

УДК 622.691:620.197.5

В.Р. Олексейчук¹, В.Н. Юшманов¹, С.В. Адаменко², А.В. Крюков², С.М. Колтаков², А.С. Кузьбожев³, С.А. Шкулов³, И.В. Шишкин³, И.Н. Бирилло³

¹ ПАО «Газпром» (Москва, Россия).

² ООО «Газпром трансгаз Ухта» (Ухта, Россия).

³ Филиал ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в г. Ухта (Ухта, Россия).

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЛУБИННЫХ АНОДНЫХ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ГАЗОПРОВОДОВ

В статье приводится описание технологии восстановления глубинных анодных заземлителей катодной защиты газопроводов, включающей диагностирование анодных заземлителей, электрогидравлическое разрушение коррозионных отложений на поверхности колонны заземлителя, опускание в колонну электродов заводского изготовления.

Реализация данной технологии позволяет разрушить пограничные барьеры в ближней к аноду области грунта и восстановить исходные величины переходного сопротивления до нормативных показателей. Практический эффект данной технологии достигается за счет уменьшения затрат на капитальный и текущий ремонт заземлителей, выполняемый в базовом варианте путем их замены, что устраняет необходимость строительства и ввода новых глубинных анодных заземлений и дает возможность продлить срок их использования.

Ключевые слова: катодная защита, глубинный анодный заземлитель, восстановление работоспособности, электрогидравлический метод, электроды заводского изготовления.

Для катодной защиты подземных газопроводов в настоящее время наиболее часто применяют глубинные анодные заземления (ГАЗ). Обычно ГАЗ соединяют в виде контура заземляющего устройства, который обычно состоит из нескольких ГАЗ, подключенных параллельно. Наиболее широко распространены ГАЗ, включающие обсадную колонну из стальных труб диаметром не менее 219 мм с толщиной стенки 8–10 мм, заглубленных 35–75 м от поверхности грунта. На всю глубину обсадной колонны ГАЗ по ее центру обычно опускают стальной электрод или железокремнистые электроды с коксовой засыпкой.

При эксплуатации системы катодной защиты газопроводов происходит растворение анодного заземления по механизму электрохимической коррозии под воздействием тока от внешнего источника. При этом на внешней поверхности стальной колонны ГАЗ, контактирующей с грунтом, через которую стекает защитный ток, образуются продукты окисления металла. Известно, что удельное электрическое сопротивление порошка $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ составляет около $1 \cdot 10^5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ [1]. Образование слоя высокого сопротивления снаружи колонны ГАЗ со временем приводит к увеличению сопротивления растеканию защитного тока

анодного заземлителя. Это ведет к снижению защищенности участка трубопровода, повышенному перерасходу электроэнергии, которая, главным образом, преобразуется в тепловую энергию вблизи анодного заземления, необходимости бурить дополнительные скважины для установки новых анодных заземлений, заменяющих разрушенные аноды, с высокими показателями сопротивления растеканию анода.

Для устранения данной проблемы была разработана технология восстановления глубинных анодных заземлителей катодной защиты газопроводов, основанная на использовании технологии электро-

