

## **Опыт использования протяженных гибких анодов в ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург». Результаты реконструкции систем противокоррозионной защиты в Невьянском ЛПУ**

### **В.А. Попов (ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»)**

В ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» имеется положительный опыт использования протяженных гибких анодов (ПГА) на участках линейной части магистральных газопроводов (ЛЧ МГ), подверженных интенсивным блуждающим токам. Их применение позволило решить ряд проблем организационного и технического характера по обеспечению нормативного уровня защищенности локальных участков ЛЧ МГ.

К организационным проблемам можно отнести зачастую неразрешимые трудности с землеотводом под монтаж дополнительных установок катодной защиты (УКЗ), для устранения устойчивых знакопеременных зон либо зон недозащиты. Поскольку ПГА прокладывается в охранной зоне действующего газопровода, под эти работы оформляется только временный землеотвод.

К техническим проблемам, разрешаемым с помощью ПГА, можно отнести обеспечение нормативного уровня защищенности участков ЛЧ МГ в заболоченной местности. Уральские болота представляют собой мелкие водоемы глубиной 2-7 м большой площади на поверхности коренных скальных пород. Традиционные сосредоточенные аноды (глубинные анодные заземлители и подповерхностные) не эффективны из-за высокого сопротивления растекания и маленьких плеч защиты. Монтаж распределенных анодов требует опор, которых нет по причине прохождения трассы в болоте, а также оформления постоянного землеотвода под их размещение. Использование ПГА и от монтаж в зимнее время решают эти проблемы.

Все работы в ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» по оптимизации систем электрохимической защиты (ЭХЗ) с использованием ПГА проводились на действующих, длительно эксплуатирующихся газопроводах. Помимо обеспечения нормативного уровня защищенности участка ЛЧ МГ необходимо было решить и проблему длительной работоспособности ПГА, т.е. обеспечения номинальных плотностей тока ПГА по всей длине. Для эксплуатирующегося газопровода с его неоднородным качеством изоляции, сочетанием разнотипных грунтов, блуждающими токами попытки оценки номинальных плотностей токов расчетным путем совершенно

бесмысленны. Поэтому акцент сделан на методическую и экспериментальную составляющие работы. Разработаны и изготовлены

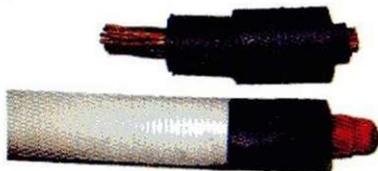


Рис. 1. Рабочие элементы зонда-модуля ПГА. Разработка в стадии патентования

переносные, легко монтируемые зонды-модули с рабочим образцом из ПГА, которые размещались непосредственно у действующего ПГА и, будучи к нему подключены, позволяли регистрировать плотность тока ПГА и его потенциал (рис. 1).

На них в лабораторных условиях либо непосредственно на трассе с помощью потенциостата снималась гальванодинамическая кривая. По ее виду оценивалась возможная

предельная плотность тока, выше которой начинается процесс разложения воды на поверхности анода с выделением (в момент появления) атомарного кислорода, который опасен для эластомерной составляющей ПГА. Причем, определенные таким образом предельные плотности тока ПГА практически совпали с нормативным предельным уровнем плотности тока, приведенным в РД-106\*-05 «Правила применения эластомерных электродов анодного заземления в установках катодной защиты и контурах защитных заземлений». Например, из гальванодинамической кривой, снятой в смешанном грунте (рис. 2), можно определить, что предельная плотность тока на ПГА в данных условиях равна  $0,082 \text{ mA/cm}^2$ . В пересчете на линейную плотность тока ПГА ЭЛЭР-2.1 (без учета площади ребрения) это составляет  $0,025 \text{ A/m}$  (по паспорту ЭЛЭР-2.1 с ребрением и без коксовой засыпки линейная плотность тока не должна превышать  $0,05 \text{ A/m}$  ).

