

УДК 539.3; 624.014

Н.М. Якупов, д.т.н., проф., зав. лабораторией Института механики и машиностроения Казанского научного центра (ИММ КазНЦ) РАН, e-mail: yzsr@kfti.knc.ru; **И.М. Тамеев**, начальник технического отдела ООО «Газпром трансгаз Казань», e-mail: i-tameev@tattg.gazprom.ru; **С.Н. Якупов**, к.т.н., старший научный сотрудник ИММ КазНЦ РАН

ПОДХОДЫ К СНИЖЕНИЮ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА

Трубопроводные системы предназначены для выполнения своих функций в течение заданного срока. Хотелось бы иметь такие системы, у которых все узлы и элементы безотказно и качественно отработали бы заданный срок, после которого можно было бы их полностью заменить [1–6]. К сожалению, трубопроводные системы далеки от совершенства. По данным С.В. Алимova, за последние пять лет основными причинами аварий на трубопроводах являлись коррозия и стресс-коррозия (35,46%) [7]. Прогноз коррозионного состояния на ближайшую перспективу при сохранении существующих объемов ремонта показывает увеличение потенциально опасных дефектов к 2015 г. почти в два раза [7]. Несмотря на наличие электрохимической защиты, в процессе эксплуатации трубопроводных систем возникают коррозионные дефекты. По данным А.А. Филатова, Н.А. Калинина, И.И. Велиюлина и А.Д. Решетникова [8], основной постулат по защите подземных сооружений от коррозии, как правило, не срабатывает. Коррозионный износ приводит к утонению элементов конструкций. При этом происходит разрыхление материала, что приводит к образованию приповерхностных слоев с неоднородными механическими характеристиками [1, 9], т.е. к снижению характеристик жесткости на растяжение-сжатие и изгиб. Этот факт особенно ощутим для тонкостенных элементов конструкций. Локальные коррозионные дефекты вызывают концентрацию напряжений в этих областях и, как правило, имеют сложную геометрию [1]. Вопросы снижения уровня концентрации напряжений в области локальных дефектов путем использования специальных накладок рассмотрены в [1, 5, 10–14].

Ключевые слова: трубопровод, коррозионный износ, магнитное поле, напряженность магнитного поля, магнитопровод, устройство для предотвращения коррозии.

ИЗВЕСТНЫЕ ПОДХОДЫ К БОРЬБЕ С КОРРОЗИОННЫМ ИЗНОСОМ

Разработка методов и способов предотвращения коррозионного износа идет непрерывно. Существуют различные подходы [1, 15–17].

1. Методы предупреждения коррозионного разрушения конструкций:

- воздействие на металл. Здесь можно отметить следующие методы противокоррозионной защиты: легирование металла, обработку поверхности металла, нанесение

защитных покрытий, подбор коррозионностойких материалов, электрохимическую защиту;

- воздействие на среду. Здесь можно отметить такие методы, как применение ингибиторов, герметизация конструкций, создание искусственных сред;
- комбинированные методы защиты. Здесь можно перечислить: комплексное воздействие на агрессивную среду, комплексное воздействие на металл, комплексное воздействие на агрессивную среду и металл;

- экранирующие покрытия. Здесь можно отметить футеровку, защитные покрытия.

2. Способы предупреждения коррозионного разрушения конструкций:

- рациональное конструирование объектов и сооружений, бережная их эксплуатация. Здесь можно отметить: вывод отдельных узлов конструкций из агрессивной среды, исключение застойных зон агрессивных жидкостей; снижение уровня статических нагрузок на элементы конструкций, работающих в агрессивной среде; устране-

ние или максимальное снижение волновых нагрузок, возникающих в конструкциях, работающих в агрессивных средах; использование композитных материалов, в которых поверхностные слои выполняются из коррозионностойких материалов; недопущение образования зон в конструкциях, где скапливалась бы влага, грязь; недопущение ударных нагрузок при эксплуатации и проведении регламентных работ в конструкциях; недопущение образования трещин, царапин и т.д.;

- использование гасителей колебаний жидкости в трубопроводных системах. Установка стабилизаторов давления в трубопроводных системах для уменьшения колебаний, вызванных движущейся жидкостью, снижения уровня пульсации жидкости или газа в трубопроводах, емкостях;

- использование в емкостях и трубопроводных системах разрывных предохранительных мембран. Для предотвращения превышения нагрузок в емкостях выше заданного

используют разрывные предохранительные мембраны.