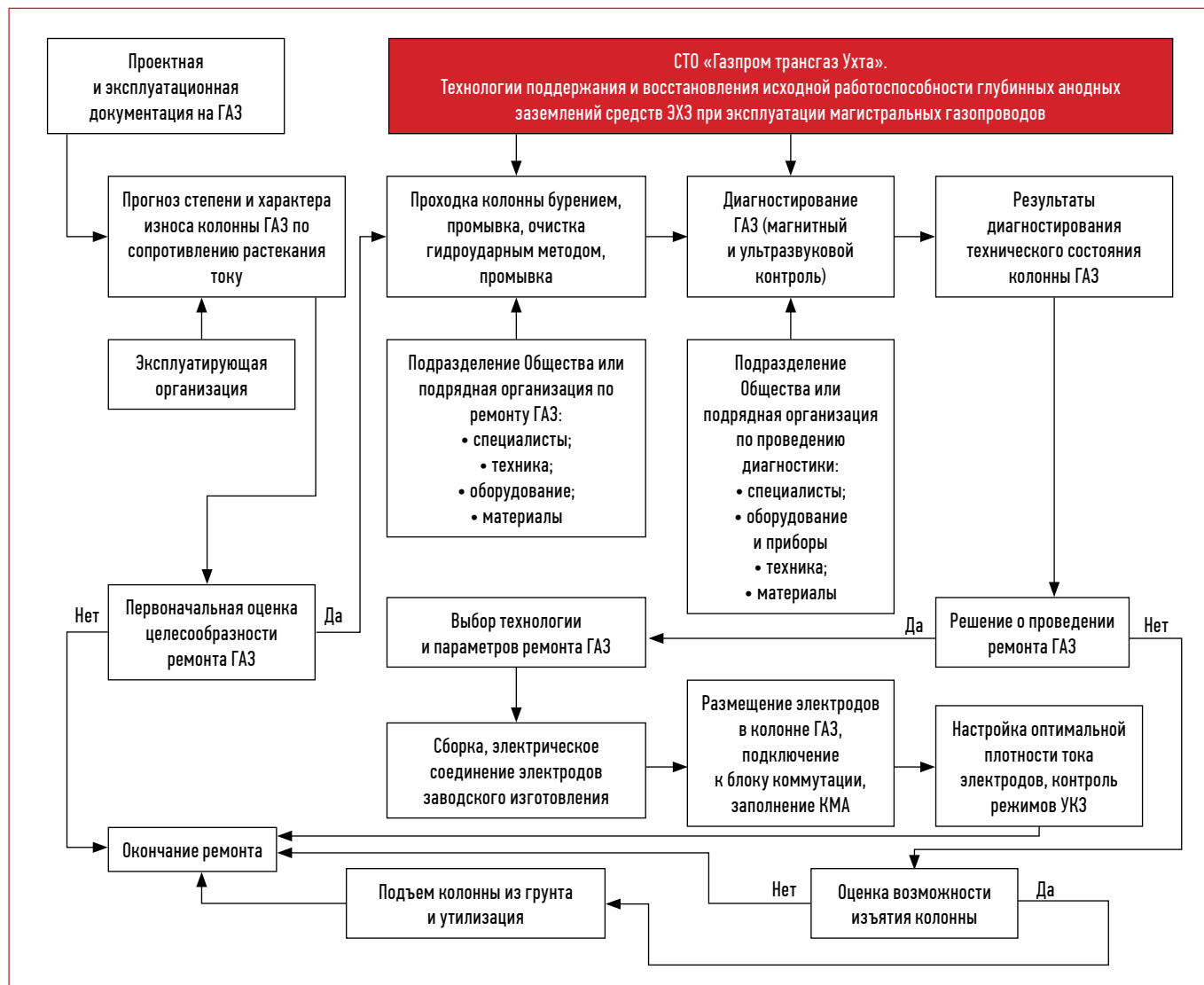


Рис. 1. Схема организации диагностирования и восстановления исходной работоспособности ГАЗ

гидравлической очистки колонны от коррозионных отложений, разрушающей пограничные омические барьеры в ближней к аноду области грунта и восстанавливающей исходные величины переходного сопротивления [2].

Данная технология разработана филиалом ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в ходе выполнения договора на научно-исследовательские работы по заданию ООО «Газпром трансгаз Ухта» и применяется в Обществе начиная с 2012 г. За прошедший период восстановлено 43 ГАЗ. За прототип принята технология восстановления работоспособности глубинного анодного заземления с помощью магнетитовых зазем-

лителей согласно [3]. В ходе выполнения работ в дополнение к [3] внедрены следующие разработки: 1) усовершенствованная методика диагностирования сопротивления растеканию колонны по глубине установки (разрезу грунта) ГАЗ; 2) усовершенствованная методика и разработанное устройство для определения степени коррозионного разрушения с определением интервалов по глубине колонны ГАЗ с частичной и полной перфорацией колонны ГАЗ с помощью ультразвукового иммерсионного контроля; 3) разработанная технология механической обработки для разрушения омических барьеров на

внешней и внутренней стенке колонны ГАЗ электрогидравлическим методом, включая использование опытно-промышленного образца устройства для обработки; 4) разработанные технические решения по восстановлению и увеличению токоотдающей способности колонны ГАЗ в интервалах с наибольшим разрушением (частичным и полным) колонны ГАЗ. Регламент диагностирования и восстановления исходной работоспособности ГАЗ включает следующие виды работ (рис. 1):

- сбор и анализ проектной, исполнительной и эксплуатационной документации на восстанавливаемое ГАЗ;

