала.

При использовании нескольких источников тока, согласно принципа суперпозиции, наложенные потенциалы, создаваемые в любой точке трассы каждым из источников, суммируются [6].

$$\Delta U_{\text{пол}} = \sum \Delta U_{\text{пол}i} \quad (3)$$

$$\Delta U_{\text{омич}} = \sum \Delta U_{\text{омич}i} \quad (4)$$

Суммарный наложенный потенциал ΔU описывается следующим выражением [6]:

$$\Delta U(x) = O \cdot J_{\text{вх}} \cdot y^{-\alpha} + O \cdot \rho \cdot (2 \cdot \pi \cdot \sqrt{c^2 + n^2}) \quad (5)$$

$\Delta U(x)$ – суммарный наложенный потенциал на расстоянии X

J – ток в трубопроводе

$J_{\text{вх}}$ – входное сопротивление в точке дренажа

α – затухание тока в трубопроводе

ρ – удельное электросопротивление грунтов в поле токов защиты

x – расстояние от точки дренажа до расчетной точки

y – расстояние от анодного заземлителя до трубопровода.

Распределение поляризационной составляющей $\Delta U_{\text{пол}}$ вдоль трубопровода в графическом представлении имеет следующий вид (рис. 1)

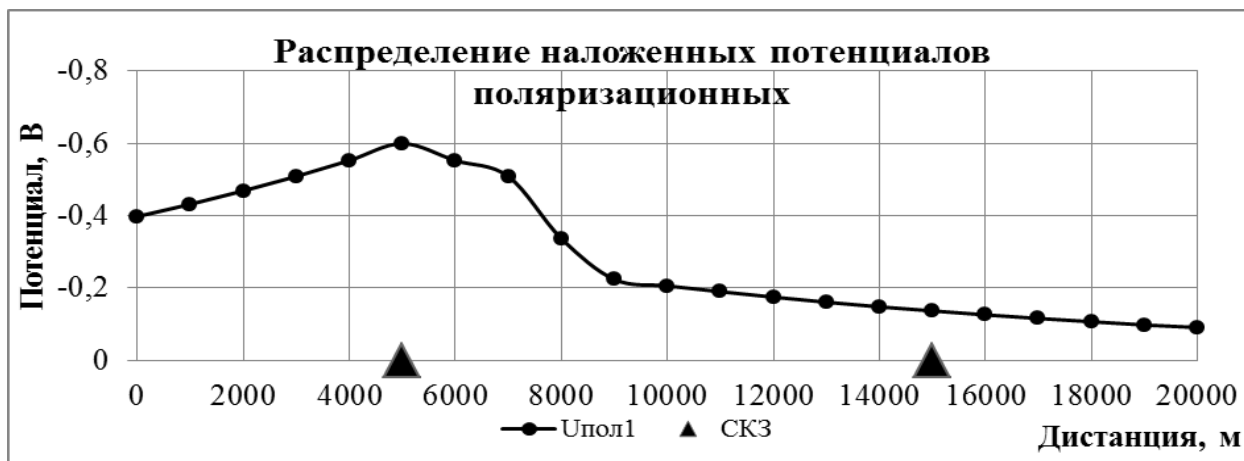


Рис. 1. Распределение поляризационной составляющей $\Delta U_{\text{пол}}$ вдоль трубопровода

Распределение поляризационной составляющей $\Delta U_{\text{пол}}$ вдоль трубопровода от 2-х станций катодной защиты (СКЗ) в графическом представлении имеет следующий вид (рис. 2)

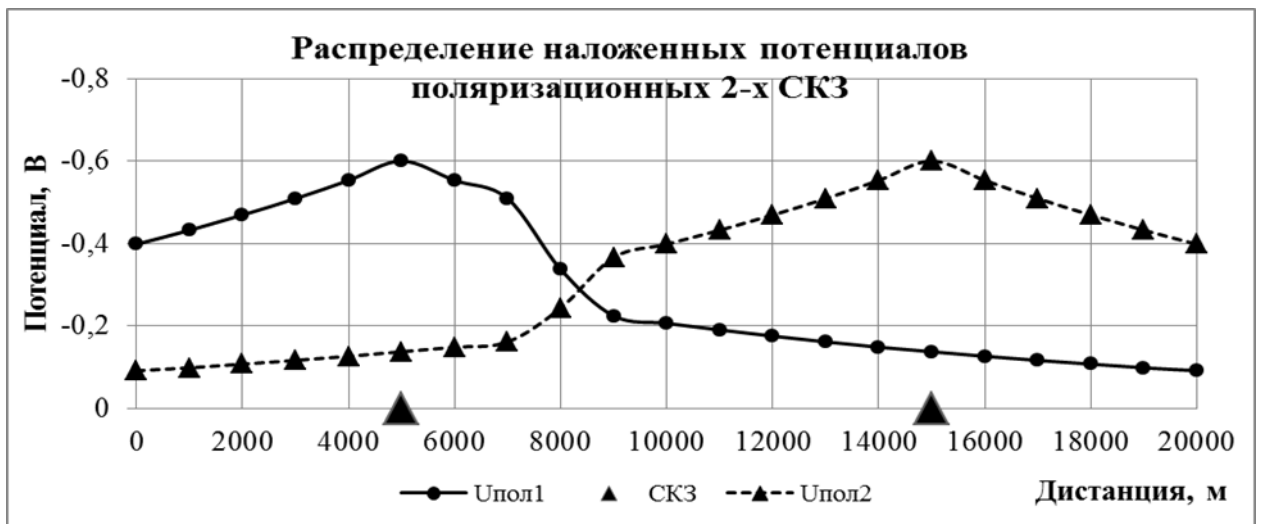


Рис. 2. Распределение поляризационной составляющей $\Delta U_{пол}$ вдоль трубопровода от 2-х станций катодной защиты (СКЗ)

При защите трубопровода несколькими установками катодной защиты (УКЗ), наложенная разность потенциалов в любой точке трубопровода, согласно принципа суперпозиций [6], определяется как сумма наложенных разностей потенциалов от каждой УКЗ (рис. 3).