3. Пути предотвращения разрушения конструкций:

- установка опорных систем и др.

ПОДХОД К СНИЖЕНИЮ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА ВОЗДЕЙСТВИЕМ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Начаты работы по разработке принципиально новых устройств и способов защиты трубопроводов от коррозионного износа, в частности [18]. Среди аналогов [18] можно отметить устройства катодной защиты от коррозии внутренних поверхностей трубопроводной арматуры [19]. Подобные устройства имеют сложное конструктивное исполнение и не всегда эффективны, поскольку отдельные узлы изолированы друг от друга диэлектрическими прокладками.

Можно также отметить устройство для антикоррозионной обработки перекачиваемой по трубопроводу среды, содержащее корпус с размещенными в нем инверсором и маг-

нитным активатором и снабженные ионизатором, размещенным между инверсором и активатором, при этом активатор выполнен в виде группы последовательно и коаксиально размещенных в корпусе соленоидов и снабжен кабельным вводом [20]. Такие устройства предназначены лишь для обработки перекачиваемой жидкости, что влияет на процесс коррозии только косвенно. Среди аналогов [18] можно также назвать устройство для предотвращения коррозии и отложения парафина в колонне нефтяных труб. Устройство состоит из труб, муфт и/или переводников. Оно выполнено в виде постоянного магнита, при этом функцию магнитопровода выполняет переводник, а постоянный магнит изготовлен из магнитопласта и содержит пары частей, обращенных (расположенных) противоположными полюсами навстречу друг другу [21]. Используемая обойма имеет сложную форму. При этом она должна быть изготовлена из немагнитного металла, имеющего отличный от стали потенциал, что может до-

ЭКСПО-ВОЛГА
организатор выставок с 1986 г.

ОТКРЫТА
РЕГИСТРАЦИЯ
УЧАСТНИКОВ

IX МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



Нефтедобыча. Нефтепереработка. Химия.

ВСЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОТРАСЛИ

9-11 СЕНТЯБРЯ 2015
САМАРА

ул. Мичурина, 23а
тел.: (846) 207-11-38
www.expo-volga.ru

полнительно вызвать коррозионный процесс контактирующих металлов. В устройстве магнитные поля направлены в радиальном направлении и действуют только в локальной области, т.е. магниты практически не создают магнитное поле вдоль оси трубы. Эффективность устройства вызывает сомнения, поскольку ферромагнитные частицы будут притягиваться к соответствующим магнитам и дополнительно создавать условия для очагов коррозии и дополнительного отложения парафина.

На процесс коррозии как электрохимическое явление, очевидно, должно влиять магнитное поле. В работах [22–23] описан эффект влияния магнитного поля на процесс коррозионного износа: наличие магнитного поля снижает коррозию. В попытках использовать этот эффект было предложено устройство [18].

В устройстве имеются узел для создания магнитного поля и магнитопроводы. В частности, узел для создания магнитного поля представляет собой электромагнит и выполнен в виде по меньшей мере одного соленоида, а магнитопровод представляет собой замкнутый сердечник, частью которого является защищаемый объект. В случае, когда защищаемый объект является набором протяженных нитей (например, нити трубопроводов), изготовленных из ферромагнитного материала, соленоиды установлены на участке одной из нитей, а сердечник сформирован путем соединения по крайней мере с одной из рядом расположенных нитей посредством перемычек из ферромагнитного материала. При потребности обеспечения необходимой напряженности магнитного поля узел для создания магнитного

поля сформирован из последовательно расположенных соленоидов с индивидуальными замкнутыми сердечниками, полюса которых ориентированы так, чтобы магнитные поля от смежных соленоидов не гасили друг друга.

Магнитное поле, возникающее в защищаемом участке объекта, уменьшает коррозионную активность материала объекта. Создавая локальные магнитные поля, можно добиться рационального ориентирования магнитного поля на всем протяжении защищаемого объекта и повысить эффективность защиты от коррозии. Устройство имеет простую принципиальную схему и малые габариты. В частности, данная разработка особенно важна для поддержания в работоспособном состоянии действующих трубопроводов разных диаметров и форм сечений.

Литература:

1. Якупов Н.М. Механика: проблема – идея – практика. Казань: КГУ, 2010. 161 с.
2. Кантюков Р.А., Тамеев И.М., Якупов Н.М., Абдюшев А.А., Якупов С.Н. Локальные «лечащие» накладки-покрытия // Коррозия «Территории «НЕФТЕГАЗ». 2011. № 1 (18). С. 68–71.
3. Якупов Н.М. Механика: проблема – идея – практика // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2010. № 3. С. 24–37.
4. Кантюков Р.А., Якупов Н.М., Тамеев И.М., Якупов С.Н., Кантюков Р.Р. О проблемах повышения безопасности и надежности, возникающих при эксплуатации трубопроводов, о моделях коррозионного износа // Газовая промышленность. 2012. № 9. С. 14–18.
5. Якупов Н.М., Абдюшев А.А., Якупов С.Н. Подходы решения проблем безопасности конструкций // Вестник Нижегородского университета им. Лобачевского. 2011. № 4. Ч. 4. С. 1894–1896.
6. Кантюков Р.А., Якупов Н.М., Тамеев И.М., Якупов С.Н., Кантюков Р.Р. Проблемы безопасности трубопроводов // Газовая промышленность. 2013. Приложение. С. 11–15.
7. Алимов С.В. Техническое обслуживание и капитальный ремонт газопроводов – основа обеспечения надежности газотранспортной системы ОАО «Газпром» // Обслуживание и ремонт газонефтепроводов 2010: Материалы V Международной конференции. М.: ООО «Газпром экспо», 2011. С. 3–13.
8. Филатов А.А., Калинин Н.А., Велиюлин И.И., Решетников А.Д. Повышение эффективности капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов // Обслуживание и ремонт газонефтепроводов 2010: Материалы V Международной конференции. М.: ООО «Газпром экспо», 2011. С. 53–62.
9. Якупов Н.М., Велиюлин И.И. Результаты исследования коррозионного износа. Пути их использования для оценки технического состояния и ремонта трубопроводов // Обслуживание и ремонт газонефтепроводов 2010: Материалы V Международной конференции. М.: ООО «Газпром экспо», 2011. С. 413–418.
10. Якупов Н.М., Якупов С.Н. и др. Способ ремонта трещин в тонкостенных оболочечных конструкциях. Патент на изобретение № 2310791. Бюл. № 32. Опубл. 20.11.2007.
11. Якупов Н.М., Нуруллин Р.Г. и др. Крепежный элемент «ЯМСИ». Патент на изобретение РФ № 2380585. Бюл. № 3. Опубл. 27.01.2010.
12. Кантюков Р.А., Якупов Н.М., Тамеев И.М., Нуруллин Р.Г., Якупов С.Н. Способ задержки развития дефектов в конструкциях и устройство «КЫСЫЧ» для его осуществления. Патент на изобретение РФ № 2500512. Бюл. № 34. Опубл. 10.12.2013.
13. Кантюков Р.А., Якупов Н.М., Тамеев И.М., Нуруллин Р.Г., Якупов С.Н. Способ задержки развития дефектов в конструкциях и устройство «ТОКМАЧ» для его осуществления. Патент на изобретение РФ № 2519386. Бюл. № 16. Опубл. 10.06.2014.
14. Кантюков Р.А., Якупов Н.М., Тамеев И.М., Якупов С.Н., Абдюшев А.А., Кантюков Р.Р. Устройства для ремонта локальных дефектов // Газовая промышленность. 2015. № 2. С. 60–62.
15. Сидоренко С.Н., Якупов Н.М. Коррозия – союзник аварий и катастроф. М.: Изд-во РУДН, 2002. 93 с.
16. Якупов Н.М. Лаборатория нелинейной механики оболочек: история и разработки последних лет. Казань: ИММ КазНЦ РАН, 2006. 98 с.
17. Низамов Х.Н., Сидоренко С.Н., Якупов Н.М. Прогнозирование и предупреждение коррозионного разрушения конструкций. М.: Изд-во РУДН, 2006. 355 с.
18. Устройство для предотвращения коррозии. Заявка № 2013133259/20(049685) с приоритетом от 16.07.2013 г.
19. Патент на изобретение № 2260072.
20. Патент на изобретение № 2175737.
21. Патент на изобретение № 2417303.
22. Якупов Н.М., Гиниятуллин Р.Р., Якупов С.Н. Влияние магнитного поля на коррозионный износ // Доклады АН. 2012. Т. 443. № 2. С. 173–175.
23. Yakupov N.M., Giniyatullin R.R., Yakupov S.N. Effect of a Magnetic Field on Corrosive Wear. Doklady Physics, 2012, Vol. 57, No. 3, pp. 104–106.