

созданной И. В. Вельбицким под научным руководством ак. В. М. Глушкова графической системе разработки программного обеспечения, в значительной мере упрощающей, улучшающей и ускоряющей процессы проектирования сложных программных систем [11].

Список литературы

1. Попов Ф.А., Груздев Г.П., Филиппов С.А. Технология разработки программного обеспечения ЭВМ М-400 и М-6000 с использованием ЭВМ БЭСМ-6 // Управляющие системы и машины. 1980. №1. С.41-45.
2. Попов Ф.А., Карлов А.А. Диалог-диалоговая система для разработки математического обеспечения ЭВМ в режиме эмуляции // Тр. III всесоюзной конф. "Диалог Человек-ЭВМ". Протвино: ИФВЭ, 1983. С.69.
3. Попов Ф.А., Жарков А.С., Филиппов С.А. Диалоговая система для программирования микропроцессорных управляющих устройств на основе КТС ЛИУС-2 // Передовой производственный опыт. 1986. № 5. С. 25.
4. Жарков А.С., Звольский Л.С., Литвинов А.В., Попов Ф.А. Проблемы создания интегрированных АСУ для производств спецхимии и пути их решения. Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та. 2014. 266 с.
5. Абрамов Д.Г., Звольский Л.С., Кодолов А.В., Попов Ф.А. Особенности и перспективы создания АСУ технологическими процессами производств спецхимии // Фундаментальные исследования. 2015. № 9. С. 407-413.
6. Абрамов Д.Г., Кодолов А.В., Попов Ф.А. Система противоаварийной защиты процесса кассетного формования малогабаритных изделий из смесового композиционного материала // Международный симпозиум «Компьютерные измерительные технологии». Москва. 2015. С. 38-40.
7. Абрамов Д.Г., Абрамов Д.Г., Кодолов А.В., Попов Ф.А. Особенности создания систем противоаварийной защиты для современных специальных химических производств // Автоматизация в промышленности. Февраль 2016, №2. с. 10-12.
8. Обновленский П.А. Мусяков Л.А., Чельцов А.В. Системы защиты потенциально опасных процессов химической технологии. Л.:Химия, 1978. 224 с.
9. Федоров Ю.Н. Основы построения АСУТП взрывоопасных производств. В 2-х томах. Методология. Т. 1. М.: СИНТЕГ, 2006. 720 с.
10. Абрамов Д.Г., Кодолов А.В., Попов Ф.А. Особенности построения пользовательских интерфейсов для автоматизированных систем управления производствами спецхимии // Автоматизация в промышленности. 2018. №6. С. 52-57.
11. Вельбицкий И.В. Новая графическая концепция программирования // Южно-Сибирский научный вестник. 2018. №4(24). С.83-98.

Абрамов Дмитрий Георгиевич – зам. генерального директора по качеству и промышленной безопасности,

Кодолов Артем Владимирович – начальник отделения вычислительной техники и автоматики,

Литвинов Андрей Владимирович – д-р техн. наук, советник главного конструктора по НИОКР АО «ФНПЦ «Алтай»,

Попов Федор Алексеевич – д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник АО «ФНПЦ «Алтай».

Контактный телефон +7(3854)30-12-00.

E-mail: abramov.biysk@gmail.com ovtia.frpc@gmail.com altai-biysk@mail.ru pfa2004@mail.ru

DOI: 10.25728/avtprom.2020.03.02

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ РАСЧЕТОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

О.Н. Гринюк (ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»),

О.В. Алексашина (ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет») и

А.В. Архипов (ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»)

Рассматриваются особенности расчета проекта электрохимической защиты магистральных трубопроводов для обеспечения их надежной и безопасной эксплуатации, а также предотвращения их разрушения по причине коррозии.

Ключевые слова: электрохимическая защита трубопроводов, анодное заземление системы катодной защиты, информационное сопровождение проектных расчетов.

Обеспечение надежной и безопасной работы трубопроводов и предотвращение их разрушения по причине коррозии достигается за счет реализации комплекса мероприятий, важнейшим из которых является активное противодействие негативным процессам при помощи электрохимической защиты (ЭХЗ). Все трубопроводы (кроме проложенных надземно) независимо от условий эксплуатации согласно ГОСТ Р 51164-98 подлежат ЭХЗ. Электрохимическая защита должна обеспечивать в течение всего срока эксплуатации непрерывную по времени ка-

тодную поляризацию трубопровода на всем его протяжении (и на всей его поверхности) таким образом, чтобы значения потенциалов на трубопроводе были (по абсолютной величине) не меньше минимального и не больше максимального значений.

Электрохимическую защиту следует проектировать в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51164, ГОСТ 9.602-89, РД 91-020.00-КТН-234-10, СНИП 2.05.06-85 «Магистральные трубопроводы», «Правил устройства электроустановок», «Руководство по эксплуатации систем противокоррозионной защиты трубопроводов»,

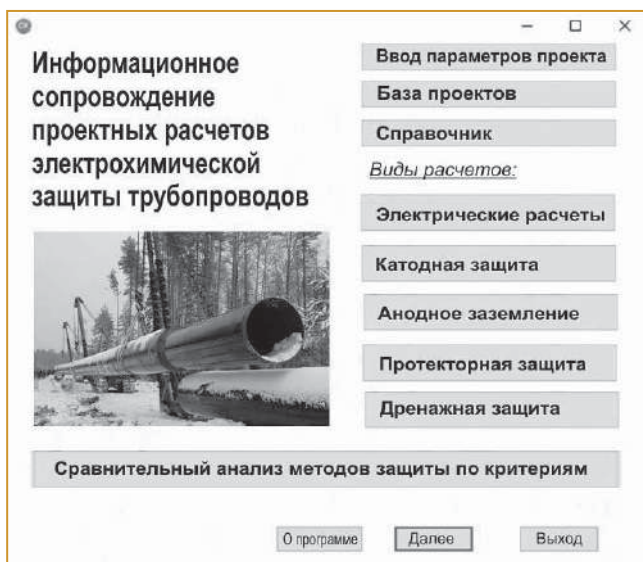


Рис. 1. Внешний вид информационного сопровождения

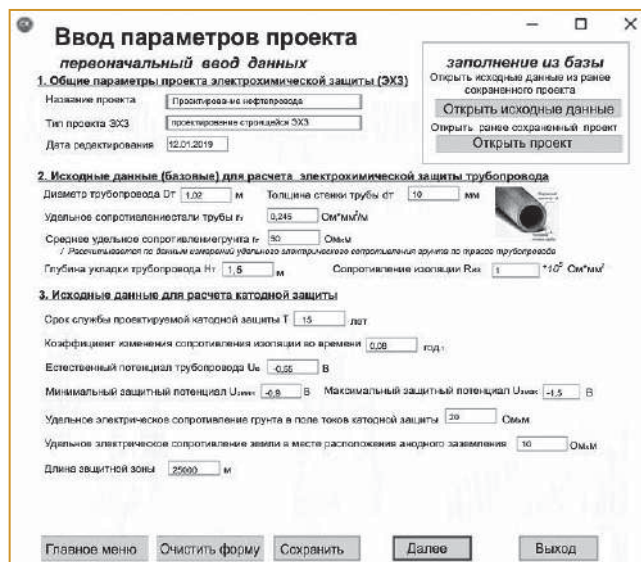


Рис. 2. Ввод исходных параметров проекта

а также в зависимости от типа трубопровода в соответствии с другой действующей нормативной документацией, например, СТО Газпром 9.2-003-2009 «Защита от коррозии. Проектирование электрохимической защиты подземных сооружений».

Защита магистральных трубопроводов от коррозии возможна следующими способами: протекторная защита, дренажная защита, катодная защита и некоторые виды совместной защиты. Однако наиболее распространенным способом ЭХЗ на протяженных участках трубопроводов является размещение по трассе через 7...10 км мощных установок катодной защиты (УКЗ) с использованием глубинных анодных заземлений (ГАЗ). Основным преимуществом системы ЭХЗ, включающей ГАЗ и мощные катодные станции, являются оптимальные затраты на строительство и поддержание работоспособности средств ЭХЗ [1]. Подключение катодной защиты позволяет, если не остановить, то значительно замедлить общую и язвенную коррозии металла труб в местах с дефектами изоляции. Поэтому все магистральные газопроводы имеют катодную (электрохимическую защиту).

Расчет параметров электрохимической защиты магистральных трубопроводов обычно производится проектными институтами по отраслевым стандартам на основе данных геологических изысканий и справочной информации о свойствах применяемых материалов. Объем таких расчетов очень велик, в связи

Таблица. Коррозионная активность грунта

Удельное сопротивление R_{Om} [Ом*м]	Δm грамм (изменение массы)	Коррозионная активность	Характеристика грунта
> 100	<1	низкая	песчаные и суглинки
20... 100	1...2	средняя	глинистая или бедные черноземы
10...20	2...3	повышенная	известковые или богатые черноземы
5... 10	3...6	высокая	замусоренные и зашлакованные
<5	>6	весьма высокая	торфяные

с чем проектирование ЭХЗ объекта занимает очень длительное время.

Проведенные исследования показывают, что существующее информационное сопровождение проектных расчетов ЭХЗ трубопроводов, представлено следующими видами:

- on-line расчетчики, такие как Онлайн-Электрик [2], on-line-программа электрохимической защиты корпорации «ПСС»;
- специализированные программы для конкретного типа расчетов, например, ПО «Расчет анодных полей» ООО «Химсервис» [3];
- комплексные программные продукты, такие как система ElectricS ECP (CSoft Development) [4], компьютерный комплекс ЭХЗ-11 «Расчет электрохимической защиты металлических сооружений» (ИАиС ВолГТУ) (<http://vgasu.ru/science/innovations/arm-ehz/arm-ehz-11/>);
- небольшие макросы, реализованные в MS Excel, созданные инженерами — проектировщиками самостоятельно для упрощения своих расчетов.

Большая часть существующих программных продуктов имеет ограниченную тематическую и пользовательскую функциональность либо адаптирована только под конкретные нормативные документы или даже продукцию. Степень достоверности, а главное полноты таких расчетов, зачастую бывает недостаточной. Комплексные программные продукты известных зарубежных фирм лишены этих недостатков. Они характеризуются широкой функциональностью, однако их стоимость не всегда доступна небольшим проектным организациям и образовательным заведениям для использования в учебном процессе. Поэтому создание информационного сопровождения проектных расчетов ЭХЗ трубопроводов является актуальным (рис. 1).

Для решения вопросов о защите трубопроводов от коррозии вначале необходимо определить коррозионную активность грунта и характер распределения блуждающих токов на трассе трубопровода.



Рис. 3. Расчет катодной защиты проектируемого нефтепровода

Коррозионную активность грунта оценивают по трем показателям:

- плотность поляризующего тока;
- удельное электрическое сопротивление грунта;
- потеря массы образца.

Коррозионную активность грунта определяют по специальным таблицам (таблица).

На сегодняшний день главным нормативным документом в области ЭХЗ трубопроводов является ГОСТ Р 51164-98. «Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии», который содержит следующий перечень обязательных при проектировании трубопроводов параметров, с определением их значений на начальный и конечный периоды эксплуатации (≥10 лет):

- для установок катодной защиты — силы защитного тока и напряжения на выходе катодных станций (преобразователей), а также сопротивления анодных заземлений;
- для протекторных установок — силы защитного тока и сопротивления протекторов;
- для установок дренажной защиты — силы тока дренажа и сопротивления дренажной цепи.

Основными параметрами, характеризующими величину и распределение защитного тока, являются электрические характеристики защищаемых объектов. Исходными данными для их определения служат диаметр трубопровода, марка стали и толщина стенки трубы, глубина укладки трубопровода, сопротивление изоляции и удельное сопротивление грунта вдоль трубопровода (рис. 2). Удельное электрическое сопротивление грунта на глубине укладки трубопровода определяется по данным изысканий: измерения выполняются через каждые 100 метров и дополнительно во всех местах по-

нижения рельефа (овраги, реки, ручьи, болота и т. п.).

Степень коррозионной активности грунта влияет на некоторые условия прокладки трубопровода подземным способом, на вид изоляционного покрытия труб и на вид применяемой ЭХЗ трубопровода от коррозии.

Исходными данными для расчета установок катодной защиты являются результаты расчета характеристик защищаемого объекта, а также удельное электрическое сопротивление грунта в поле токов катодной защиты, которое берется из характеристик грунта вдоль трубопровода. Основными расчетными параметрами катодной защиты являются сила тока установки катодной защиты и длина защитной зоны, создаваемой этой установкой (рис. 3). Для расчета необходимо ввести соответствующие исходные данные, а также выполнить расчет характеристик объекта.

Актуальность настоящей работы заключается в создании информационного сопровождения проектных расчетов, позволяющего оперативно рассчитать параметры ЭХЗ магистрального трубопровода. Разработанное информационное сопровождение позволяет провести расчет по всем методам электрохимической защиты, указанным в нормативных документах, как общероссийских (ГОСТ Р и РД), так и некоторых отраслевых. Результаты расчета включают как промежуточные расчеты для внесения данных в проектную документацию, так и выходные данные, по которым определяются параметры оборудования и обосновывается их выбор.

Предложена возможность сохранения проекта как целиком, так и отдельно исходных данных, для возможности корректировки некоторых параметров и перерасчета. А также представлена достаточно полная справочная информация о методах ЭХЗ и последние редакции нормативных документов с их методиками расчета.

Данное информационное сопровождение позволяет не только рассчитать параметры ЭХЗ заданного объекта, а главное сравнить полученные результаты расчета несколькими методами электрохимической защиты, и определить наиболее подходящий по указанному параметру.

Список литературы

1. Северинова Л.Н., Колотовский А.Н. Оптимизация электрохимической защиты подземных магистральных трубопроводов // Нефтяное хозяйство. 2009 г. №6.
2. Алюнов А.Н. Онлайн-Электрик: Интерактивные расчеты систем электроснабжения. <https://online-electric.ru>
3. Галеев А.Г., Максимов Г.Л., Мигунов М.И. Комплексный подход к защите промысловых трубопроводов от коррозии в ПАО «Газпром нефть» // Инженерная практика. 2015 - №11.
4. Салин А.Г. Автоматизация расчетов электрохимзащиты в среде ElectricS ECP // CADmaster. 2006. №4(34). С. 60 - 63.

Гринюк Ольга Николаевна — канд. техн. наук, доцент, Новомосковский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,
Алексашина Ольга Вячеславовна — канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет»,
Архипов Александр Викторович — аспирант ФГБОУ ВО «Тюльский государственный университет».
 E-mail: olgrinyuk@mail.ru, Svirukova@yandex.ru, aav86@mail.ru