Для иллюстрации вышесказанного рассмотрим работы по устранению практически постоянной анодной зоны на участке 23-28 км газопровода-отвода к г. Асбесту. Изучение ситуационных планов этого участка (рис. 3-4) позволяет предположить сложную обстановку для организации системы ЭХЗ. Вдоль всех газопроводов, связанных между собой, проходят электрифицированные железные дороги (ЭЖД) с интенсивным движением. Газопровод-отвод между УКЗ-4 и -5 пересекает систему артезианских скважин, связанных между собой водоводом большого диаметра, направленным в сторону ЭЖД (на карте рис. 4 он обозначен «вдкч»; местоположение водовода легко определяется, так как для его обслуживания отсыпан «грейдер» (рис. 5)).

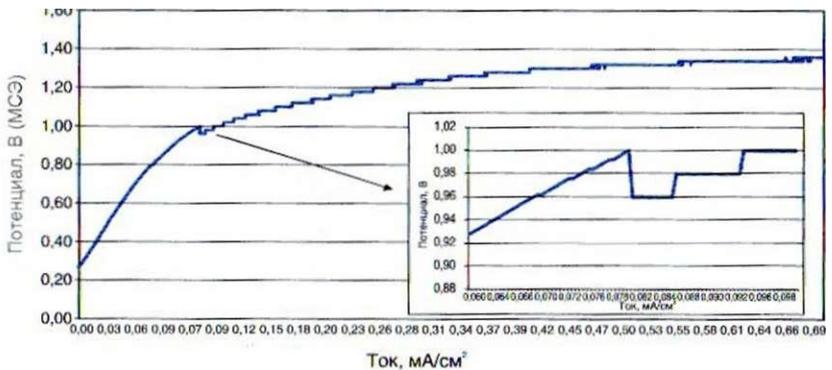


Рис. 2. Определение допустимой плотности тока ПГА с помощью гальванической кривой

