

Амантаев А.А. (abai-131294@inbox.ru)
Алимжанова Л.М. (dimkim_01@mail.ru)

Проблемы защиты трубопроводов от коррозии

Резюме. В работе обоснована актуальность исследования надёжности трубопроводов различного назначения в процессе эксплуатации. Представлены статистические данные о структуре распределения причин аварийности на трубопроводах. Учитывая высокую степень аварийности от коррозии материала трубопроводов, проведен анализ основных причин возникновения коррозии и исследованы варианты решения защиты трубопроводов от коррозии в зависимости от объекта воздействия. И далее в работе предлагаются методы химической и электрохимической защиты. А также обоснована актуальность формирования системы защиты трубопроводов на государственном уровне, учитывая влияние логистических систем, в том числе трубопроводов на экономику РК в целом.

Ключевые слова. Электрохимическая защита трубопроводов(ЭХЗ), станция катодной защиты(СКЗ), коррозия, анодная и катодная защита, агрессивная среда воздействия.

Amantaev AA (abai-131294@inbox.ru)
Alimzhanova L.M. (dimkim_01@mail.ru)

Problems of protection of pipelines against corrosion

Summary. In this paper, the relevance of the investigation of the reliability of pipelines for various purposes during operation is justified. Statistical data are presented on the structure of the distribution of causes of accidents on pipelines.

Taking into account the high degree of accident rate from the corrosion of pipeline material, the analysis of the main causes of corrosion was carried out and the options for the protection of pipelines against corrosion, depending on the target, were explored. And further in the work methods of chemical and electrochemical protection are offered. And also the relevance of the formation of the pipeline protection system at the state level is substantiated, taking into account the influence of logistics systems, including the chill of pipelines on the economy of the Republic of Kazakhstan as a whole.

Амантаев А.А. (abai-131294@inbox.ru)
Әлімжанова Л.М. (dimkim_01@mail.ru)

Құбырларды коррозиядан қорғау мәселелері

Түйіндеме.. Бұл жұмыста, әртүрлі мақсаттағы магистральдық құбырлардың сенімділігін зерттеу жұмысының барысында өзектілігі анықталған. Құбырлар бойынша авариялардың себептерін бөлу құрылымында статистикалық мәліметтер келтірілген.

Құбыр материалдарының коррозиясынан апаттардың жоғары деңгейін ескере отырып, коррозияның негізгі себептерін талдау жүргізілді және құбырлар коррозиядан қорғау мақсатына қарай, мақсатқа байланысты зерттелді. Бұдан әрі химиялық және электрохимиялық қорғаныстың жұмыс әдістеріне ұсынылады. Сондай-ақ, құбырларды қорғау жүйесін мемлекеттік деңгейде қалыптастырудың өзектілігі, тұтастай алғанда Қазақстан

Рецензия

На статью Алимжановой Л.М. и Амантаева А.А. «Проблемы защиты трубопроводов от коррозии», представленной на печать в журнал «Вестник КазННТУ»

В настоящее время, принимая во внимание уровень развития промышленного потенциала Республики Казахстан, можно с уверенностью утверждать, что проблемы трансферта через территорию государства, а также решение транспортировки различных ресурсов от мест добычи до предприятий переработки и транспортных узлов является наиболее актуальным. Немаловажную роль в решении данной проблемы представляют трубопроводы различного назначения.

Следует отметить, что с каждым годом аварийность на трубопроводах в стране возрастает. Происходящие аварии и утечки материала наносят стране как экономический, так и экологический ущерб. И если экономический ущерб восполнить можно за довольно короткое время, то восстановление благоприятной экологической обстановки в местах аварий и прорывов трубопроводов порой затягивается на многие годы. Особенно страдает природа от утечек нефти из магистральных нефтепроводов. А если эти утечки произошли вблизи водных ресурсов - это и вовсе может обернуться экологической катастрофой.

Согласно анализу, одной из главных причин возникновения аварий на магистральных трубопроводах (34,70%)-внешние воздействия в виде деформаций массива грунта, окружающего трубопровод и природных катаклизмов. Отдельной статьей рассматривается воздействие коррозии на уровень аварийности на трубопроводах.

