

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОИЗОЛИРУЮЩИХ ВСТАВОК В ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ ЕКАТЕРИНБУРГ»

В.А. Попов, начальник ПО защиты от коррозии; **Е.С. Лукин**, ведущий инженер ПО защиты от коррозии, ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»;
В.А. Желобецкий, начальник лаборатории прочности и надежности МГ ИТЦ; **С.В. Баусов**, зам. директора по аналитической работе ИТЦ,
филиал ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»

Отличительной особенностью газотранспортных предприятий, осуществляющих перекачку газа по системе магистральных газопроводов (МГ) через регионы с интенсивной хозяйственной деятельностью, является то, что одновременно через систему газопроводов-отводов (ГО) приходится обеспечивать газоснабжение крупных промышленных центров, вблизи которых они подвержены техногенному воздействию в первую очередь блуждающими токами различного происхождения, чаще всего электрифицированных железных дорог (ЭЖД). Кроме того, ГО строились в разное время и поэтому отличаются по типу изоляционного покрытия и его состоянию. Конечным результатом комплексного воздействия всех неблагоприятных факторов является усиленная коррозия подземной металлической части оборудования газопроводов.

Успешная борьба с коррозией возможна только при учете и совмещении в пространстве и времени максимального количества этих факторов, что позволяет уяснить кинетику и механизм коррозии. Одним из методов борьбы с коррозией является электрическое секционирование сложившейся сложной системы МГ и ГО, позволяющее в значительной мере отделить друг от друга либо ослабить взаимное влияние неблагоприятных факторов. Это и предполагает в свете последних требований к проектированию и эксплуатации систем противокоррозионной защиты широкое использование вставок электроизолирующих (ВЭИ).

По этой причине в ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» с 1998 г. по настоящее время эксплуатируется 39 ВЭИ диаметром 200–800 мм отечественного производства, в основном на газопроводах-отводах в Невьянском и Малоистокском ЛПУ МГ. На газопроводах этих ЛПУ до внедрения ВЭИ неоднократно фиксировались токи, достигающие 500–700 А. Дре-

нирование блуждающих токов такой величины установками дренажной защиты (УДЗ) всегда вызывало определенные технические трудности. Выход же из строя УДЗ приводил к неконтролируемому сбросу блуждающих токов через боковую поверхность газопровода и протеканию интенсивных коррозионных процессов.

Применение ВЭИ на газопроводах и шунтирование их диодно-резистивными блоками (БДР) позволяют сни-

зить блуждающие токи до приемлемого максимального уровня 10–50 А. В связи с этим особую актуальность приобретают работы по оптимизации режима включения (шунтирования) ВЭИ. После монтажа ВЭИ на линейной части газопровода не должно происходить поляризации обкладок ВЭИ до уровней, способных усилить коррозию вблизи одной из обкладок. (В ходе обследований на отдельных незашунтированных ВЭИ зарегистри-

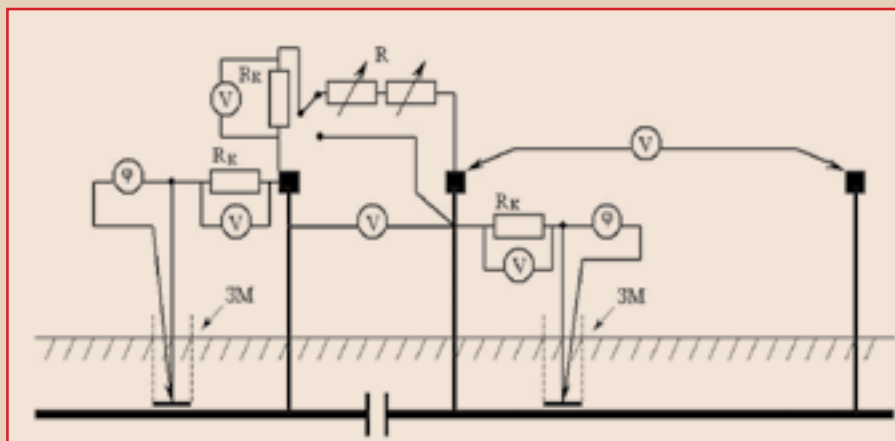


Рис. 1. Принципиальная схема измерений на ВЭИ

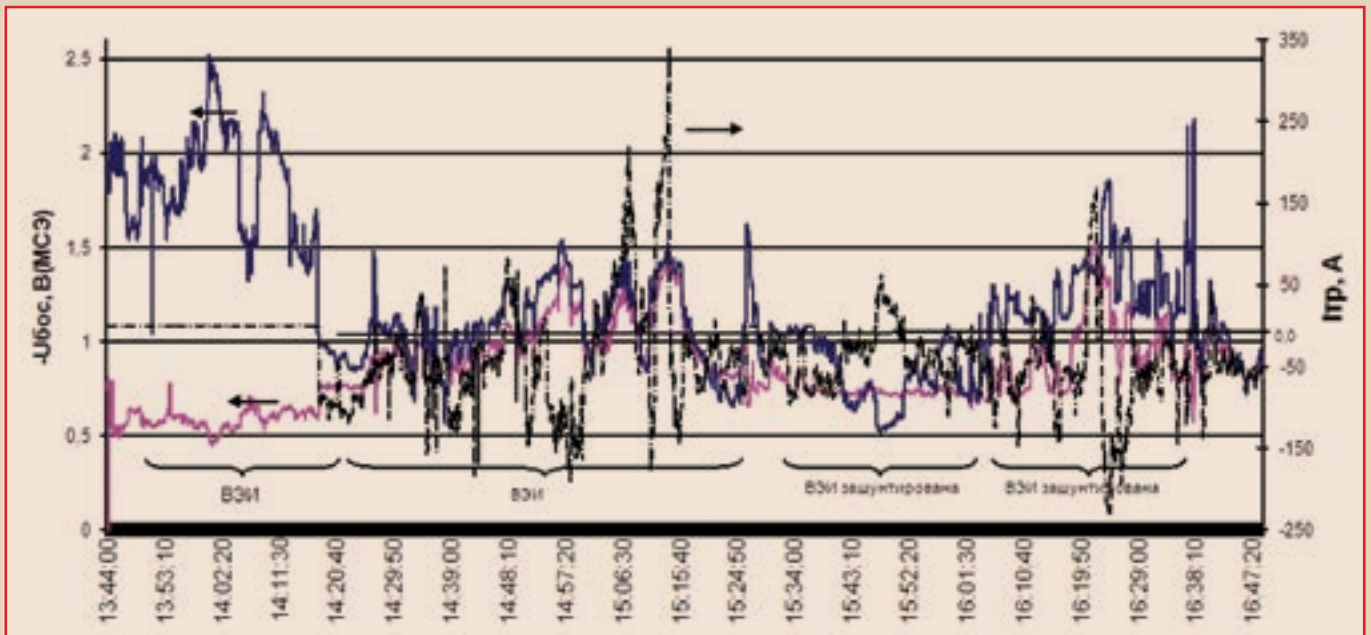


Рис. 2. Изменение поляризационного потенциала на обкладках ВЭИ и тока в трубе во времени

рованы плотности тока через вспомогательный образец, соответствующие скоростям коррозии стали в 6–8 мм/г.) В то же время блуждающий ток должен максимально ограничиваться. Поскольку это разнонаправленные параметры, то оптимальный режим эксплуатации ВЭИ определяется, исходя из состояния изоляции участка МГ в окрестностях монтажа ВЭИ, направления и интенсивности (максимальных и средних значений) блуждающих токов, номинала рекомендованного шунта. Очевидно, что для каждой ВЭИ эти параметры индивидуальны и их определение и подбор являются сложной и самостоятельной задачей. Для ее разрешения разработана специальная методика с использованием зонд-модульной технологии, которая позволяет контролировать потенциалы каждой из обкладок ВЭИ синхронно с токами в трубе, напряжением на обкладках и другими параметрами в зависимости от величины шунта. Схема измерений приведена на рисунке 1.