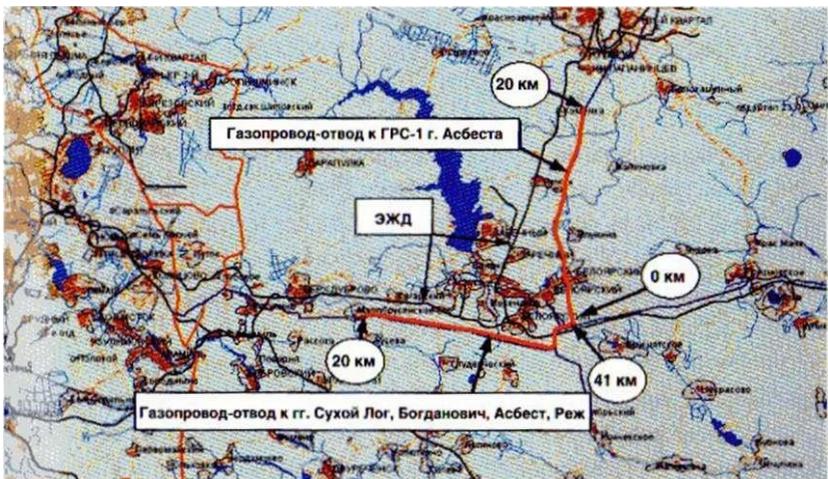


Рис. 3. Ситуационный план системы газопроводов-отводов и ЭЖД

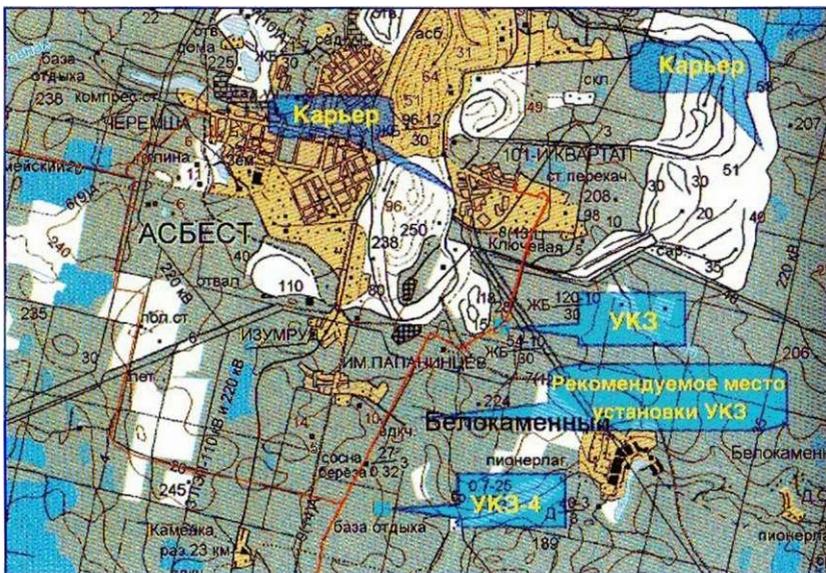


Рис. 4. Ситуационный план участка газопровода-отвода и системы карьерной ЭЖД

На своем пути газопровод-отвод пересекает систему карьеров с развитой сетью карьерных ЭЖД. По мере старения изоляции положение с обеспечением нормативного уровня защищенности данного участка ухудшалось. К 2008 г. под влиянием интенсивных блуждающих токов средняя часть участка между двух УКЗ, как раз в районе водовода, до 50 % времени находилась в анодной зоне. В экстренном порядке силами ЛПУ в течение двух зимних месяцев было уложено 5 км ПГА типа ЭЛЭР-2.1 на расстоянии 7-10 м от оси трубы в соответствии с эскизным проектом (см. рис. 5).

В летний период проводились пуско-наладочные работы, в ходе которых были опробованы различные схемы подключения ПГА:

- от имеющихся УКЗ-4 и -5, работающих в режиме стабилизации потенциала, с подключением концов ПГА через блок диодно-резисторный к каждой УКЗ по отдельности либо к обеим одновременно;

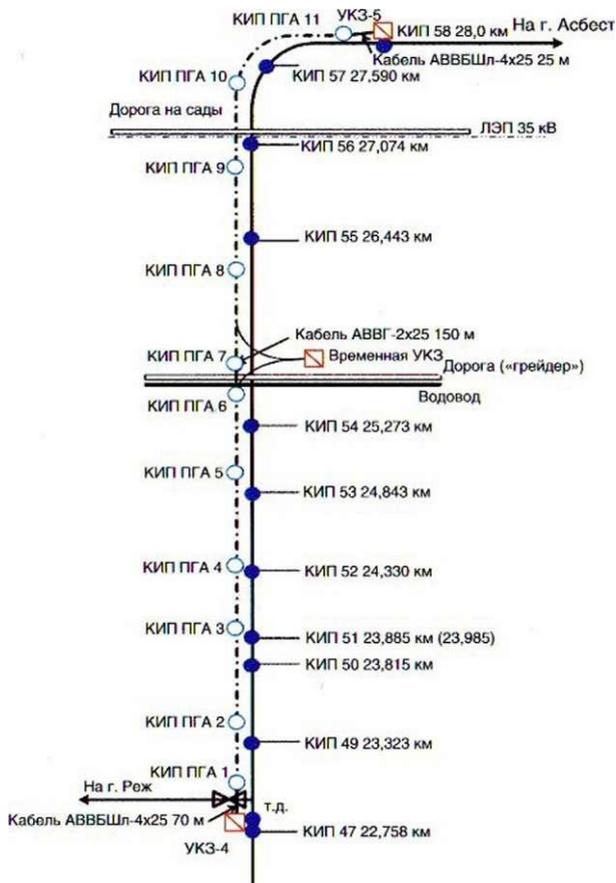


Рис. 5. Эскизный проект монтажа ПГА между УКЗ-4 и УКЗ-5 газопровода-отвода к г. Асбесту

- временной станции катодной защиты (СКЗ), работающей в режиме стабилизации потенциала, с точкой дренажа в центре ПГА;
- отдельной УКЗ, работающей в режиме стабилизации тока.

