

УДК 622.691:620.197

Е.Л. Карнавский¹, С.А. Никулин¹¹ АО «Гипрогазцентр» (Нижний Новгород, Россия).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ОБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ

Управление техническим состоянием эксплуатируемого объекта основывается на рациональном планировании расходов, определении приоритетов и последовательности мероприятий поддержания объекта в работоспособном состоянии.

На сегодняшний день в условиях оптимизации расходов при эксплуатации основными задачами являются: определение факторов технического состояния системы противокоррозионной защиты (ПКЗ), их ключевых показателей, необходимых мероприятий и алгоритмов оценки приоритетности при финансировании, а также управляющего механизма для планирования, мониторинга и, при необходимости, корректировки планируемых воздействий. Оптимизация эксплуатационных затрат связана в том числе с повышением энергоэффективности и увеличением ресурса оборудования. Остаточный ресурс (срок службы) – наработка объекта (календарная продолжительность эксплуатации) от момента контроля его технического состояния (идентификации) до перехода в предельное состояние.

Ключевые слова: коррозия, система противокоррозионной защиты, электрохимическая защита, капитальный ремонт, мониторинг, энергоэффективность, остаточный ресурс, станция катодной защиты, изоляционные покрытия, анодные заземления.

В условиях ограниченного финансирования возникает вопрос о принятии правильных управленческих решений по планированию объемов капитального ремонта, распределению их во временном интервале. [1]

Для решения задачи оптимальной загрузки станций катодной защиты (СКЗ) с учетом состояния оборудования может быть использована математическая модель влияния силы тока СКЗ на величину защитных потенциалов модель [2–4]. Кроме того, наличие математической модели дает возможность решения задачи рационального распределения выделенных средств на капитальный ремонт оборудования и материалов ПКЗ. Решая задачу перебора различных вариантов функционирования элементов

системы ПКЗ, можно определять первоочередные объекты для проведения капитального ремонта. Основными элементами системы ПКЗ являются СКЗ, изоляционные покрытия (ИП) и анодные заземления (АЗ). В процессе работы СКЗ защитный ток, стекающий с АЗ, вызывает их растворение и увеличение сопротивления растеканию тока анодных заземлений. Кроме того, ухудшение сопротивления изоляционного покрытия требует постоянного повышения силы тока на выходе СКЗ, что в совокупности с растворением АЗ со временем приводит к превышению предельных режимов СКЗ по силе тока и напряжению и, соответственно, к невозможности обеспечения защитных потенциалов на газопроводе.

А с точки зрения капитальных и эксплуатационных затрат в системе ЭХЗ является самым дорогостоящим элементом, а на промышленных площадках ремонт АЗ будет сопровождаться восстановлением благоустройства и проездов, что приводит к значительному удорожанию. Следовательно, определение остаточного ресурса и аргументированных сроков проведения капитального ремонта данного элемента является необходимой задачей.

Выбор АЗ, которые необходимо вывести в капитальный ремонт, является комплексной задачей, при решении которой также необходимо учитывать количество выделенных на ремонт средств [5]. Сопротивление растеканию АЗ определяется в результате пери-

Таблица. Критерий эффективности АЗ в зависимости от удельного сопротивления грунта

Удельное сопротивление грунта (Ом·м)	≤10	10–20	21–100	101–200	201–300	≥300
Критическое сопротивление растеканию тока (Ом)	0,5	1	1,5	2	3	4

одических замеров и при диагностических обследованиях. На сегодняшний день рекомендуемый критерий вывода в капитальный ремонт АЗ по значению сопротивления растеканию тока в зависимости от удельного сопротивления грунта из методических указаний ОАО «Оргэнергогаз» по диагностическому обследованию газопроводов приведен в таблице.

Данный критерий в ряде случаев не является обоснованным. Например, при хорошем состоянии ИП для поддержания защитного потенциала на объекте требуются небольшие значения силы катодного тока. Превышение значений сопротивления растеканию в данном случае ведет к необходимости повышения напряжения на выходе СКЗ и не сказывается на защищенности.

ОСНОВНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИМИ ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС АЗ, ЯВЛЯЮТСЯ:

- остаточная масса АЗ;
 - скорость анодного растворения;
 - требуемая средняя сила тока за период;
 - площадь поверхности АЗ;
 - удельное сопротивление грунта.
- Основными ограничительными критериями при определении остаточного ресурса АЗ являются запас по току и напряжению СКЗ, при которых обеспечиваются требуемые показатели защищенности и скорости коррозии.

Для проверки справедливости критерия вывода в ремонт анодного заземления согласно документации ОАО «Оргэнергогаз» была проведена работа по моделированию изменения характеристик анодного заземления во време-

ни на объекте магистрального транспорта газа.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛИ:

- диаметр трубопровода D_T – 1420 мм;
 - начальное сопротивление изоляции $R_{из0}$ – 300 тыс. Ом·м²;
 - расчетный срок работы газопровода t – 60 лет;
 - тип анодного заземления – подповерхностный;
 - число анодов в группе N – 40 шт.;
 - скорость растворения материала электродов анодного заземления – 0,3 кг/А·год;
 - мощность СКЗ – 200 Вт, 1000 Вт;
 - удельное электрическое сопротивление грунта $\rho_{гр}$ – 150 Ом·м.
- Расчет основных электрических характеристик газопровода и параметров оборудования ПКЗ и их изменения в течение срока эксплу-