- прогноз степени и характера износа колонны ГАЗ по сопротивлению растекания тока;
 - выбор оборудования, изготовление необходимых приспособлений;
 - доставка техники и оборудования к месту проведения работ, подготовка площадки;
 - размещение техники и оборудования на площадке;
 - очистка внутренней полости ГАЗ от грунта, глинистого заполнителя или коксо-минеральной засыпки с использованием бурового оборудования;
 - промывка полости ГАЗ водой после завершения буровых работ;
 - очистка колонны ГАЗ от коррозионных отложений электрогидродарным методом;
 - промывка полости ГАЗ от продуктов коррозии;
 - заполнение ГАЗ водой, оценка технического состояния колонны ГАЗ неразрушающими методами контроля, определение участков максимального износа;
 - выбор схемы размещения, типа магнетитовых электродов заводского изготовления и расчет необходимого их количества;
 - сборка, электрическое соединение и установка электродов заводского изготовления в колонне ГАЗ на необходимую глубину;
 - реализация технических решений по восстановлению и увеличению токоотдающей способности колонны ГАЗ в интервалах с наибольшим разрушением (частичным и полным) колонны ГАЗ;
 - засыпка (заполнение) коксо-минеральным активатором, включая локальное использование электропроводящих наполнителей для обеспечения электрического контакта;
 - подключение электродов к коммутационному блоку;
 - индивидуальная настройка оптимальной плотности тока на электродах, контроль режимов установки катодной защиты.
- Контроль состояния стенки колонны ГАЗ выполняют с применением методов определения сопротивле-

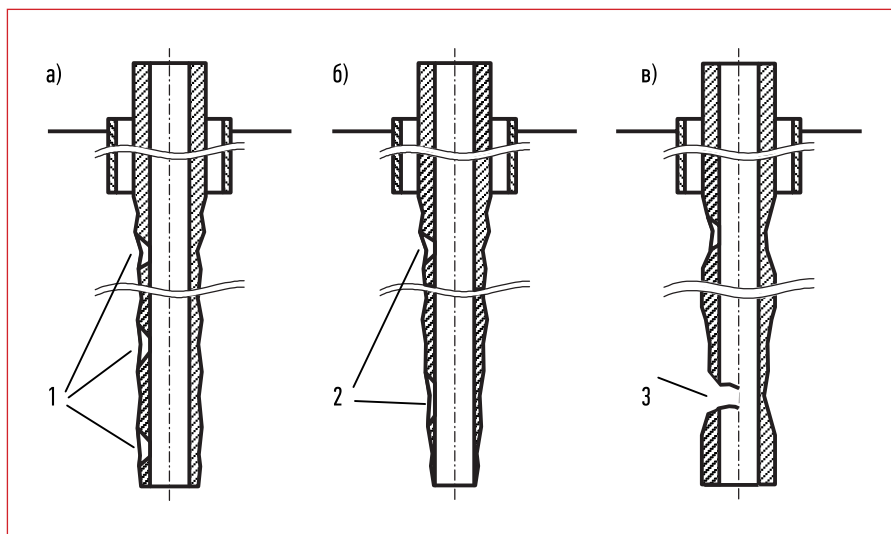


Рис. 2. Повреждения колонны ГАЗ, возникающие в процессе эксплуатации:

а) равномерное утонение стенки; б) плавное уменьшение толщины стенки; в) неравномерное утонение: 1 – сквозные отверстия, равномерно распределенные по глубине колонны; 2 – сквозные распределенные отверстия, общая площадь которых увеличивается с глубиной; 3 – разобщение участков колонны

ния растеканию тока, реализуемых с поверхности грунта, и магнитоимпульсного (или ультразвукового) контроля, реализуемого путем перемещения прибора внутри обсадной колонны.

ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ВЫЯВЛЯЮТ СЛЕДУЮЩИЕ ТИПОВЫЕ ВИДЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОЛОННЫ ГАЗ (рис. 2):

а) равномерное утонение труб колонны ГАЗ по глубине:

- без сквозных повреждений стенок труб;
- со сквозными равномерно распределенными коррозионными повреждениями (единичными или множественными, общая площадь которых для каждого участка колонны одинакова);

б) неравномерное утонение стенки труб колонны ГАЗ по глубине:

- плавное уменьшение толщины стенок труб колонны по глубине без сквозных повреждений;
- утонение стенок труб на отдельных участках колонны без сквозных повреждений;
- плавное снижение толщины стенок труб по глубине со сквозными

коррозионными повреждениями (общая площадь сквозных повреждений для отдельных участков тем выше, чем больше расстояние от земной поверхности до участка) без разобщения труб колонны;

- утонение отдельных участков со сквозными повреждениями (единичными или множественными);
- разобщение труб колонны на отдельных участках за счет полного коррозионного разрушения стенки;
- разобщение труб колонны за счет коррозионного разрушения соединительных пластин или сварных швов;
- полное коррозионное разрушение подземной части колонны;

в) механическая деформация стенок труб колонны ГАЗ:

- горизонтальное смятие стенок труб (при значительном утонении, как со сквозными множественными или единичными дефектами, так и без них);
- вертикальное смятие стенок труб под действием веса расположенного выше участка колонны (при значительном утонении, как со сквозными множественными или единичными дефектами, так и без них).

На основании результатов диагностирования колонны ГАЗ принимают решение о проведении ремонта ГАЗ.

Мероприятия по очистке внутренней полости колонны ГАЗ от глинистых отложений и электрогидравлическая обработка исключаются в случае, если:

- уровень плотных глинистых отложений расположен ниже участков наибольшей токоотдачи (наиболее изношенных);
- размеры полости колонны ГАЗ без глинистых отложений достаточны для размещения необходимого количества электродов заводского изготовления или блоков электродов заводского изготовления;
- участок колонны ГАЗ без глинистых отложений более чем на 80 % длины имеет минимальное утонение стенки.

Разрушение твердых коррозионных отложений на внешней поверхности стенки, а также очистку внутренней поверхности от продуктов коррозионного разрушения колонны ГАЗ выполняют с помощью устройства электрогидравлической очистки. Установка электрогидравлического метода (рис. 3) состоит из силового и зарядного блоков, разрядника, кабеля для подключения разрядника, кабельного подъемника с грузонесущим тросом.

Оборудование электрогидравлического метода монтируют на стальной раме и размещают в кузове автомобиля или блок-боксе. Силовой блок предназначен для накопления и преобразования электрической энергии, получаемой из сети 220 В, в высоковольтные импульсы тока, передаваемые на разрядник. В зарядном блоке однофазный переменный ток напряжением 220 В преобразуется в постоянный и подается на силовой блок. Накопленная в конденсаторах энергия выделяется в разряднике, помещенном в заполненную водой очищаемую колонну ГАЗ в виде импульсной электрической искры, которая формирует меха-

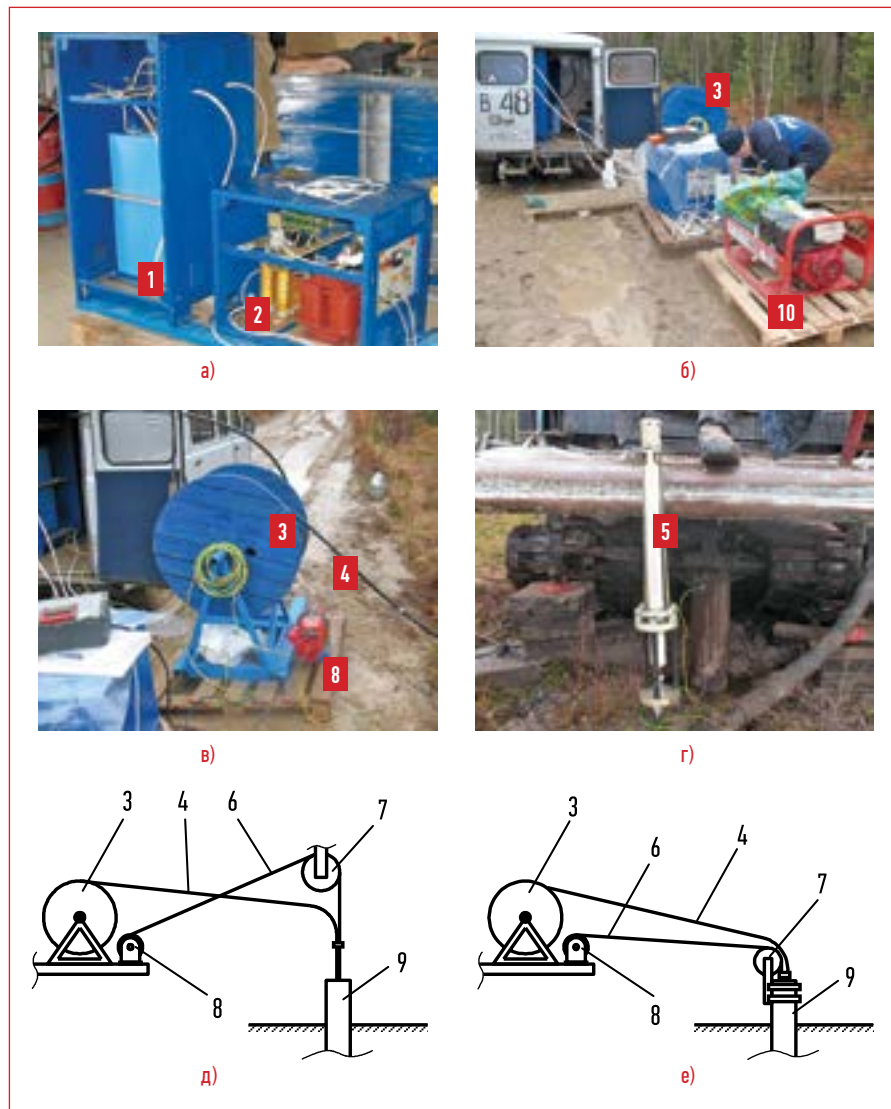


Рис. 3. Оборудование электрогидравлической очистки ГАЗ:

а) силовой и зарядный блоки; б) размещение оборудования в полевых условиях; в) кабельная катушка; г) разрядник; схемы опускания разрядника в колонну ГАЗ: д) с применением буровой установки; е) без применения буровой установки:

1 – блок силовой; 2 – блок зарядный; 3 – катушка; 4 – высоковольтный кабель; 5 – разрядник, 6 – грузонесущий трос, 7 – ролик, 8 – лебедка, 9 – колонна ГАЗ, 10 – электрогенератор

ническую ударную волну в воде. Управление работой установки из целей безопасности осуществляют дистанционно при помощи переносного пульта.

Перемещение разрядника внутри очищаемой колонны ГАЗ выполняют при помощи кабельного подъемника, одним из вариантов которого может быть ручная лебедка, на которую наматывается грузонесущий трос. При подъеме (опускании) кабеля разрядника в колонну грузонесущий трос крепится к ней

хомутами, которые устанавливаются на разметочные бирки (через 10 м), чтобы не повредить основную изоляцию. Разрядник состоит из двух электродов, помещенных в изоляционный корпус, к которому подсоединяется кабель, электроды соединены с помощью фланцев и изолирующих шпилек. Разрядный промежуток между электродами составляет (3–5) мм.

При выполнении электрогидравлической очистки применяют пять режимов работы, определяющих

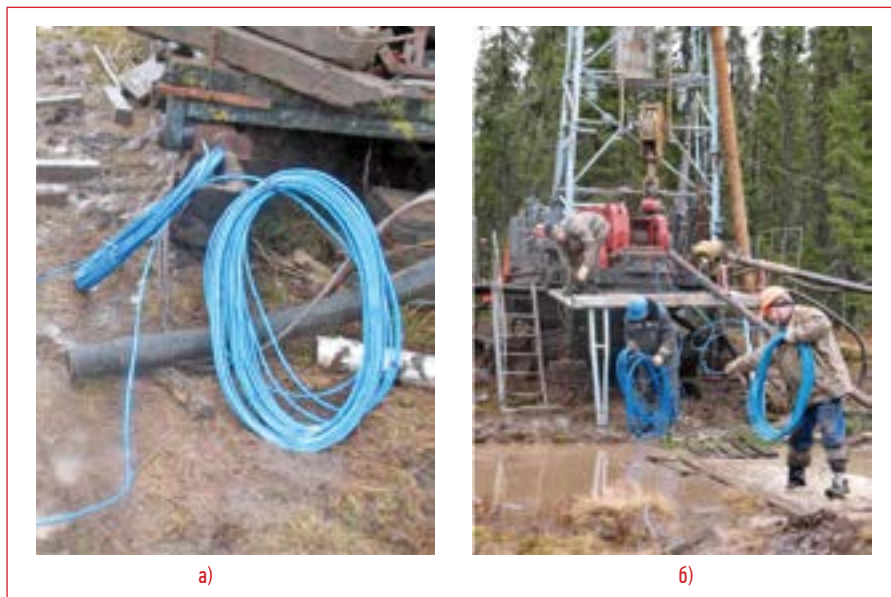


Рис. 4. Блок электродов заводского изготовления «Менделеевец» МГ (а) и момент опускания блока в подготовленную колонну ГАЗ (б)

энергию импульса и, следовательно, интенсивность очистки. Режимы устанавливаются путем регулирования воздушного разрядника, расположенного в силовом блоке, с помощью специальных щупов, поставляемых в комплекте. Режимы электрогидравлической очистки выбирают в зависимости от остаточной толщины стенок труб колонны ГАЗ по выражению:

$$P=5 \cdot f \cdot \frac{l}{l_1} \quad (1)$$

где f – коэффициент, характеризующий степень коррозионного разрушения колонны ГАЗ;
 l_1 – расстояние от поверхности земли до разрядника, м;
 l – длина колонны, м;
 f – коэффициент, равный 1 при равномерном или неравномерном утонении стенки колонны ГАЗ без

сквозных повреждений; 0,7 – при равномерном или неравномерном утонении стенки колонны ГАЗ с единичными сквозными повреждениями; 0,5 – при равномерном или неравномерном утонении стенки колонны ГАЗ с множественными сквозными повреждениями. Количество электрогидравлических импульсов принимают независимо от характера утонения стенки колонны ГАЗ и наличия сквозных дефектов для случая отсутствия разобщений участков колонны ГАЗ – 10–15, а при разобщении участков колонны ГАЗ – не более 10. Установку размещают в 7–10 м от ремонтируемого ГАЗ (катушка с кабелем и грузонесущий трос должны ориентироваться относительно ремонтируемого ГАЗ таким образом, чтобы исключались чрезмерные перегибы кабеля при спуске). На наземную часть ГАЗ

(или на буровую установку) устанавливается ролик для спуска разрядника, разрядник спускают в полость колонны ГАЗ на максимальную глубину, выполняют электрогидравлическую обработку колонны ГАЗ. После завершения электрогидравлической обработки полость колонны ГАЗ промывается, согласно проектным решениям [4] в колонну опускают электроды или блоки магнетитовых электродов заводского изготовления (рис. 4). В ходе аттестации разработанной технологии электрогидравлической обработки на ГАЗ установлено, что эффект уменьшения сопротивления растеканию тока колонны на контрольном объекте ГАЗ составил:

- по внешней поверхности – от 9,3 до 2,1 Ом, что дало эффект уменьшения сопротивления на 77,4 %;
- по внутренней поверхности (по промежуточному контактному слою пресной воды) – от 2,6 до 1,2 кОм, что дало эффект уменьшения сопротивления на 53,8 %;
- в целом по итогам ремонта сопротивление растеканию уменьшилось от 9,3 Ом до 1,75 Ом, что составило 81,2 %.

Экономический эффект от внедрения разработанной технологии восстановления ГАЗ достигается за счет сокращения затрат на капитальный и текущий ремонт ГАЗ, выполняемый в базовом варианте путем их замены, что устраняет необходимость строительства и ввода новых глубоких анодных заземлений и дает возможность продлить срок их использования. Эффект (на один ГАЗ, в ценах 2011 г.) составляет примерно 500 тыс. руб.

Литература:

1. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. М.: Металлургия, 1976. 472 с.
2. СТО Газпром трансгаз Ухта 74.30.9-00159025-21-007-2011. Технологии поддержания и восстановления исходной работоспособности глубинных анодных заземлений средств электрохимической защиты при эксплуатации магистральных газопроводов (введен Приказом генерального директора ООО «Газпром трансгаз Ухта» 01.01.2012).
3. Зорин А.А., Пякин А.И., Лаптев В.М., Федоров Д.Ю. Восстановление работоспособности глубинного анодного заземления с помощью магнетитовых заземлителей «Менделеевец-МТ» // Коррозия «Территории «НЕФТЕГАЗ». 2008. № 11. С. 64–66.
4. Унифицированные проектные решения по электрохимической защите подземных коммуникаций УПР.ЭХЗ-01-2007. Узлы и детали электрохимической защиты подземных коммуникаций от коррозии (утв. ОАО «Газпром» 10.12.2007).