Все схемы работоспособны. Наиболее эффективной, как и предполагалось, оказалась схема с точкой дренажа в центре ПГА. Она обеспечила 100 %-ную защиту. В остальных случаях, хотя требуемый результат по защите

конкретного участка был достигнут, появлялись неблагоприятные последствия. В частности, падала защищенность смежных участков ЛЧ МГ, что вполне объяснимо. УКЗ-4 и -5 работают в автоматическом режиме с управлением по точке дренажа. Подключение ПГА повышает потенциал в точке дренажа, и значительную часть времени УКЗ-4 и -5 находятся в отключенном состоянии. Поэтому, пока решается вопрос с монтажом УКЗ с точкой дренажа в центре ПГА, питание ПГА осуществляется от отдельной СКЗ типа ПНКЗ, работающей в режиме стабилизации тока, не превышающего 10 А. Допустимая величина тока СКЗ подбиралась по описанной выше методике с применением зондов-модулей ПГА. С их помощью сначала была оценена допустимая плотность тока ПГА в точке дренажа. Затем с помощью переносного зонда-модуля ПГА при фиксированной величине тока СКЗ промерили плотность тока ПГА в узлах стыковки отрезков ПГА (КИП ПГА), т.е. примерно через 600 м. Отсутствие мест локального увеличения плотности тока между КИП ПГА контролировали с дневной поверхности методом поперечного градиента потенциала ПГА с синхронной записью такого градиента в точке дренажа.

Полученное распределение плотности тока по длине ПГА приведено на рис. 6. Из графика видно, что в полном соответствии с теорией наибольшее падение плотности тока происходит на первых 500 м ПГА от точки подключения и дальше практически не изменяется, обеспечивая равномерную поляризацию трубы на протяжении 2 км. По всей длине нет участков с превышением допустимой плотности тока ПГА. Очевидно, что при плохом состоянии изоляции газопровода необходимое увеличение плотности тока будет ограничиваться плотностью тока вблизи точки подключения. В данном случае для подключения ПГА с одного конца она практически достигнута. Дальнейшее увеличение длины защищаемого участка возможно только при центральном подключении ПГА.

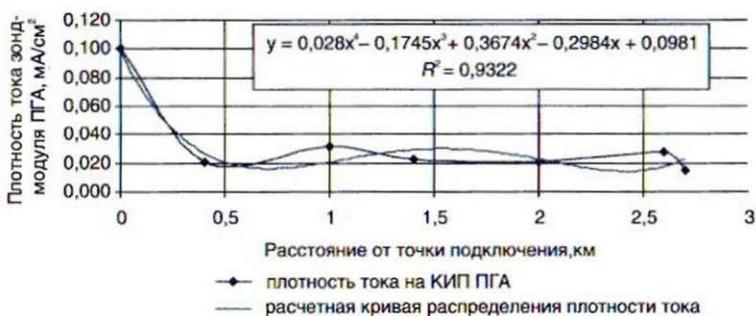


Рис. 6. График распределения плотности тока по длине ПГА при одностороннем подключении

Таким образом, применение ПГА в системе ЭХЗ газопровода-отвода г. Асбеста, подверженного влиянию интенсивных блуждающих токов, позволило обеспечить нормативный уровень защищенности. Положительный эффект достигнут за счет более равномерной поляризации всего участка газопровода-отвода. Кроме этого, подключение ПГА с одного конца через отдельную УКЗ, работающую в гальваностатическом режиме, позволило поднять средний уровень защищенности. При специфической особенности блуждающих токов, характерных для данного участка (кратковременные, двуполярные, с большой амплитудой), это сыграло существенную роль, поскольку труба не успевала располяризоваться до появления анодных токов. Для иллюстрации сказанного на рис. 7 приведена типичная картина потенциала и тока вспомогательного образца ЭНЭС, зафиксированная в наименее защищенной точке рассматриваемого участка.