В условиях эксплуатации коррозия металла происходит в основном из-за дефектов строительного происхождения (механические повреждения, дефекты кольцевого шва), дефектов заводского шва, нарушение правил эксплуатации, неисправности оборудования и других причин. Согласно статистики, ежегодно отмечают более 220 разрушений трубопроводов. В статье исследуются причины появления коррозии материала с трубопровода. Авторами исследуется коррозия возникающая от воздействия агрессивной внешней среды трубопровода, материала транспортировки и других химических причин воздействия. А также предлагаются варианты решения вопросов защиты трубопроводов. Довольно распространенным методом является химическая защита, которая основана на том, чтобы металл, из которого сделаны трубы, вступил в реакцию с вводимыми веществами и растворами, в результате чего образуется небольшая пленка, которая обеспечивает защиту. Так же в работе обоснована эффективность электрохимической защиты, которая основана на том, что, сдвигая потенциал металла пропусканием внешнего тока, можно изменять скорость его коррозии.

Благодаря проведенному анализу причин аварии и вариантов защиты трубопроводов, обоснована актуальность формирования системы защиты трубопроводов различного назначения через обеспечение устойчивости материала от воздействия агрессивной среды с целью защиты от коррозии. Данное решение позволит снизить экономические и экологические потери от аварий на трубопроводах в долгосрочном периоде. Принимая во внимание тот факт, что для РК вопросы обеспечения безопасности транспортировки различных материалов с учетом структуры производственного потенциала страны являются первоочередными, формирования системы контроля, мониторинга существующих трубопроводов и обеспечения надежности новых становится важной задачей, стоящей перед нашим государством.

Доктор физико-математических наук, профессор

Дюсембаев А.Е

В настоящее время, принимая во внимание уровень развития производства Республики Казахстан, можно с уверенностью утверждать, что проблемы трансферта через территорию государства, а также решение транспортировки различных ресурсов от мест добычи до предприятия переработки и транспортных узлов является наиболее актуальным. Немаловажную роль в решении данной проблемы представляют трубопроводы различного назначения.

Для различных трубопроводов рассчитываются следующие параметры: диаметр, который определяется расходом проходящего по трубе потока; толщина стенки, которая зависит от давления транспортируемой среды; марка стали, которая определяется коррозионной активностью вещества; толщина тепловой изоляции, уменьшающей потери теплоты в окружающую среду.

Согласно классического определения под трубопроводом понимают сооружение из труб, деталей трубопровода и арматуры, плотно соединенных между собой, предназначенных для транспортирования газообразных и жидких продуктов. В состав технологических трубопроводов входят: · прямые участки (линии); · фасонные детали (отводы, переходы, тройники, заглушки); · опоры и подвески; · крепежные детали (болты, шпильки, гайки, шайбы); · запорно-регулирующая арматура; · контрольно-измерительные приборы и средства автоматики; · тепловая и антикоррозионная изоляция. В зависимости от транспортируемой среды применяются названия: водопровод, паропровод, воздухопровод, маслопровод, газопровод, нефтепровод, продуктопровод и т.д. Для геометрической характеристики труб используют следующие размеры: условный внутренний диаметр (проход) D_u ; · наружный диаметр D_n ; · толщина стенки σ ; · длина l . Основной характеристикой любого трубопровода является диаметр, определяющий его проходное сечение. Величина проходного сечения определяет расход потока при его рабочих параметрах (давление, температура, скорость). [1]

Далее представлена информация в виде сравнительного анализа трубопроводов по отраслевым назначениям и роду транспортируемых веществ.

№	Название	Ср.Диаметр трубопровода	Материал трубопровода	Нормы прокладки	Назначении
1	Нефтепровод	I — при диаметре 1000—1200 мм; II — 500—1000 мм; III — 300—500 мм; IV — менее 300 мм.	Среднеуглеродистая или низколегированная сталь	магистральные трубопроводы следует прокладывать подземно. В качестве исключения при необходимости (переходы через естественные и искусственные препятствия) допускается прокладка трубопроводов по поверхности земли в насыпи или на опорах.	перекачка сырой нефти
2	Газопровод	более 300 мм.	полиэтилен, сталь	По утвержденным нормативам прокладка	для транспортиров