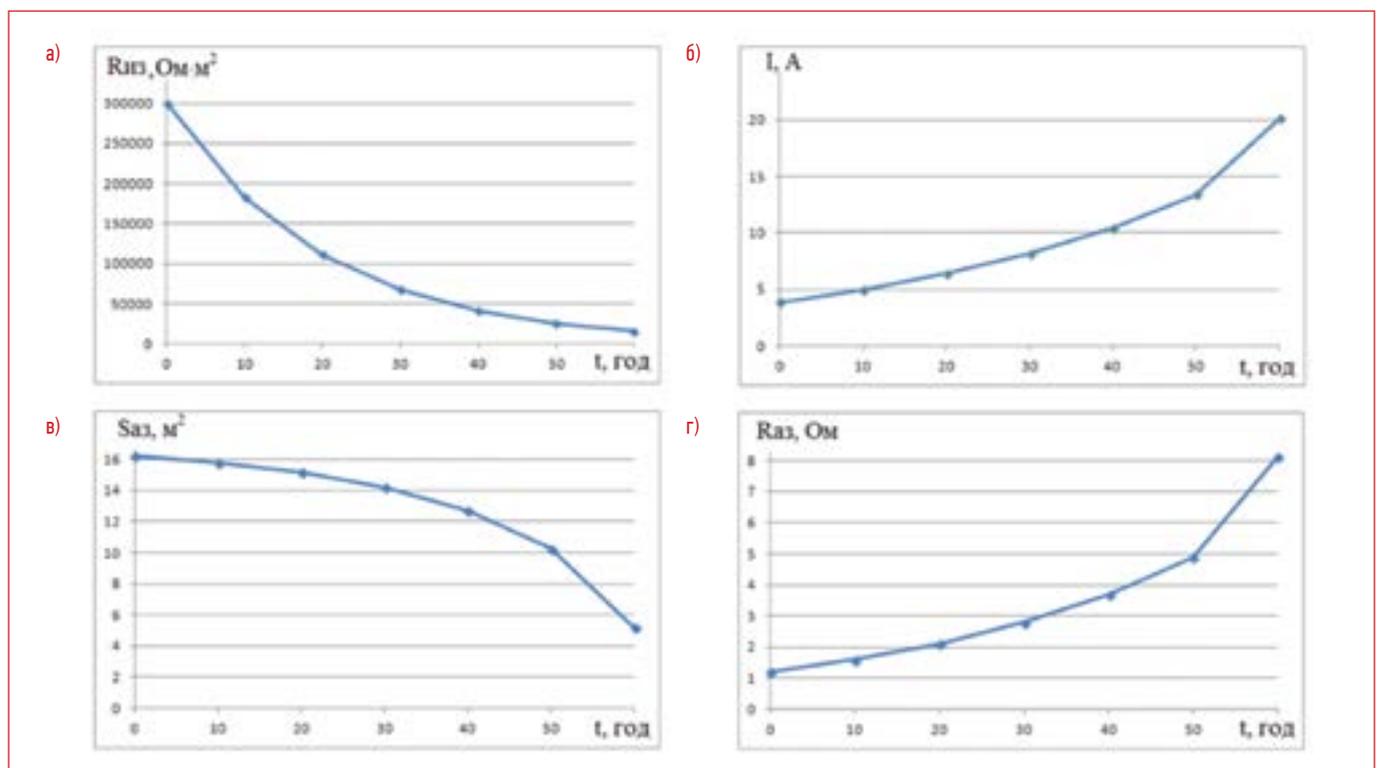


Рис. 1. Графики изменения основных электрических характеристик газопровода и параметров оборудования ПКЗ во времени: а) сопротивление ИП; б) выходная сила тока СКЗ; в) площадь поверхности АЗ; г) сопротивление растеканию АЗ

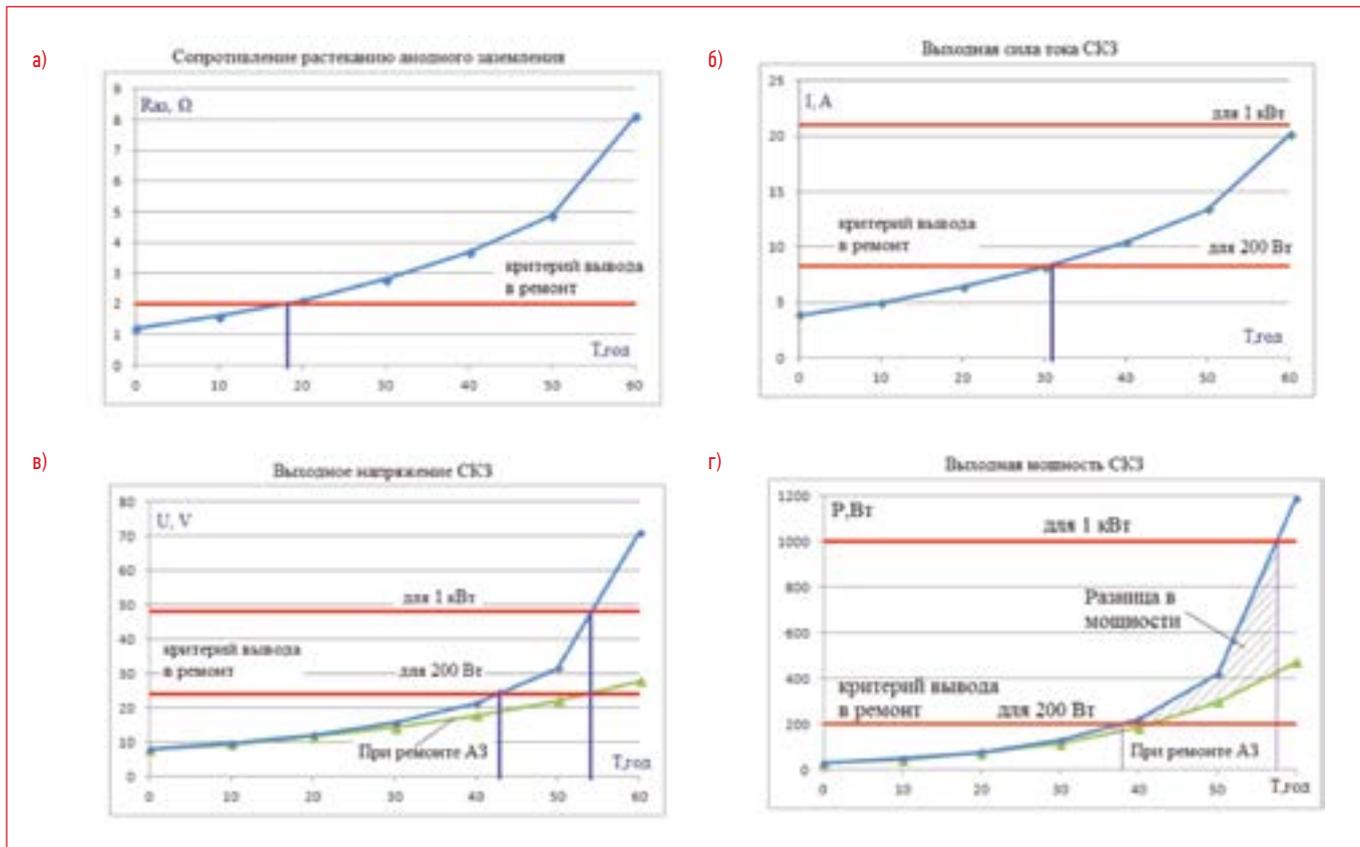


Рис. 2. Графики определения сроков вывода анодного заземления в капитальный ремонт для различных критериев: а) сопротивление растеканию АЗ; б) выходная сила тока СКЗ; в) выходное напряжение СКЗ; г) выходная мощность СКЗ

атации газопровода был проведен согласно действующей нормативной документации [6] с учетом изменения во времени переходного сопротивления трубопровода, площади АЗ и сопротивления растекания току в процессе работы, а также изменения выходных параметров СКЗ при заданном уровне защитного потенциала и представлен на рисунке 1.

Для анализа критериев вывода в ремонт на полученные графики изменения параметров оборудования были нанесены ограничения, согласно которым анодное заземление должно быть отремонтировано (рис. 2).

Анализ графиков показывает, что использование критерия сопротивления растеканию АЗ не является обоснованным, поскольку в приведенном примере предельный срок по данному параметру наступает на 18-й год эксплуатации анодного заземления, при этом по другим

параметрам критические значения наступают после 30 лет эксплуатации для СКЗ мощностью 200 Вт и после 50 лет – для СКЗ мощностью 1 кВт. Выходная сила тока СКЗ увеличивается из-за ухудшения свойств изоляционного покрытия. При этом численный показатель состояния сопротивления изоляционного покрытия не является однозначным критерием для проведения его капитального ремонта при возможности обеспечения защищенности существующей СКЗ. Кроме того, моделирование поддержания сопротивления СКЗ в регламентируемых рамках согласно критерию ОАО «Оргэнергогаз», то есть его периодического ремонта, показывает незначительное продление ресурса относительно критериев по предельным параметрам СКЗ. Поддержание сопротивления растеканию АЗ приводит к уменьшению затрачиваемой выходной мощности СКЗ. При этом ощу-

тимая разница в затрачиваемой мощности в случае ремонта АЗ и при работе СКЗ с запасом по току и напряжению для СКЗ мощностью 1 кВт видна только после 50-го года эксплуатации. При этом необходимо отметить, что стоимость работ по замене АЗ значительно превышает стоимость затрачиваемой электроэнергии.

В результате анализа выделены критерии определения остаточного ресурса для основных элементов ПКЗ.

ОСНОВНЫМИ КРИТЕРИЯМИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА АЗ СЛУЖАТ:

- запас по току СКЗ для обеспечения требуемых показателей защищенности;
- количество силы тока, которое может стечь с АЗ;
- значение входного сопротивления СКЗ для достижения требуемого запаса по току СКЗ.

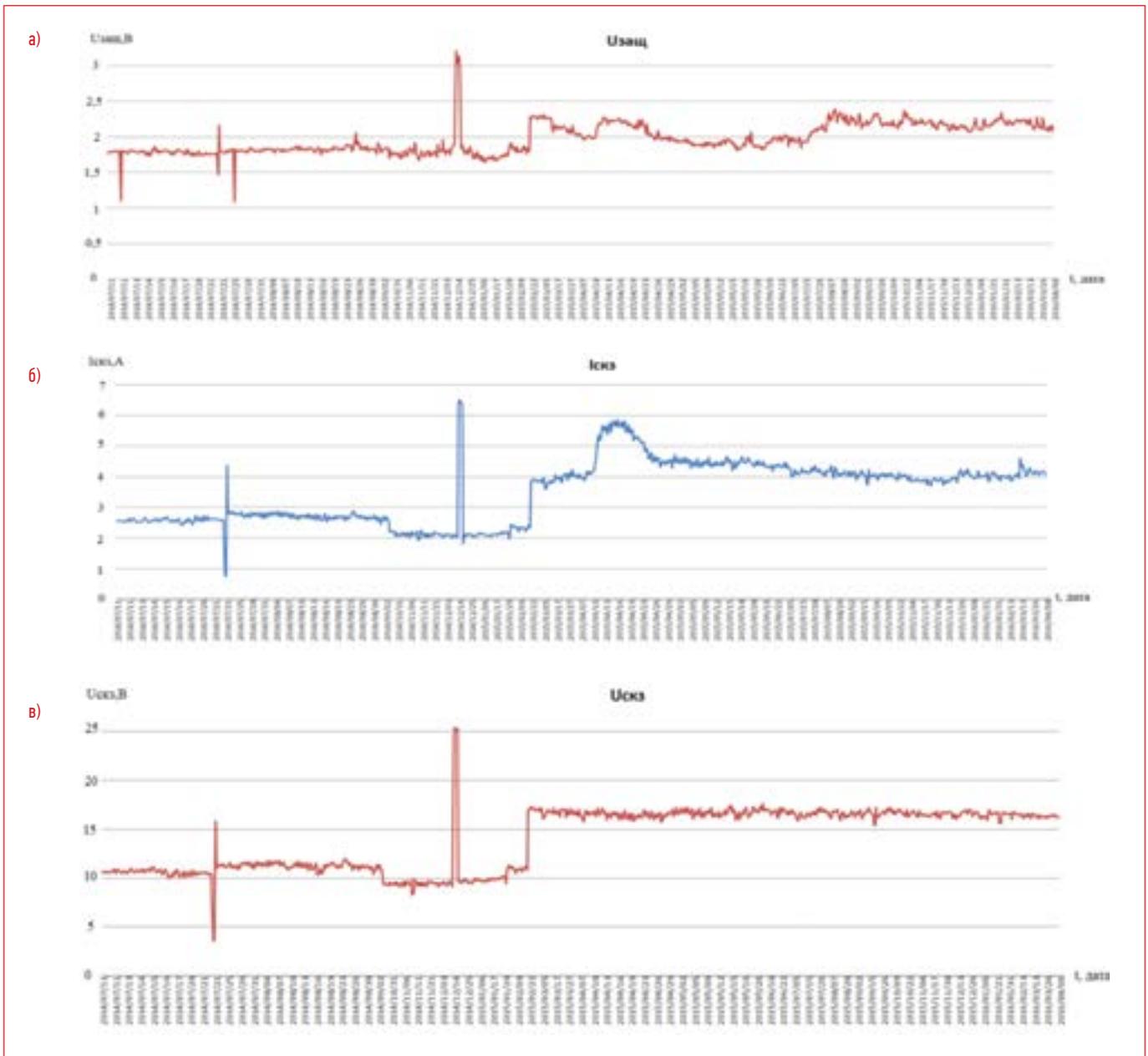


Рис. 3. Графики изменения параметров ПДКМ во времени: а) графики защищенности в точке дренажа; б) выходная сила тока СКЗ; в) выходное напряжение СКЗ

ОСНОВНЫМИ КРИТЕРИЯМИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ТРУБОПРОВОДОВ МОГУТ СЛУЖИТЬ:

- наличие неуправляемых процессов коррозии, при которых скорость коррозии не обеспечивает требуемый срок безопасной эксплуатации объекта или назначенного ресурса (например, подпленочная коррозия);
- запас по току системы электрохимзащиты для обеспечения требуемых показателей защищенности.

Основным критерием определения остаточного ресурса СКЗ служит запас по току от номинального значения.

В качестве практического примера определения остаточного ресурса оборудования ПКЗ и обеспечения защищенности на участке действующего магистрального газопровода были проведены работы по его оценке на основе массива данных, поступающих с оборудования подсистем дистанционного коррозионного мониторинга (ПДКМ).

Объектом исследования был выбран магистральный газопровод «Саратов – Горький», участок «Починки – Нижний Новгород» протяженностью 55 км, на котором в 2014 г. было установлено оборудование ПДКМ длинное название не надо писать, уже было раньше производства ЗАО «Трубопроводные системы и технологии».

Для примера определения остаточного ресурса оборудования ПКЗ была выбрана точка дренажа СКЗ км 107.

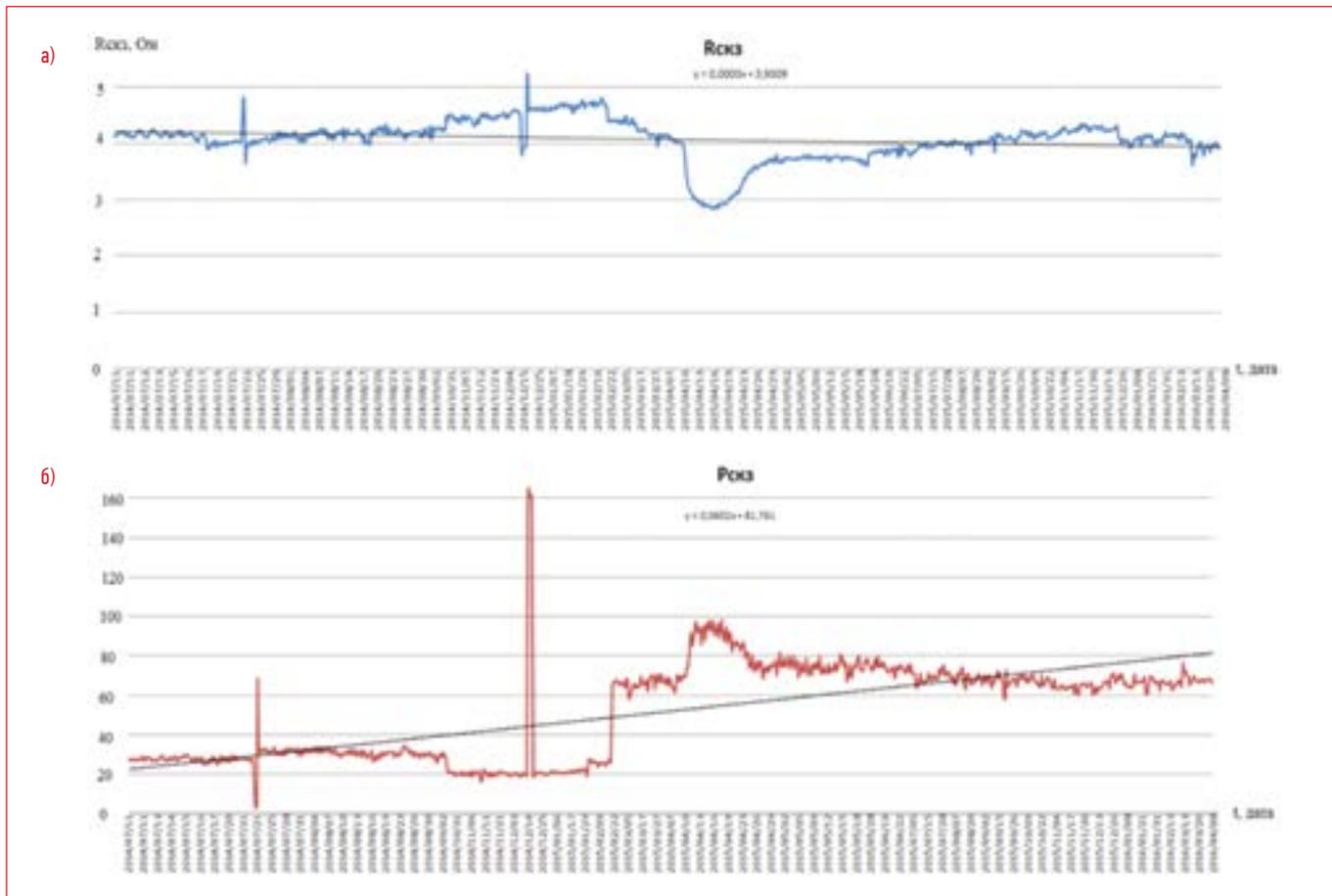


Рис. 4. Графики изменения параметров СКЗ во времени: а) входного сопротивления СКЗ; б) мощности СКЗ

В результате анализа массива полученных данных построены графики защищенности в данной точке, силы тока и напряжения СКЗ км 107 во времени (рис. 3). Далее были получены графики изменения входного сопротивления и мощности СКЗ (рис. 4). Тренд изменения входного сопротивления СКЗ в сторону уменьшения показывает, что скорость старения изоляционного покрытия превышает скорость увеличения сопротивления растеканию анодного заземления.

В результате анализа трендов с использованием математической модели распределения защитных потенциалов были получены графики прогнозных предельных значений по силе тока и входного сопротивления СКЗ (рис. 5).

Результатом анализа является определение срока обеспечения защищенности с помощью текуще-

го оборудования противокоррозионной защиты, который составил 17 лет.

ВЫВОДЫ

1. Сопротивление изоляционного покрытия влияет на требуемую для защиты выходную силу тока СКЗ. Сопротивление растеканию анодного заземления влияет на требуемую величину выходного напряжения СКЗ для обеспечения требуемого защитного тока. Следовательно, необходимо использовать критерии вывода в ремонт изоляционного покрытия и анодных заземлений по защитному току и напряжению СКЗ. Величины сопротивлений изоляционного покрытия и сопротивления растеканию анодных заземлений являются вторичными.

2. Для оптимизации затрат и определения срока проведения капитального ремонта изоляционного

покрытия и анодных заземлений необходимо:

- прогнозировать изменение во времени режимов работы СКЗ в зависимости от состояния изоляционного покрытия и анодных заземлений;

- иметь математическую модель распределения защитных потенциалов на объекте транспорта газа, позволяющую определить оптимальные значения (режимы работы) СКЗ в штатном режиме и в случае отказа оборудования.

3. До проведения капитального ремонта в случае отсутствия требуемых средств на капитальный ремонт с помощью математической модели распределения защитных потенциалов на объекте транспорта газа имеется возможность определить необходимые компенсационные мероприятия для обеспечения требуемой защищенности объекта, с минимальными затратами.