Ранее, в 2003 г., положительный результат от использования ПГА был получен в Невьянском ЛПУ на участке газопровода-отвода к г. Алапаевску (Ду 530x8 мм), проходящему через Акинфиевское болото (между УКЗ-3-1 и УКЗ-4-1. Вдоль всего газопровода-отвода на расстоянии 2-4 км проходит электрифицированная железная дорога, блуждающие токи которой негативно влияют на состояние его противокоррозионной защиты. Плечи защиты УКЗ-3 и -4 не обеспечивали защищенности газопровода именно в болоте. Электрометрические обследования показали, что газопровод в местах дефектов изоляции интенсивно корродирует под действием блуждающих токов ЭЖД.

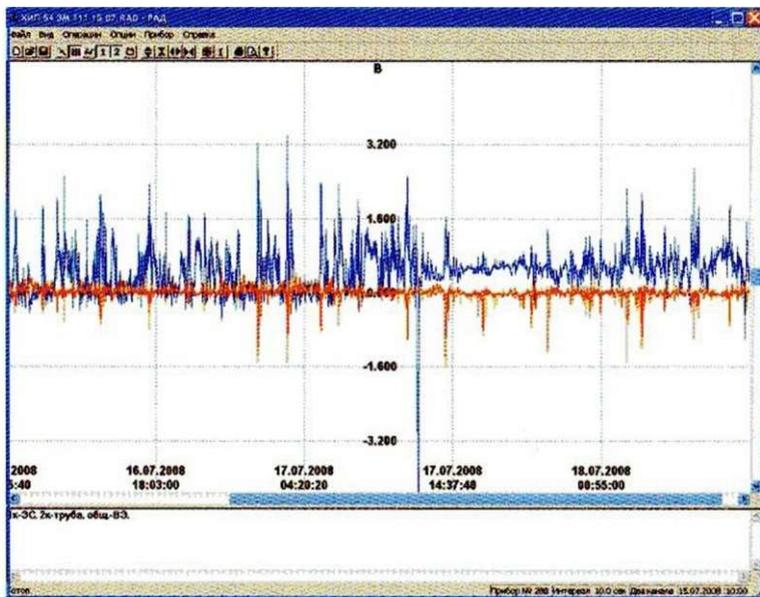


Рис. 7. Повышение общего уровня защищенности участка ЛЧ МГ при использовании ПГА

Вдольтрассовая ЛЭП на этом участке не установлена, подойти традиционно к разрешению проблемы, т.е. смонтировать дополнительную УКЗ в местах провала потенциала, не представлялось возможным. Однако после образования свища в болоте и его ликвидации в труднейших условиях к решению вопроса подошли кардинально. Была смонтирована УКЗ-3-1 на базе автономного термоэлектрического источника тока АИТ-150. Для ее работы в автоматическом режиме стабилизации потенциала ООО «Парсек» разработало маломощную СКЗ типа ИПЕ-0,2. В описываемое время прошли ее испытания и доводка. В качестве анода был использован ПГА ЭЛЭР-2.1 длиной 2 км, проложенный в болоте на расстоянии 10 м от газопровода. С другой стороны болота возле УКЗ-4 смонтировали дополнительную станцию УКЗ-4-1 с сетевой СКЗ, подключенную также к 2 км ПГА. Итого в болоте проложили два анода по 2 км с точками дренажа от УКЗ-3-1 и УКЗ-4-1. Подбор режима работы ПГА проводился по описанной методике с использованием зондов-модулей ПГА, которые подключались в

КИП ПГА. На них синхронно фиксировалась плотность тока ПГА по длине, начиная с точки дренажа, при ступенчатом изменении тока УКЗ.

Последующие электрометрические обследования показали, что в местах открытых дефектов изоляции на обсуждаемом участке обеспечивается 100 %-ная защита от блуждающих токов.