		Причем, если диаметр трубы не более 300 мм, то расстояние между ними надо выдержать 0,4 м.		наземных газовых коммуникаций располагается в 320мм от поверхности земли и не меньше, трубы должны находиться в местах, где нет пешеходных дорожек или стоянок автотранспорта.	ки природного и других видов газов
3	Водопровод	Большие – 508 мм и выше; Средние – от 114 до 530 мм; Малые – меньше 114 мм.	сталь, чугун	<p>основополагающим параметром, определяющим глубину заложения трубопровода, будет уровень промерзания почвы в наиболее холодное время года. Это значит, что даже при максимально сильных морозах температура жидкости в трубе не должна опускаться ниже 0 градусов. Иначе вода замерзнет, и естественным путем сможет оттаять только к весне. показатели глубины могут меняться в зависимости от разновидности состава почвы:</p> <p>-мягкая, рыхлая почва, в составе грунта преобладает песок – 1,6 м; -средняя рыхлость почвы, в составе присутствует гравий – 1,7 м;</p> <p>-глинистые, вязкие грунты – 1,3 м;</p> <p>-крупнозернистый, каменистый, твердый грунт – 1,9 м.</p>	Обеспечивает питьевой и технической водой жилые дома, промышленные и транспортные структуры. В зависимости от способа потребления, водопроводы бывают хозяйственно-питьевыми, противопожарными, производственными и поливными.
4	Воздухопровод	Диаметр воздухопровода и длина рассчитыва	В большинстве случаев воздухопроводы	Для начала стоит выполнить расчетные работы. Не стоит разбрасываться	создается на территории промпредприятий для

	ются согласно определенным правилам.	изготавливают из тонколистовой стали, реже из алюминия, винилпласта, стеклоткани, титана и других материалов.	прокладками для воздухопроводов: они обеспечат достаточно хорошую герметизацию. По американской системе подача воздуха производится снизу. Данный вариант хорош для систем кондиционирования, а не отопления.	обеспечения производства сжатым воздухом
--	--------------------------------------	---	---	--

Следует отметить, что с каждым годом аварийность на трубопроводах в стране возрастает. Происходящие аварии и утечки материала наносят стране как экономический, так и экологический ущерб. И если экономический ущерб восполнить можно за довольно короткое время, то восстановление благоприятной экологической обстановки в местах аварий и прорывов трубопроводов порой затягивается на многие годы. Особенно страдает природа от утечек нефти из магистральных нефтепроводов. А если эти утечки произошли вблизи водных ресурсов - это и вовсе может обернуться экологической катастрофой. Ниже предлагается процентное распределение количества аварии по различным причинам нарушения целостности трубопровода.

№	Название аварии на трубопроводах	Показатели причины возникновения аварий
1	Заводской брак труб	12,30%
2	Невысокое качество в процессе эксплуатации	4,70%
3	Действие коррозии	23,50%
4	Брак при строительстве	24,70%
5	Внешние воздействия	34,70%

Как видим одной из главных причин возникновения аварий на магистральных трубопроводах (34,70%)-внешние воздействия в виде деформаций массива грунта, окружающего трубопровод и природных катаклизмов.

Соответственно, достаточно актуальным исследованием будет определение воздействия коррозии, а это 23,50% от всех аварии. В условиях эксплуатации коррозия металла происходит в основном из-за дефектов строительного происхождения (механические повреждения, дефекты кольцевого шва), дефектов заводского шва, нарушение правил эксплуатации, неисправности оборудования и других причин. Согласно статистики, ежегодно отмечают более 220 разрушений трубопроводов. [1]

Коррозия может иметь различную причину. Мы будем исследовать химическую и электрохимическую коррозию металлов. Ниже в таблице представлено сравнительная информация.

Коррозия по механизму воздействия

Химическая коррозия	Электрохимическая коррозия
это процесс взаимодействия металла с коррозионной средой, при котором окисление металла и восстановление окислительного компонента среды протекают одновременно в одном акте. Продукты взаимодействия пространственно не разделены.	это процесс взаимодействия металла с коррозионной средой (раствором электролита), при котором ионизация атомов металла и восстановление окислительного компонента коррозионной среды протекают не в одном акте и их скорости зависят от электродного потенциала.