Фрагмент типичной картины, получаемой при совмещении синхронных измерений на ВЭИ, приведен на рисунке 2. Видим, что ток в трубе в течение трех часов многократно менял направление и по величине возрастал до 350 А. Одна из обкладок в разомкнутом состоянии подвергалась избыточной катодной поляризации, потенциал второй смещался в анодную сторону.

В связи с этим каждый из параметров регистрировался каждые 2–10 сек в

течение 5–20 ч синхронно с остальными параметрами с использованием долговременных регистраторов типа РАД или МЕТРАН. Как и предполагалось, зонд-модульная технология обследования оказалась наиболее действенной. Это позволило получать достоверную информацию в удобном для статистического анализа виде.

СИНХРОННО РЕГИСТРИРОВАЛИСЬ СЛЕДУЮЩИЕ ПАРАМЕТРЫ:

- показатели зонд-модулей:
 - потенциалы без омической составляющей, В;
 - ток вспомогательного образца, мА;
- напряжение на изолирующей вставке (в разомкнутом и зашунтированном состоянии), В;
- ток в трубе, А (по показаниям на токовом шунте, мВ; по падению напряжения между КИПами, мВ).

Измерение тока в трубе по падению напряжения между КИПами синхронно с измерением на токовом шунте

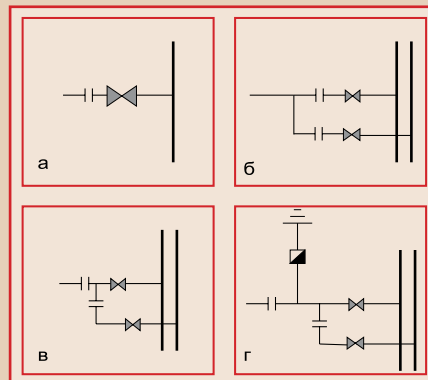


Рис. 3. Типовые схемы монтажа ВЭИ

короткозамкнутой ВЭИ позволило очень точно калибровать участок газопровода в токовых единицах и использовать это, при необходимости, для расчета кажущегося сопротивления ВЭИ. Последнее обстоятельство вызвано тем, что в некоторых случаях измерение кажущегося сопротивления ВЭИ приборами на переменном токе невозможно из-за параметров самих вставок. При этом приборы с ручной компенсацией М-416 не компенсируются, полуавтоматические Ф4103 либо автоматические, такие как С.А6460, сигнализируют об ошибке и неустойчиво работают. Такое возможно, когда напряжение на ВЭИ приближается либо превышает измерительное напряжение самого прибора. И действительно, на разомкнутых ВЭИ неоднократно фиксировали напряжения, достигающие 70 В. У ВЭИ, смонтированных в земле, разброс значений кажущихся сопротивлений может быть от 0,38 до 5,0 Ом. Помимо состояния изоляции в окрестностях ВЭИ на кажущееся сопротивление большое влияние оказывает наличие естественных токоотводов. К ним можно отнести близко расположенные крановые площадки, контуры заземлений, метанольницы, межниточные крановые и байпасные переключки и пр. Практические схемы монтажа ВЭИ на действующих газопроводах приведены на рисунке 3 (а, б, в). Такие схемы удобны для монтажа ВЭИ и их последующего обслуживания, но не эффективны для эксплуатации вставок по их прямому



а) электрифицированная



б) неэлектрифицированная

Рис. 4. Примеры распределения коррозионных дефектов по глубине и плотности с двух сторон от пересечения с ЖД

назначению. Ведь кажущееся сопротивление ВЭИ характеризует возможность регулирования блуждающих токов в системе. Наружный шунт и

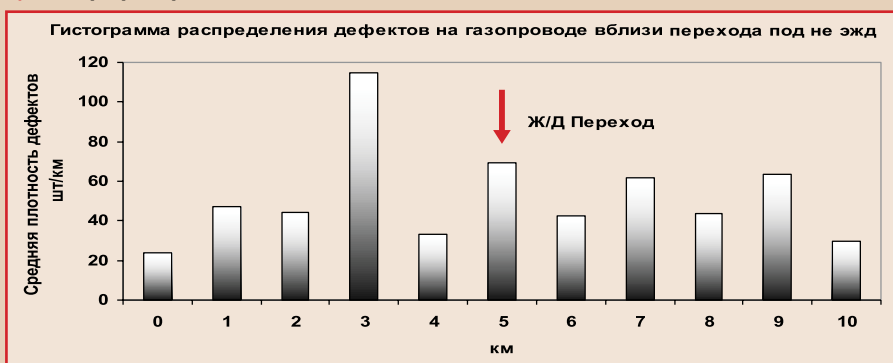
кажущееся сопротивление ВЭИ на эквивалентной схеме подключаются параллельно друг другу, и, как известно, в этом случае результирующее со-

противление будет меньше меньшего. Отсюда и границы регулирования, т.е. подбора номинала шунта. Насколько нам известно, вышеуказанные действовавшие ранее нормативные документы и проекты новых никак не обсуждают вопрос рационального проектирования и размещения ВЭИ. Эти вопросы нуждаются как в серьезной теоретической проработке, так и в обобщении опыта эксплуатации. С учетом нашего опыта эксплуатации ВЭИ считаем, что ВЭИ должны монтироваться на определенном расстоянии от естественных токоотводов и друг от друга. Необходимость токоотводов никак не отвергаем, только они должны быть контролируемы, а еще лучше – управляемы, как, например, СКЗ в автоматическом режиме (рис. 3г). Об оптимальном расстоянии – чуть ниже, поскольку оно напрямую связано с минимально необходимым количеством ВЭИ.

Из 39 ВЭИ, эксплуатирующихся в ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург», 34 смонтированы на ГО вблизи места врезки в МГ и 5 – на межкрановых технологических перемышках между двумя нитками МГ. На магистральных участках нет ни одной изолирующей вставки. Это связано с тем, что требуются вставки больших диаметров,



а) электрифицированная



б) неэлектрифицированная

Рис. 5. Распределение плотности коррозионных дефектов с двух сторон от пересечения с ЖД

1000–1200 мм, и их монтаж сопряжен с большими организационными трудностями.

Очевидно, что из-за большого диаметра, низкого продольного сопротивления и, как правило, плохого состояния изоляции линейных участков магистральных газопроводов блуждающие токи в магистральной части будут гораздо выше. Кроме того, установлено, что в большинстве случаев в системе «МГ – ГО – участок ЭЖД» 80% времени блуждающий ток стекает с магистрального газопровода на ГО в районе врезки. То есть для газопровода-отвода ЛЧ МГ является источником блуждающего тока. В свою очередь, наиболее вероятными участками взаимодействия МГ и ЭЖД являются участки пересечения и приближения МГ с ЭЖД. Об этом все знают, более того, это можно рассчитать теоретически, только этот расчет будет весьма приближенным, поскольку какими-то факторами придется пренебречь, значимость каких-то – еще оценить. У нас же на предприятии в последние годы развивается следующий подход. Считаем, что длительные сроки и многообразие условий эксплуатации газопроводов

предприятия позволили реализоваться всем значимым факторам, а большое количество диагностических обследований, которые были проведены за годы их эксплуатации, дают возможность получить достаточно представительные выборки, пригодные для математической обработки, оценки значимости тех или иных факторов и составления прогнозов.

И в данном случае были обработаны сведения о всех 139 числящихся за предприятием пересечений ЛЧ МГ с железными дорогами. Из них 77 – с ЭЖД и 62 – с неэлектрифицированными (НЖД). Из общего количества 54 перехода в составе ЛЧ МГ в последние годы были обследованы методами ВТД в ходе плановой диагностики. Так получилось, что 32 перехода обследованных ВТД пришлось на ЭЖД, а 22 – на НЖД. По данным ВТД были построены графики распределения плотности коррозионных дефектов (шт. на 100 м) по газопроводу на расстоянии 5 км с каждой стороны от перехода. Следует особо подчеркнуть, что мы ни в коем случае не связываем наличие блуждающих токов с количеством коррозионных дефектов, а исходим из того, что коррозионные

дефекты связаны с дефектами изоляции, скорость коррозии металла в которых определяется закономерностями почвенной коррозии. Блуждающий ток в нашем случае выступает в роли «проявителя», т.е. там, где он присутствует и оказывает свое негативное воздействие, в силу того что скорость электрокоррозии выше скорости почвенной коррозии, дефекты металла получают более глубокими и быстрее достигают пределов обнаружения дефектоскопа. Каждый случай коррозионного дефекта фиксируется однозначно и легко подсчитывается, в то время как линейные размеры дефектов можно обсуждать только после их освидетельствования. Поэтому распределение дефектов по глубине в процентах от толщины стенки трубы на диаграммы тоже наносили, но обсуждение этого параметра носило чисто качественный характер и больше использовалось для визуализации результатов.

На диаграммах рисунка 4 приведены наиболее яркие примеры распределения дефектов различной глубины по газопроводу (левая ось) и плотности дефектов (сплошная линия – правая ось) для переходов ЭЖД (а) и НЖД (б).

СТАЛЬНЫХ ТРУБ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ

ВНУТРЕННЯЯ И НАРУЖНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ



ООО «ЮКОРТ» ОКАЗЫВАЕТ СЛЕДУЮЩИЕ ВИДЫ УСЛУГ:

- Нанесение внутреннего антикоррозионного покрытия на основе высоковязких материалов на трубы диаметром 114-720 мм;
- Нанесение наружного двух- и трехслойного антикоррозионного покрытия на основе экструдированного полиэтилена на трубы диаметром 89-720 мм;
- Изготовление отводов холодного гнущего диаметром от 114 до 530 мм с внутренним и наружным антикоррозионным покрытием;
- Изготовление гнутых отводов с нагревом ТВЧ диаметром от 89 до 425 мм;
- Изготовление и антикоррозионная изоляция фасонных деталей трубопроводов, сварных узлов;
- Ремонт, гидротестирование, антикоррозионная изоляция запорной арматуры Ду 50-800 мм.

Прием трубы и отгрузка готовой продукции может осуществляться по железной дороге или автотранспортом.

Продукция ООО «ЮКОРТ» сертифицирована в системе добровольной сертификации ГОСТ Р.

Система менеджмента качества ООО «ЮКОРТ» в 2009 г. сертифицирована в ЗАО «Бюро Веритас Сертификейшн Русь» на соответствие требованиям стандартов ISO 9001:2008 и ГОСТ Р ИСО 9001:2008.

ООО «ЮКОРТ». Почтовый адрес: 628309, РФ, ХМАО - Югра, г. Нефтеюганск, 6 мкр., д. 28

Тел: +7 (3463) 23-05-17 • Факс: +7 (3463) 25-15-24 • E-mail: yucort@rnservice.ru • www.yucort.ru



Рис. 6. Отношение средней плотности дефектов переходов под ЭЖД к плотности дефектов переходов НЖД

Если же усреднить распределение плотности дефектов по всем ЭЖД- и НЖД-переходам, зависимость влияния блуждающего тока прослеживается но не столь явно (рис. 5). Разбиение всего множества 100-метровых участков на две категории с более схожими условиями эксплуатации, например по удельному сопротивлению грунтов, позволяло получить более выраженные зависимости. К примеру, в южных ЛПУ низкоомные грунты, более высокая скорость почвенной коррозии, значительное влияние подпленочной коррозии и пр. Однако этот путь является тупиковым, поскольку коррозия является результатом воздействия очень большого числа неблагоприятных факторов (тип изоляции, срок эксплуатации, рельеф местности, обводненность и др.), при подобной таксономии объем выборки для каждого варианта будет пропорционально уменьшаться.

Предположив, что вклад всех остальных факторов присутствует, но в данном случае не зависит от наличия блуждающих токов, построили диаграмму относительной плотности (отношение плотности дефектов у ЭЖД-переходов к плотности дефектов у НЖД) распределения коррозионных дефектов металла вблизи ЖД-перехода. При этом, по сути дела, сократили (элиминировали) вклад других факторов. Распределение относительной плотности коррозионных дефектов приведено на рисунке 6. Если превышение относительной плотности коррозионных дефектов вблизи самого ЖД-перехода сейчас уже не вызывает вопросов, то наличие характерных пиков на расстоянии около 3 км с обеих сторон от перехода, их физический смысл требуют обсуждения. Мы предполагаем, что именно на расстоянии до 3 км в системе «грунт – коррозионный дефект трубопровода – трубо-

провод – поляризованная перемычка (шунт, УДЗ) – рельс ЭЖД – грунт» наиболее полно реализуются условия для стекания электрического тока в землю при действующем на ЭЖД напряжении контактной сети. Интересно, что, если взять средние токи УДЗ всех рассмотренных пересечений с ЭЖД и среднее продольное сопротивление соответствующих газопроводов, то на расстоянии 3 км от перехода падение напряжения по длине газопровода составит 0,5 В. В то же время известно, что именно при потенциалах на 0,5 В положительной стационарного наблюдаются максимальные скорости коррозии трубных марок стали в основных типах грунтов. Да и из практики ЭХЗ известно, что чаще всего наиболее опасно приближение газопровода к ЭЖД на расстояниях ближе 3 км. Исходя из этого, считаем доказанным необходимость секционирования с помощью ВЭИ газопроводов с обеих сторон от пересечений с ЭЖД с целью снижения интенсивности блуждающих токов. В этом случае наиболее эффективно размещать ВЭИ не ближе 3,0–3,5 км от перехода. Рекомендуемая схема с сопряженной системой ЭХЗ приведена на рисунке 7. Возвращаясь к ВЭИ, установленным на ГО, считаем, что по аналогии с ЭЖД-переходами зона их влияния определяется примерно в 3 км по газопроводу с обеих сторон от ВЭИ (действующие напряжения и токи на ВЭИ примерно такие же, как на пересечении с ЭЖД, конструкция шунтирующей перемычки схожа с УДЗ). А вообще наилучшей защитой от блуждающих токов является качественная изоляция, и поэтому использование ВЭИ в части снижения интенсивности блуждающих токов в какой-то мере может оказаться альтернативой переизоляции. Таким образом, при проектировании систем ЭХЗ с применением электрического секционирования, с использованием ВЭИ необходимо использовать комплексный подход с учетом складывающегося макrorаспределения (15–20 км) токов и потенциалов, наличия естественных токоотводов, состояния изоляции, межкрановых и электрических перемычек. Только в этом случае удастся в полной мере реализовать возможности ВЭИ для уменьшения интенсивности блуждающих токов, оптимизации систем ЭХЗ, повышения надежности систем газоснабжения.

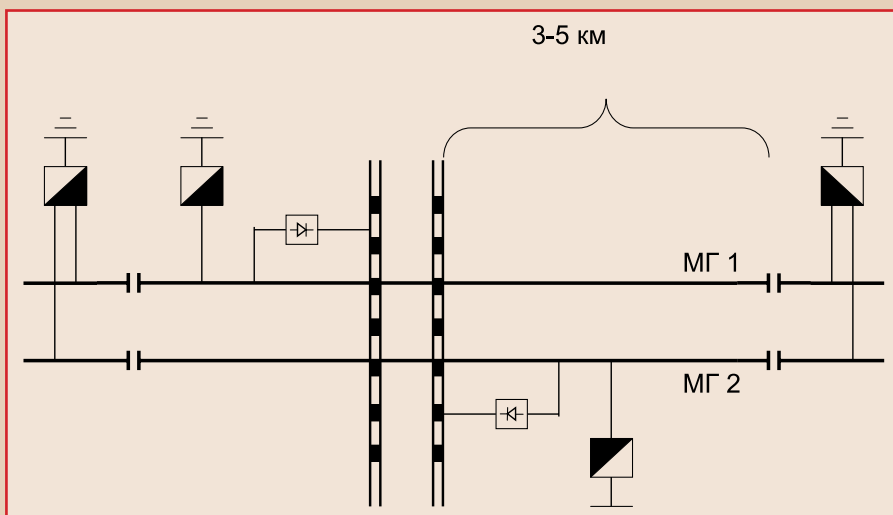


Рис. 7. Рекомендуемая система ЭХЗ при секционировании ЭЖД-перехода