Таким образом, в ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» к настоящему времени помимо положительных результатов использования ПГА в системах ЭХЗ на линейной части накоплен значительный методический опыт по настройке таких систем. В значительной мере этот опыт будет использован и при настройке систем ЭХЗ компрессорных станций, где ПГА находят все более широкое применение.

Не случайно, что первый опыт применения ПГА в ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» был получен в Невьянском ЛПУ МГ, где реализовались все возможные неблагоприятные для противокоррозионной защиты ЛЧ МГ факторы и их сочетание:

- географические факторы:
  - пересеченная местность,
  - заболоченность почвы на фоне высокого электросопротивления коренных подстилающих скальных пород;
- техногенные факторы:
  - плохое состояние изоляции (80 % изоляции - пленочная, трассового нанесения),
  - разветвленная сеть газопроводов-отводов,
  - интенсивная промышленная и сельскохозяйственная деятельность,
  - блуждающие токи от ЭЖД, проходящих параллельно магистральной части и сети газопроводов-отводов,
  - пересечение или сближение с ЭЖД.

Для преодоления комплексного воздействия всех перечисленных неблагоприятных факторов на относительно небольшом по протяженности участке ЛЧ МГ (рис. 8):

- газопроводов диаметром от 159 до 1220 мм -446 км;
- МГ — 243 км;
- газопроводов-отводов - 192 км;
- газопроводов низкого давления и переемычек - 11 км;
- ГРС-23 ед.,



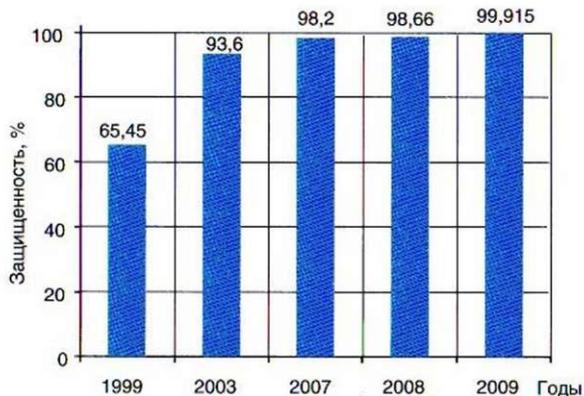


Рис. 9. Динамика улучшения защищенности от коррозии в ЛПУ

Однако для дальнейшего повышения уровня противокоррозионной защиты ЛПУ, а также создания ее управляемой системы необходимо проанализировать достигнутые результаты, обозначить возникшие проблемы, определить их причины, предложить способы и пути их разрешения. В настоящее время сделаны следующие выводы:

- система ЭХЗ разделена на секции с помощью ВЭИ, однако их количества не достаточно, и теоретически этот вопрос не проработан;
- необходимо обеспечить работу УКЗ в автоматическом режиме - проблемой является техническая реализация вопроса с имеющейся аппаратурой в высокоомных грунтах и воздействием мощных импульсных перенапряжений;
  - низка ремонтпригодность СКМ «Пульсар»;
  - ненадежная работа большинства АИТ обусловлена несовершенством конструкции, отсутствием телеконтроля и системы обслуживания;
  - недостаточно вдольтрассовых ЛЭП;
  - необходимо осмысленное отношение к выбору мест, протяженности и технологии выполнения ремонта изоляции на участках ЛЧ МГ, подверженных влиянию интенсивных блуждающих токов;
    - составление детального коррозионного прогноза при комплексном воздействии многих неблагоприятных факторов является сложной задачей;
    - необходимо включать УДЗ в систему телеконтроля и коррозионного мониторинга;

- по мере разрешения всех вышеуказанных задач появится возможность создания управляемой системы противокоррозионной защиты.

Поскольку каждый из этих вопросов требует детальной проработки, многие из них актуальны и для других газотранспортных предприятий либо станут таковыми в ближайшее время, а решение может быть только комплексным, предлагаем посвятить теме создания управляемой системы противокоррозионной защиты ЛПУ отдельное совещание именно на базе Невьянского ЛПУ МГ ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург».