

АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
Институт нефти

На правах рукописи

А. А. ФАРХАДОВ

КАТОДНАЯ ЗАЩИТА МОРСКИХ
НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ СООРУЖЕНИЙ
ОТ КОРРОЗИИ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук.

Работа выполнялась в Государственном научно-исследовательском и проектно-институте Гипроморнефть, на установке катодной защиты на эстакаде „Гюргяны-море“ и на морской коррозионной станции Гипроморнефти.

72453.

ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
А. П. Иргисской ССР

В великое дело борьбы советского народа за построение коммунистического общества немалый вклад вносит многочисленная армия советских нефтяников. В директивах XIX съезда КПСС предусмотрены высокие темпы развития нефтяной промышленности. В частности, намечено дальнейшее развитие добычи нефти на морских нефтяных месторождениях Каспия.

В связи с широким разворотом работ по разработке морских нефтяных месторождений Каспийского бассейна и строительства крупных дорогостоящих металлических сооружений, обеспечивающих бесперебойную связь между нефтяными скважинами морских промыслов, вопрос их защиты от коррозии в настоящее время приобретает актуальное значение.

Скорость коррозии стали в подводной зоне неравномерна, на нее оказывает влияние время года (рост водорослей) местное отложение ила на поверхности свай, состояние поверхности свай, контакт со сваями, имеющими различные по своему характеру и толщине отложения и продукты коррозии.

Лакокрасочные покрытия в подводной зоне подвергаются быстрому разрушению, причем в местах нарушения сплошности покрытия возникают глубокие коррозионные поражения.

Вследствие невозможности периодического восстановления лакокрасочных покрытий в подводной зоне, катодная защита является наиболее удобным способом защиты подводной части свай, устраняющим многочисленные причины, возбуждающие коррозионные процессы.

Настоящая работа предусматривает исследование ряда вопросов катодной защиты морских сооружений и проверку их в практических условиях.

Работа состоит из 3-х глав. В первой и во второй главе описывается теория коррозионных процессов, электрохимическая коррозия и результаты исследований, прове-

денных автором по образованию гальванических пар между сваями, вследствие применения при строительстве морских сооружений труб из различных марок сталей. В этих главах также приводятся результаты исследования коррозии стальных образцов в Каспийском море.

Третья глава настоящей работы освещает результаты лабораторных и практических исследований параметров катодной защиты морских нефтепромысловых сооружений, а также результаты проверки эффективности самой защиты.

Исследована катодная поляризация различных марок сталей в морской воде (ст. 3,4, Д, НЛ2, 12Х6, Х13, Х17 и ОХ18Н9); при различных условиях определена минимальная плотность защитного тока и защитный потенциал для указанных сталей, при погружении их в каспийскую морскую воду.

Результаты исследований показали, что защитный потенциал в каспийской морской воде, для нелегированных и низколегированных трубных-строительных сталей (ст. 3,4, Д, НЛ2) равен $-0,55$, $-0,57$ в (относительно нормального водородного электрода). Эта величина для указанных сталей не зависит от условий испытания (состояние поверхности образцов, движение воды). Величина защитной плотности тока, при спокойном состоянии воды получена равной $0,75$ — $1,25$ ма/дм², а при перемешивании воды $2,75$ — $5,75$ ма/дм².

Для определения той минимальной величины защитного тока, которая прекратила бы процесс коррозии металла в морской воде, автором на коррозионной станции Гипроморнефти (на эстакаде „Гюргяны-море“) было произведено испытание образцов из ст. 3 размером $250 \times 150 \times 3$ мм, погруженных в море, при наложении разных величин плотности тока. Результат испытания показал, что при плотности тока $1,5$ ма/дм² коррозия стали в морской воде практически отсутствует.

Вышеуказанные величины защитного потенциала и плотности тока, подтвердились при практическом применении катодной защиты на эстакаде морского нефтяного промысла „Гюргяны-море“, где величина плотности тока для защиты свай была принята $1,5$ ма/дм².

В лабораторных и естественных условиях определен наиболее приемлемый материал анода, его срок службы, способ размещения анодов по защищаемому участку эстакады.

Результаты испытания на катодной станции показали, что срок службы одного стального анода (трубы длиной $1,5$ м весом 30 кг) составляет $4,5$ месяца.

Результат исследований также показал, что в морской воде стальные аноды имеют ряд преимуществ по сравнению с угольными или графитовыми.

Определены состав и скорость отложений катодных осадков, зависимость количества осадка от плотности тока на катоде, защитные свойства осадка, при выключении катодной защиты и пр. Результаты практических исследований показали, что при электрохимической защите на катодной поверхности в морской воде отлагается осадок, содержащий кремнекислоту (SiO_2), гидрат окиси магния $\text{Mg}(\text{OH})_2$, углекислый кальций CaCO_3 и пр. Осадок обладает хорошими защитными свойствами, дающими возможность периодически отключать катодную защиту.