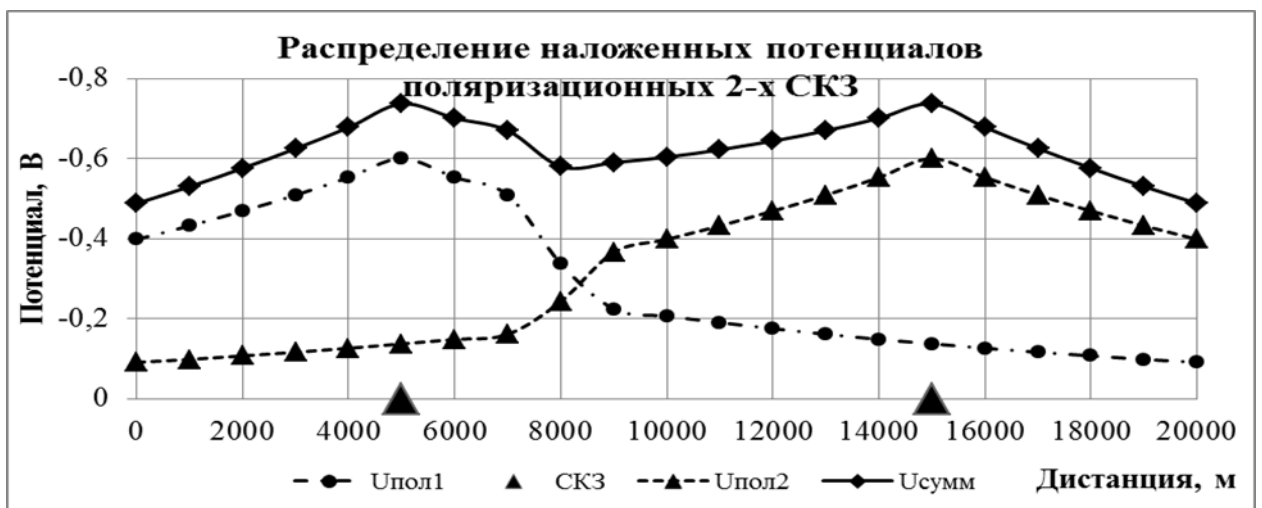


Рис. 3. Распределение поляризационной составляющей $\Delta U_{пол}$ вдоль трубопровода от нескольких установок катодной защиты (УКЗ)

При математическом моделировании использованы таблицы распределения затуханий тока защиты по конечным элементам – пассивная часть и программа расчета распределения потенциалов с учетом месторасположения СКЗ.

Измерения на постоянном токе имеют ряд недостатков. В метрологии используются методы измерения параметров на постоянном токе с использованием переменного тока, в частности, использование цифровой обработки [6]. В дальнейшем, при расчете распределения потенциалов вдоль обследуемого трубопровода проводится пересчет затухания переменного тока в значения затухания постоянного тока.

Расчет затухания переменного тока генератора производится по формуле:

$$\alpha = 2000 \cdot \log(J_1/J_2) / \Delta L \quad (7) \quad [3]$$

где

α – затухание тока, мБ/м,

J_2, J_1 – значение тока в начальной и конечной точках измерения на выбранном конечном участке,

ΔL – интервал, м.

Расчет величины наложенного потенциала производится с учетом зависимости затухания на постоянном токе от величины затухания на переменном токе. Расчет наложенного потенциала в точке проводится по формулам [6]:

$$\Delta U_{пол2} = \Delta U_{пол1} \cdot \text{СТЕПЕНЬ}(10; -\alpha) \cdot 2000 / \Delta L \quad (8)$$

где

α – затухание тока, мВ/м,
 $\Delta U_{\text{пол1}}$, $\Delta U_{\text{пол2}}$ – значение наложенного потенциала в начальной и конечной точках измерения на выбранном конечном участке,
 ΔL – интервал, м.

При математическом моделировании решаются следующие задачи:

- определение плеч защиты каждой УКЗ;
- расчет оптимальных режимов СКЗ – минимально необходимых токов для обеспечения поляризационных потенциалов в нормируемых пределах (не менее минимально и не более максимально допустимых значений).
- прогнозирование защищенности при изменении параметров изоляционного покрытия со временем и планирование сроков и участков замены изоляции.
- расчет кратковременных режимов СКЗ при проведении плановых и внеплановых ремонтных работ на УКЗ, связанных с их выключением.

С помощью программы, разработанной по приведенному алгоритму с использованием математического моделирования, определяются и устанавливаются оптимальные эксплуатационные режимы системы ЭХЗ, что обеспечивает максимальную безопасность при эксплуатации подземных трубопроводов.

Литература

1. ГОСТ Р 51164-98 Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии.
2. ГОСТ 9.602-89 ЕСЗКС. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии.
3. «Методика оценки фактического положения и состояния подземных трубопроводов», РАО «ГАЗПРОМ», Москва, 2001 г.
4. «Методическое руководство по оптимизации параметров и оценке эффективности электрохимической защиты объектов магистрального транспорта газа», ПО «Средгазпром», 1988 г.
5. Справочник «Защита от коррозии» под ред. Ф. М. Зиневич, Недра, 1988 г.
6. «Методическое руководство...», Газпром, 1988 г.