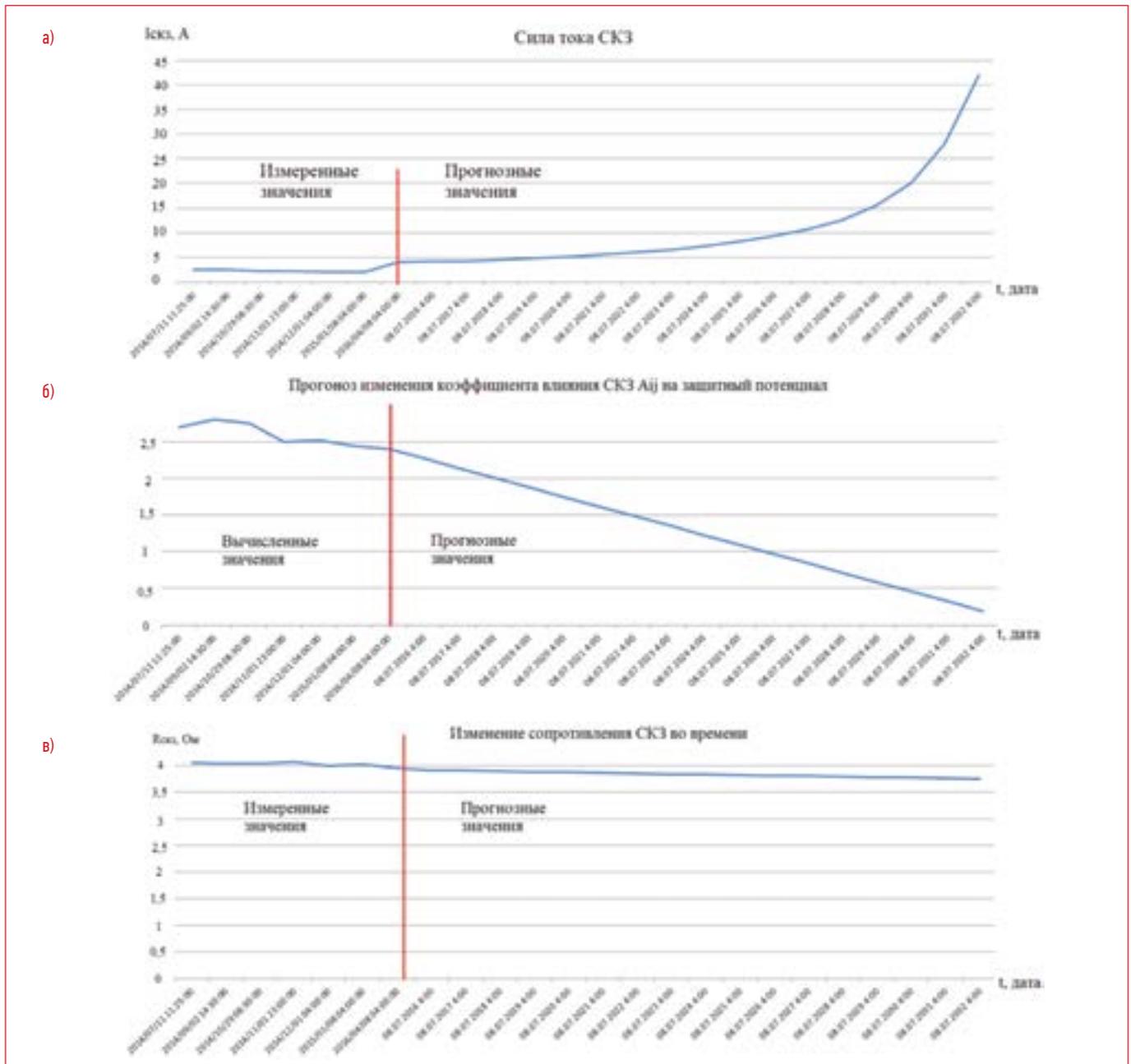


Рис. 5. Тренды изменения параметров во времени: а) силы тока СКЗ; б) сопротивления СКЗ; в) коэффициента влияния СКЗ на защитный потенциал

Литература:

- Карнавский Е.Л., Марянин В.В. Концепция системы коррозионного мониторинга объектов газотранспортной системы // Коррозия «Территории «НЕФТЕГАЗ». 2016. № 1. С. 58–60.
- Агиней Р.В., Александров Ю.В. Актуальные вопросы защиты от коррозии длительно эксплуатируемых магистральных газонефтепроводов. СПб.: Недра, 2012. 394 с.
- Карнавский Е.Л., Воробьев А.Н. Оптимизация ресурсов и повышение энергоэффективности при внедрении систем коррозионного мониторинга на объектах ПАО «Газпром» // Коррозия «Территории «НЕФТЕГАЗ». 2016. № 1. С. 65–67.
- Никулин С.А. Повышение эффективности предотвращения коррозии нефтегазопроводов на основе оптимального регулирования режимов работы станций катодной защиты: автореф. ... дисс. канд. техн. наук. Ухта: УГТУ, 2015. 22 с.
- Никулин С.А., Карнавский Е.Л. Оценка остаточного ресурса анодных заземлений в системе электрохимической защиты от коррозии магистральных трубопроводов // Рассохинские чтения: материалы межрегионального семинара. Часть 1 (4–5 февраля 2015 г.) / Под ред. Н.Д. Цхадая. Ухта: УГТУ, 2016. С. 233–238.
- СТО Газпром 9.2-003-2009 «Защита от коррозии. Проектирование электрохимической защиты подземных сооружений». М.: ОАО «Газпром» – ООО «ВНИИГАЗ», 2009. 43 с.