[1]

Коррозия по причине воздействие на трубопровод

№	Название	Определение	Причины возникновения
1	Газовая коррозия	это химическая коррозия металлов в газовой среде при минимальном содержании влаги (как правило не более 0,1%) или при высоких температурах. В химической и нефтехимической промышленности такой вид коррозии встречается часто. Например, при получении серной кислоты на стадии окисления диоксида серы, при синтезе аммиака, получении азотной кислоты и хлористого водорода, в процессах синтеза органических спиртов, крекинга нефти и т.д.	При повышенных температурах (выше 200 – 300 °С) и давлениях химическая активность газов сильно возрастает, и они начинают оказывать вредное влияние на металлы и сплавы.
2	Атмосферная коррозия	это коррозия металлов в атмосфере воздуха или любого влажного газа.	Скорость атмосферной коррозии зависит от некоторых факторов: природы металла, окружающей его атмосферы, влажности воздуха.
3	Подземная коррозия	это коррозия металлов в почвах и грунтах.	Именно из-за наличия в морской воде растворенных хлоридов (ионов-активаторов Cl ⁻) она обладает депассивирующим

			действием, по отношению к металлической поверхности (разрушает и предотвращает появление пассивных пленок на поверхности металла).
4	Контактная коррозия	это вид коррозии, вызванный контактом металлов, имеющих разные стационарные потенциалы в данном электролите.	возникает при соприкосновении двух металлов с различными потенциалами при наличии электролита. Она появляется также, когда электролит содержит ионы более благородного металла, которые разряжаются на поверхности менее благородного, образуя катодные зоны (ионы меди на железе, цинке или алюминии).
5	Коррозионная кавитация	разрушение металла, обусловленное одновременным коррозионным и ударным воздействием внешней среды.	Явление коррозионной кавитации (механическое воздействие оказывает сама коррозионная среда) также близко по характеру разрушений к механизму коррозионной усталости, хотя действие механических напряжений ограничено отдельными зонами. Этот вид разрушения приводит к образованию местных глубоких язвин, что, например, наблюдается у гребных винтов.

Таким образом, очевидна важность формирования системы защиты трубопроводов различного назначения через обеспечение устойчивости материала от воздействия агрессивной среды с целью защиты от коррозии. Например химическая защита основана на том, чтобы металл, из которого сделаны трубы, вступил в реакцию с вводимыми веществами и растворами. В результате образуется небольшая пленка, которая обеспечивает защиту. В настоящее время выделяют следующие виды защиты трубопроводов от коррозии:

Так же эффективна электрохимическая защита, которая основана на том, что, сдвигая потенциал металла пропуская ток, можно изменять скорость его коррозии. Однако для наиболее распространенного вида коррозии металлов с кислородной деполяризацией в условиях ограниченного доступа кислорода наложение внешнего катодного тока эффективно для предотвращения коррозии. Этот способ также эффективен при коррозии металлов, когда отсутствует поляризация анодных участков. [2]. Таким образом, снизить коррозионность трубопроводов можно воздействием на различные объекты:

№	Название	Определение	Методы защиты
1	Пассивный	Использование особых методов укладки магистрали, нанесение защитных покрытий	Покрытие металлов эмалями и лаками направлено на изоляцию металлов от окружающей среды: воздуха, воды, кислот и пр. Наносить защитные покрытия на металл можно различными способами. Оцинковку можно проводить в горячем цеху, «на холодную», газотермическим напылением. Окраску эмалями можно проводить распылением, валиком или кистью.
2	Активный	электрохимическая защита трубопроводов от коррозии	Применяется наложение постоянного электрического поля с помощью источника постоянного тока, напряжение выбирается с целью повышения электродного потенциала защищаемого металла. Другой метод — использование жертвенного анода, более активного материала, который будет разрушаться, предохраняя защищаемое изделие.
3	Уменьшение агрессивности среды.	Снижение агрессивности коррозионной среды достигается уменьшением в ней деполяризатора или введением в нее <u>замедлителей коррозии</u> .	Уменьшение деполяризатора, в частности кислорода, в <u>коррозионной среде</u> , например в воде, осуществляется <u>нагреванием воды (термическая деаэрация — удаление кислорода вместе с воздухом)</u> , продуванием <u>воды инертным газом (десорбция кислорода)</u> , введением в <u>воду восстановителей</u> , например сульфита натрия (<u>связывание кислорода</u>), пропусканием <u>воды через фильтры из стальных стружек (связывание кислорода)</u> . Обескислороженная тем или <u>иным путем</u> вода идет в <u>паровые котлы</u> различных паросиловых установок.

