

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПОДЗЕМНОЙ КОРРОЗИИ

**В.В. Питула**, д.т.н., профессор, академик РАЕН, председатель Координационного совета ОАО ВНИИСТ по проблемам защиты от коррозии, советник президента ОАО ВНИИСТ

Подземные стальные сооружения, в первую очередь – трубопроводные системы нефти, газа, водоснабжения и отопления, подвержены усиленному разрушительному коррозионному влиянию окружающей среды. Для ослабления этого влияния такие сооружения получают комплексную систему защитных мероприятий с использованием изоляционных покрытий и средств электрохимической защиты, а также обеспечиваются системами контроля эффективности защитного действия выполненных мероприятий.

В течение более 60 лет лидером отечественных и мировых достижений в области защиты от подземной коррозии является научно-производственное формирование, известное под аббревиатурами ВНИИСТ и ОАО ВНИИСТ, классифицированное официально как головная организация Советского Союза и Российской Федерации по обеспечению противокоррозионной защиты стальных подземных сооружений. За прошедший период во ВНИИСТе сформировалась передовая научная школа теоретических исследований, а также изобретений и промышленных разработок в части изоляционных покрытий, средств и систем электрохимической защиты и методов контроля кинетики коррозионных процессов в условиях их комплексного защитного действия.

Научные и практические достижения ВНИИСТа позволили на протяжении многих лет постоянно совершенствовать весь комплекс мероприятий противокоррозионной защиты. Однако тривиальная истина, гласящая, что чем больше объем знаний, тем ясней становится его недостаток, заставляет признать, что многие прежние достижения в современных условиях превращаются в существенные недостатки на фоне других новых

достижений. Именно эти проблемы заслуживают первоочередного внимания специалистов противокоррозионной защиты всех направлений на современном этапе развития коррозионной науки и совершенствования техники и технологии защиты от подземной коррозии.

В порядке очередности проявления перечень таких проблем следует начать с разработки и выбора оптимальных конструкций изоляционных покрытий.

Нельзя забывать, что само изоляционное покрытие не может даже теоретически надежно защищать трубопроводы от подземной коррозии. Его назначение в системе комплексной защиты заключается в максимально возможном снижении площади оголенной поверхности металлических сооружений, имеющей прямой контакт с коррозионной агрессивной средой и нуждающейся в обязательном применении электрохимической защиты. Поскольку коррозия стали представляет собой электрохимический процесс, тормозящее воздействие на такой процесс может оказывать только воздействие внешних электрических (или электромагнитных) полей, которые и формирует электрохимиче-

ская защита. При этом условия основными критериями гармонизации действия электрохимической защиты и изоляционных покрытий являются два фактора, характеризующие физические свойства изоляции: электрическое сопротивление изоляционного покрытия и его износоустойчивость, контролирующая скорость старения покрытия и снижения первоначальной величины его сопротивления. Эти два фактора связаны между собой общими размерами несплошности изоляции, определяющими потенциальную площадь корродирующей поверхности и требования к режиму ее катодной поляризации, позволяющей тормозить коррозионные процессы. Долгое время нормативным критерием качества изоляционных покрытий прежних конструкций и материалов было начальное сопротивление изоляционного покрытия 10 000 Ом·кв. м. При этом научные исследования школы В.И. Глазкова показали, что для этих покрытий свойственно экспоненциальное снижение сопротивления со средней константой старения 0,11 1/год. После появления новых конструкций битумных покрытий и покрытий из экструдированного полиэтилена