Определено действие катодной защиты в естественных условиях на коррозию стали у ватерлинии и в надводной зоне.

Установлено, что при катодной защите, коррозия стали у ватерлинии уменьшается на 95% , на периодически смазываемой поверхности (начиная от границы воздух-вода до высоты $0,4$ — $0,5$ м над уровнем воды) примерно на 75% . Скорость коррозии на указанной высоте (при катодной защите) достигает $0,13$ — $0,18$ г/м² час, тогда как без катодной защиты коррозия стали в этой зоне колеблется в пределах $0,5$ — $0,8$ г/м² час.

Институтом Гипроморнефть при участии автора, с целью широкого промышленного испытания катодной защиты подводной части свай морских сооружений и определения эффективности указанного мероприятия, были построены на морской эстакаде „Гюргяны-море“ 3 катодные станции, защищающие участок эстакады длиной $4,5$ км.

На одной из этих станций, состоящей из селенового выпрямителя типа СВТМ-600 и распределительного щита, автором проведен ряд экспериментальных работ, определяющих

щих эффективность и приемлемость катодной защиты.

Эффективность катодной защиты эстакады определена путем:

а) измерения потенциала свай участка относительно морской воды;

б) определения потери веса контрольных стальных образцов, укрепленных вдоль защищаемого участка, при электрическом контакте с последним.

Замеры потенциала свай эстакады производились медно-сульфатным, неполяризуемым электродом в 32 точках эстакады, до включения катодной защиты и через 2, 27, 36, 39, 42, 52, 56, 81, 91 и 103 суток после пуска катодной станции.

Измерения показали, что после включения катодной защиты происходит смещение потенциалов свай в отрицательную сторону. По всей длине участка защищаемого одной катодной станцией, равного примерно 1,5 км, смещение значения потенциала свай составляет не менее 200 мВ, достигая около анодов величины —1,3—1,5 в. Величина потенциала свай, по всей длине защищаемого участка, до включения защиты равнялась —0,60—0,62 в (относительно медно-сульфатного электрода), после включения защиты —0,85—0,95 в. Указанная величина смещения потенциала является вполне достаточной для полной защиты свай.

Построение кривых распределения потенциалов свай эстакады до включения защиты, а также кривых изменения потенциала со временем, после включения катодной защиты, дало возможность определить размещение анодов и их радиус действия, обеспечивающие равномерное распределение потенциала по всей длине защищаемого участка.

Проверка эффективности катодной защиты эстакады при помощи контрольных образцов (контрольные образцы из ст. 3 размером 125×100×3, подвешивались вблизи свай на глубине 1,5—3 м по всей длине защищаемого участка, в электрическом контакте со сваями), при 1,2 и 3 месячном испытании показала, что при катодной защите величина подводной коррозии образцов незначительна и достигает величины 0,0017—0,0032 г/м² час.

С целью экономии электроэнергии, затрачиваемой на катодную защиту и проверки защитного действия катодного осадка (после отключения электрохимической защиты)

была проверена (при помощи контрольных образцов) скорость коррозии стальных образцов, находившихся некоторое время при действии катодной защиты, а затем без нее, будучи защищенными катодными осадками. Серия этих образцов, по истечении 45 и 90 суток после отключения тока на станции катодной защиты, была извлечена и по потере веса их определена величина коррозии образцов. Как показали результаты испытания этих образцов, находившихся в течение 90 суток в море без катодной защиты, катодная станция после трехмесячной работы может быть выключена на три месяца без значительных коррозионных поражений. При таком режиме работы эксплуатационный период катодной станции будет составлять 6 месяцев в году.

На основании проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Проведенные испытания в естественных условиях показали, что коррозия стали в подводной зоне неравномерна и распределяется пятнами, точками или язвами вследствие возникновения на стальной поверхности анодных зон. На скорость коррозии оказывает влияние период испытания и время года (наличие водорослей в летнее время). Отложение ила на поверхности стали, вызывает появление глубоких местных поражений, вследствие возникновения аэрационных пар.

На скорость коррозии стали в морской воде влияет состояние поверхности свай, наличие на них слоя ржавчины, действие переменных нагрузок, образование контактов между сваями эстакад или индивидуальных оснований и пр.

Коррозия стали, возникновение и протекание которой находится в зависимости от вышперечисленных факторов, создает опасность значительного сокращения долговечности свай. Скорость коррозии в отдельных участках превышает величину средней скорости подводной коррозии во много раз, причем на поверхности свай образуются участки с отдельными глубокими поражениями, которые могут преждевременно ослабить прочность свай.