Рассмотрим причины применение различных видов антикоррозионного воздействия на материал трубопроводов:

Применение электрохимической защиты			нанесения защитных покрытий		
№	Название	Методы обработки	№	Название	Методы обработки
1	Катодная	Катодная поляризация металлоизделия достигается за счет контакта его с более электроотрицательным металлом. Последний в паре с защищенным металлом выступает в роли анода. Его электрохимическое растворение обеспечивает протекание катодного тока через защищаемый металл. Сам же анод (обычно это магний, цинк, алюминий и их сплавы) постепенно полностью разрушается. Этот вид защиты используют для сравнительно небольших конструкций или дополнительно покрытых изоляцией металлообъектов (например, трубопроводы) с низким потреблением тока. Указанная защита эффективна. С помощью одного магниевых анода защищают до 8 км трубопровода с покрытием, без него - всего 30 м. Протекторная защита широко распространена, например в США на производство протекторов ежегодно расходуется около 11,5 млн кг алюминия.	1	Полимерные	Полимерные делятся на лакокрасочные, порошковые и пленочные. Все большую долю занимают порошковые полимерные покрытия. Они наносятся различными способами в виде порошка на внутреннюю поверхность труб, разогретых до достаточно высокой температуры (около 300 градусов Цельсия) и спекаются на поверхности, образуя прочную, цельную пленку на поверхности металла.
2	Анодная	сдвиг потенциала коррозионной системы в положительную сторону до значения , так же как и	2	Силикатно-цементные	Силикатные материалы представлены особыми стеклоэмалями, а цементные — цементами

		<p>в случае наложения катодного тока, приводит к снижению скорости коррозии. Это потребует наложения внешнего анодного тока, часть которого пойдет на подавление катодной реакции до величины i'', а другая часть - на ускорение реакции ионизации металла при i''. Скорость растворения металла при этом потенциале равна i''. Хотя скорость коррозии и уменьшилась, однако общая скорость растворения металла возросла на величину i''. По этим причинам нельзя использовать наложение анодного тока для защиты от коррозии активно растворяющихся металлов.</p>			определенных марок.
3	Электродренажная	<p>К электрохимическим методам борьбы с коррозией можно отнести и защиту от разрушения конструкций блуждающими токами - электродренаж. Блуждающие токи возникают вследствие утечки из электрических цепей части тока в почву или водные растворы, где они попадают на металлические конструкции. В местах выхода тока из этих конструкций вновь в почву или воду возникает анодное растворение металла или, как принято обычно говорить, коррозия под действием блуждающих токов. Такие зоны разрушения</p>	3	Комбинированные	<p>это смеси полимерных материалов и того же цемента. Стоит отметить, что качественное антикоррозионное покрытие может состоять из нескольких слоев, включая так называемый грунт и внешние покрывные пленки.</p>

	металлов под действием блуждающих токов особенно часто наблюдаются в районах наземного электрического транспорта (трамвайные линии, железнодорожный транспорт на электрической тяге).			
--	---	--	--	--

[2]

У всех методов защиты трубопроводов имеется большое количество достоинств. Они заключаются в:

- увеличении уровня прочности труб,
- увеличении уровня устойчивости к влиянию агрессивной среды,
- продлении срока службы трубопроводов самых разных типов,
- увеличении твердости поверхности труб и внутри и снаружи. [2]

Благодаря перечисленным методам защиты удается обеспечить достаточный эксплуатационный срок всех трубопроводов. Данные виды защиты позволяют снижать экономические и экологические потери от аварий на трубопроводах в долгосрочном периоде. Принимая во внимание тот факт, что для РК вопросы обеспечения безопасности транспортировки различных материалов с учетом структуры производственного потенциала страны являются первоочередными, формирования системы контроля, мониторинга существующих трубопроводов и обеспечения надежности новых становится важной задачей, стоящей перед нашим государством.

Литературы:

1. «Технологические трубопроводы и трубопроводная арматура» Учебное пособие, В.В. Филиппов
2. «Электрохимическая защита трубопроводов» В.Н. Ткаченко.