критериальные значения их начального сопротивления повысили до 50 и 300 к Ом·кв. м, а константу старения волонтаристски установили в соответствующей НТД на уровне 0,07 1/год. В результате таких преобразований в проектах без какого-либо технико-экономического обоснования для всех трубопроводов стали закладывать преимущественно изоляционное покрытие самого высокого сопротивления, а сроки его плановой реновации увеличили по меньшей мере вдвое. Исследовательская группа специалистов ВНИИСТА, усомнившаяся в полезности таких нововведений, начала в свободном режиме изучать реальное поведение новых изоляционных покрытий на трех различных участках трубопроводов, где начальные значения сопротивления изоляции составляли 50, 100 и 300 к Ом·кв. м. К настоящему времени эти наблюдения продолжают уже около 15 лет и позволили сделать два весьма важных заключения. Во-первых, с течением времени реальные значения сопротивления изоляции всех типов стремятся к единому показателю. Ожидаемый предел такого «слияния» сопротивлений составляет 15–17 лет. Во-вторых, константа старения всех новых конструкций изоляционного покрытия является переменной во времени, изменяясь от значений 0,25–0,28 1/год в период первых 5–7 лет эксплуатации трубопровода, до значений 0,08–0,10 после 10–12 лет его работы. Такая кинетика изменения основных защитных свойств но-

вых изоляционных покрытий требует изменения подхода к выбору оптимальных начальных параметров изоляционных покрытий с обязательным технико-экономическим обоснованием любого выбора. Вторая проблема также связана с вопросами технико-экономического обоснования применяемых защитных мероприятий, имеющих целью торможение коррозионных процессов. Речь идет о принятии решений о необходимости замены (или ремонта) «недопустимо» изношенного изоляционного покрытия. До настоящего времени отсутствует концептуальное обоснование критерия «недопустимости» дальнейшего использования стареющей изоляции на трубопроводах. В связи с этим решение этой проблемы осуществляется, как правило, спонтанно или, иначе говоря, по убеждению персонала, принимающего такие решения. При этом не следует забывать, что работы по переизоляции подземных трубопроводов весьма трудоемки и дорогостоящи. Средние показатели мировой практики защиты трубопроводов от подземной коррозии свидетельствуют, что первоначальные затраты на изоляцию новых трубопроводов составляют около 6% прямой стоимости неизолированных труб. В случае переизоляции затраты возрастают не менее, чем в полтора раза, и могут достигать в совокупности до 9–10%. Однако в настоящее время существует реальная техническая возможность продолжать эффективную защиту

от подземной коррозии трубопроводов с любым текущим состоянием изоляции. Для этого требуется лишь реконструкция анодных заземлений существующих на трубопроводах установок катодной защиты, заключающаяся в прокладке двухслойных протяженных гибких анодов, электрические характеристики которых эквивалентны повышению переходного сопротивления участков трубопровода, нуждающихся в замене или ремонте изоляции. Прямой технико-экономический анализ такого решения показывает, что при общем уровне затрат на электрохимическую защиту в размере порядка 5% прямой стоимости неизолированных, стоимость анодного заземления может достигать 40–60% этого значения. При этом даже в случае удвоения затрат на строительные-монтажные работы при реконструкции анодного заземления прокладка нового альтернативного протяженного анодного заземления будет стоить не более 6% прямой стоимости неизолированных труб. Такой показатель более чем в полтора раза дешевле, чем замена изоляционного покрытия. Опыт работы ОАО ВНИИСТ с одним из своих зарубежных партнеров практически подтверждает выказанные соображения. Третьей по порядку, но первой по значимости, может считаться проблема достоверности контроля эффективности защитного действия системы противокоррозионной защиты на трубопроводах. Установ-

# ТРУБЫ ОБСАДНЫЕ И НКТ НЕФТЕПРОВОДНЫЕ, БУРИЛЬНЫЕ

В ТОМ ЧИСЛЕ С КОРРОЗИОННОСТОЙКИМ ПОКРЫТИЕМ «АРГОФ»

426063, УР, г. Ижевск, ул. Мельничная, 46 • тел.: (3412) 66-22-66 • [udmpk.ru](http://udmpk.ru), [udmpk.pф](http://udmpk.pф)



**Удмуртская Промышленная Компания**

ленная в действующих стандартах методология предусматривает для этой цели установку на трубопроводах стационарных датчиков поляризационных потенциалов, а также специальных устройств, называемых «индикаторами скорости коррозии». Когда-то давно контроль уровня защитных потенциалов для оценки эффективности защитного действия электрохимической защиты осуществляли исключительно по значениям прямых измерений суммарных защитных потенциалов на трубопроводе. Однако когда было показано, что до 30–40% измеряемой таким образом в контрольно-измерительных пунктах величины может составлять «омическое» падение напряжения на изоляционном покрытии или в грунте вокруг неполяризуемого электрода сравнения, было предложено проводить измерения потенциала специального электрода-датчика потенциалов, закороченного с трубопроводом непосредственно на его поверхности. При этом в момент измерения контакт такого датчика с трубопроводом искусственно прерывали, исключая таким образом любые паразитные «омические» падения напряжения, не имеющие отношения к реальной величине электрохимического защитного потенциала датчика, идентифицируемого с потенциалом самого трубопровода. Такая новая методика, как полагали первоначально, должна была повысить точность контроля защищенности и связанную с ней коррозионную опасность подземных трубопроводов в 2–3 раза. Волей случая период внедрения новой методологии контроля совпал со временем, когда большая часть трубопроводов, оснащаемых специальными датчиками потенциалов, размеры которых были регламентированы государственным стандартом, подошла к рубежу времени эксплуатации, при котором суммарная площадь несплошности изношенной изоляции оказалась соизмеримой с установленными размерами датчиков потенциалов. Эта ситуация позволила иметь одинаковые условия коррозии и электрохимической защиты как на моделирующих трубопровод датчиках потенциалов, так и на самом реальном трубопроводе. В связи с этим повышение точности измерений действи-

тельно имело место. Однако к настоящему времени ситуация на трубопроводном транспорте кардинально изменилась. Теперь 20–30% трубопроводных трасс составляют магистрали с изоляционным покрытием новой конструкции и высокого сопротивления. Постаревшие еще более 40–50% магистралей снизили сопротивление изоляции до значений, близких к предельно допустимым значениям. И лишь 20–30% трубопроводов сохраняют в настоящее время критерий подобия с датчиками потенциалов, позволяющий идентифицировать потенциалы датчиков как потенциалы реального трубопровода. Такая ситуация еще более усугубилась после того, как трубопроводы стали оснащать «индикаторами скорости коррозии», негативное влияние которых на достоверность результатов контроля подобно влиянию датчиков потенциалов. Причина такого негативного влияния предельно очевидна. Площадь оголенной поверхности датчика потенциалов и одного «индикатора» исчисляется сотнями квадратных миллиметров на длину зоны защиты, контролируемой такими устройствами. В то же время у новой изоляции в первые 8–10 лет аналогичная поверхность несплошности за счет естественной пористости изоляционного покрытия на том же участке не превышает десятков квадратных миллиметров. А изоляция на участках трубопроводов, проработавших более 18–20 лет, оказывается изношенной до такой степени, что общая площадь ее «оголенности» начинает превышать тысячи квадратных сантиметров. Что же получается в результате? Очевидная перезащита и опасность коррозионного растрескивания за счет наводороживания стенок труб в первом случае и не менее явная недозащита во втором случае, когда реальная плотность тока защиты на трубопроводе в несколько раз может быть меньше, чем это фиксируют все вспомогательные приспособления. Если в ближайшее время не будут внесены коррективы критерия подобия в методику практического контроля уровня защищенности подземных трубопроводов, вероятность неожиданных коррозионных отказов может сильно возрасти и проявляться в самых неожиданных местах.

Четвертой в этом неординарном перечне проблем может считаться проблема энергосбережения при организации катодной защиты, в первую очередь многониточных трубопроводных систем или иных объектов, потребляющих большой объем электроэнергии для обеспечения работы установок катодной защиты. В настоящее время разрешение этой проблемы наиболее популярно за счет использования тиристорных преобразователей тока, работающих в режиме автоматического поддержания заданного тока защиты. Однако при проведении диагностических работ специалистам ООО ВНИИСТ-Диагностика неоднократно приходилось сталкиваться с парадоксальной на первый взгляд ситуацией, когда в зонах защиты тиристорных преобразователей тока при твердом исполнении заданной программы наложения защитного тока вблизи точек дренажа защитных установок на трубопроводе, где вроде бы стабильно поддерживался требуемый высокий уровень защитного потенциала, при контрольном шурфовании обнаруживали значительные коррозионные разрушения стенок труб. Практически во всех подобных случаях имела место одна общая особенность рабочего режима защитной установки – тиристорный преобразователь тока работал в режиме менее 20% от номинального значения. Более детальный контроль кинетики катодной поляризации трубопровода при таком режиме с записью осциллограмм поляризационных потенциалов позволил зафиксировать, что в результате неблагоприятного соотношения скоростей поляризации и деполяризации трубной стали в реальных грунтах на трубопроводе возникают значительные перерывы в поддержании заданного значения потенциала. Перестройка преобразователей тока на режим автоматического контроля их работы по заданному уровню защитного потенциала несколько исправила положение, однако этого оказалось совершенно недостаточно для полного восстановления надежности защитного действия тиристорных установок катодной защиты. Полного успеха удалось достичь только путем применения инверторных преобразователей тока, работающих в частотных режимах от 0,3 до 1,5 кГц

и сокращающих при этом затраты электроэнергии не менее чем в 3 раза.

Мажорным завершением перечисления наиболее актуальных на сегодняшний день коррозионных проблем может служить проблема применения автономной катодной или протекторной защиты стальных подземных сооружений различного назначения в грунтах высокого сопротивления (более 50–100 Ом·м) Западной и Центральной Сибири. Согласно государственному стандарту ГОСТ Р 51164-98, применение протекторной защиты в этих условиях вообще запрещено, а применение катодной защиты значительно затруднено ввиду сложности достижения нормативного сопротивления растеканию анодных заземлений не более 2 Ом. Однако усилия изобретателей ОАО ВНИИСТ, объединенные с конструктивными устремлениями таких предприятий, как ООО «Парсек» и ООО «Анодь», позволили к настоящему времени практически полностью решить эту проблему. Совместными усилиями этих организаций удалось

создать и освоить в промышленном производстве техническое решение в виде комплектного протектора, который может иметь выходную ЭДС до 8–12 Вольт, что позволяет использовать это изделие не только как самостоятельное средство электрохимической защиты (в «протекторном» режиме работы), но и как автономный источник тока защиты, который может успешно работать в грунтах высокого (до 500 и более Ом·м) удельного сопротивления в сочетании с протяженным анодным заземлением. Технические требования к конструкции такого заземления, рассчитанные по компьютерным программам ОАО ВНИИСТ для линейных участков трубопровода и для вертикального стального резервуара, позволяют установить необходимую протяженность анода на различные периоды его эксплуатации. С учетом этих требований протяженные аноды могут работать без ремонта или замены на срок 30–50 лет. В первом случае компьютерный расчет устанавливает необходимую длину анода на период до первой и второй реконструкции, заключаю-

щейся в подключении удлиняющего участка анода, компенсирующего предстоящий на следующий срок износ изоляционного покрытия трубопровода. Во втором же случае расчетная программа сразу же определяет количество и протяженность резервных отрезков протяженного анода, которые должны быть установлены заранее и вводиться в работу по мере износа предыдущих отработанных отрезков.

Помимо перечисленных наиболее актуальных коррозионных проблем ОАО ВНИИСТ в настоящее время работает еще и над решением ряда не менее важных иных задач, касающихся предупреждения опасного разрушительного влияния на трубопроводы стресс-коррозии, или КРН, то есть коррозионного растрескивания под напряжением, а также позволяющих отказаться от строительства вдольтрассовых линий электропередачи, используя вместо них кинетическую энергию транспортируемых газа или нефти (нефтепродуктов). Но это уже совсем иная научно-техническая «песня»!



ТМК Нефтегазсервис

ПРЕДПРИЯТИЕ  
**ТРУБО ПЛАСТ**

ООО «Предприятие «Трубопласт»  
620026, г. Екатеринбург, ул. Розы Люксембург, д. 51  
Тел.: +7 (343) 310-33-11 • Факс: +7 (343) 229-35-11  
E-mail: mail@truboplast.ru • www.truboplast.ru

# ВСЕ ВИДЫ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