Кроме того, в настоящее время не изученным является вопрос о возможности возникновения коррозионной усталости свай в морской воде. Указанное может привести к поломке свай из-за образования трещин в металле.

Специфические особенности конструкций морских нефтепромысловых сооружений делают невозможным смену разрушенных коррозией участков металла и замену новыми, аналогично смене прокорродировавших листов днищ морских судов.

Учитывая вышеизложенное следует считать необходимым применение антикоррозийных мероприятий для защиты свай морских эстакад и индивидуальных оснований в подводной части.

2. Малая стойкость лакокрасочных покрытий в подводной зоне, невозможность осмотра и периодического восстановления окраски в морской воде делает целесообразным применение для защиты подводной части свай морских нефтепромысловых сооружений катодной защиты. Последняя, устраняя возможные условия, возбуждающие коррозионные процессы, практически прекращает подводную коррозию свай и может быть применена даже после того, как сваи частично подвергнутся коррозии.

Катодная защита является наиболее приемлемым способом защиты как для ранее построенных морских оснований, так и для новостроящихся морских сооружений. Она может применяться в комбинации с лакокрасочными и битумными покрытиями. В этих случаях ее роль сводится к предотвращению коррозионного разрушения на оголившихся или разрушившихся участках покрытия. При этом расход электроэнергии заметно уменьшается.

3. Изучение кривых катодной поляризации различных марок стали в каспийской морской воде позволило определить и уточнить параметры (минимальный защитный потенциал и плотность тока) катодной защиты.

Для обычных трубных сталей величина защитного потенциала (относительно нормального водородного электрода) равна—0,55—0,57 в. Эта величина практически не изменяется при различных условиях испытания (состояние поверхности, движение воды и пр).

Указанная величина, определенная лабораторными испытаниями, подтвердилась при осуществлении катодной защиты в промышленных условиях на эстакаде „Гюргяны-море“

Величина минимальной защитной плотности тока, при которой коррозионное разрушение стали практически

приостанавливается, примерно равно 1,5—2,0 ма/дм².

Эта величина является вполне приемлемой, как с экономической точки зрения, так и по соображениям эффективности защиты.

4. В качестве материала для анодов установок катодной защиты морских сооружений, следует применять железный лом или старые, негодные трубы. Стальные аноды в морских условиях имеют ряд преимуществ перед угольными и графитовыми.

5. При катодной защите на защищаемой поверхности отлагается осадок, который изолирует поверхность металла от агрессивного действия морской воды и затрудняет доступ кислорода к поверхности металла.

Количество солевого осадка, отлагающегося на поверхности металла, не находится в прямой зависимости с величиной плотности тока. Количество отлагающегося осадка, приходящегося на единицу силы тока, уменьшается с увеличением плотности тока.

Осадки отлагающиеся на стальной поверхности в естественных морских условиях содержат значительное количество илистой глины и углекислого кальция. Этот осадок, при достаточной его толщине, обладает хорошим защитным свойством и тем самым создает возможность периодической работы катодной станции.

6. Действие катодной защиты распространяется отчасти на зону периодического смачивания свай до высоты 0,4—0,5 м над уровнем воды.

Коррозия на указанной высоте при наличии катодной защиты уменьшается примерно в 4—5 раз.

При катодной защите величина коррозии стали на ватерлинии уменьшается на 95%.

Распространение катодной защиты на указанной высоте надводной зоны дает возможность усилить защиту опор у ватерлинии и на постоянно мокрой поверхности свай (на высоте 0,4—0,5 м над уровнем воды), окраска которой весьма затруднительна.

7. Установлена высокая эффективность катодной защиты при исследовании первой катодной станции головного участка эстакады „Гюргяны-море“.

Для определения эффективности катодной защиты было принято измерение величины потенциала свай.

При включении станции катодной защиты сдвиг потенциала свай эстакады в отрицательную сторону составлял 200 мв и более. Величина потенциала свай достигла 0,85—0,95 в (относительно медносульфатного электрода).

Эффективность катодной защиты головного участка эстакады была проверена также при помощи контрольных образцов. Результат этой проверки показал, что коррозия стали при работе станции катодной защиты незначительна и достигает величины равной 0,0017—0,0032 гр/м² час.

8. Установлена возможность периодической работы катодной станции. Определено, что катодная защита после трехмесячной эксплуатации может быть отключена на 3 месяца. При этом величина коррозии (средняя за 3 месяца) не будет превышать 0,01—0,02 гр/м² час.

9. Результаты промышленных испытаний катодной защиты на эстакаде дают полную возможность широкого применения этого метода защиты для морских эстакад и индивидуальных оснований.

