

подачи электродной проволоки. Приближаясь к вертикальному положению, тангенциальная составляющая результирующей силы будет увеличиваться, следовательно, скорость перемещения жидкого металла сварочной ванны из хвостовой части в головную возрастет. Пропорционально увеличится и скорость изменения дугового напряжения, при этом система с опережением включит ток импульса, для предотвращения вытекания металла сварочной ванны. При этом система импульсного питания уменьшит длительность импульсов, и автоматически увеличит частоту следования импульсов таким образом, чтобы средний ток оставался неизменным.

**Выводы:** введение обратной связи по скорости изменения напряжения обеспечивает динамическую стабилизацию сварочной ванны во всех пространственных положениях; полученные результаты позволят адаптировать процесс сварки с импульсным питанием дуги, к непрерывному изменению пространственного положения сварочной ванны при сварке неповоротных стыков магистральных трубопроводов.

#### Литература

1. А.С. № 521089. Способ импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом. А.И. Зайцев, А.Ф. Князьков, Р.И. Дедюх, Е.В. Щепкин, С.С. Митрошин. Опубликовано в бюл.№ 22.03.1976.
2. А.С. № 522014. Способ импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом. А.И. Зайцев, А.Ф. Князьков, Р.И. Дедюх, Б.Г. Долгун, Е.В. Щепкин, А.С. Максимов. Опубликовано в бюл.№ 23.03.1976 г.
3. Патент Российской Федерации 2120843. Способ электродуговой сварки. Князьков А.Ф., Петриков А.В., Крампит Н.Ю., Опубликовано в бюл. № 30, 27.10.98; Патент РФ №2185941 Бюл. №21 от 27.07.2002].

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ НЕПРЕРЫВНОГО ДОЗИРОВАНИЯ ИНГИБИТОРА С ПЕРИОДИЧЕСКИМ КРАТКОВРЕМЕННЫМ УВЕЛИЧЕНИЕМ КОНЦЕНТРАЦИИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ НА НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДАХ

С. А. Проценко

Научный руководитель, доцент А. Г. Зарубин

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Значительная часть трубопроводных систем на современном этапе развития вступает в период интенсификации потока отказов, так как исчерпала установленный ресурс. При этом, основной причиной высокой аварийности технологических трубопроводных систем являются коррозионные повреждения. Проблема усугубляется тем, что по условиям эксплуатации трубопровод, как правило, воспринимает одновременное воздействие механических нагрузок (деформаций), износа и коррозионно-активных сред. Такое совместное воздействие может вызвать ускоренное коррозионно-механическое разрушение трубопроводов в виде общей механохимической коррозии, коррозионного растрескивания, коррозионной усталости и др. [1].

Для защиты нефтепромысловых и технологических трубопроводных систем в нефтегазовой отрасли применяются методы, препятствующие внутренней коррозии, базирующиеся на использовании поверхностно-активных веществ и ингибиторов коррозии.

В системах нефтесбора и поддержания пластового давления используются следующие типовые технологии применения ингибиторов [4]:

1. Постоянная дозированная подача реагента.
2. Постоянная дозированная подача реагента с периодическим кратковременным увеличением концентрации (ударная доза).
3. Периодическая обработка ингибитором или его раствором.
4. Периодическая обработка «пробкой» ингибитора между разделителями.
5. Закачка через затрубное пространство.

Методы выбираются таким образом, чтобы:

1. Обеспечить формирование и поддержание целостности защитной «пленки» на всей поверхности металла защищаемых трубопроводов.
2. Комбинация методов соответствовала минимуму затрат на ингибирование.

Наиболее эффективной и распространенной является технология непрерывного дозирования с периодическим кратковременным увеличением концентрации (ударная доза). При защите этим методом транспортируемая среда используется в качестве «носителя» ингибитора. Защитные свойства (способность снижать скорость коррозии) ингибиторов при их непрерывном дозировании в поток напрямую зависят от их «транспортных» свойств, отвечающих за доставку активной основы ингибитора к защищаемой поверхности металла из объема транспортируемой продукции. Подача ингибитора в поток продукции осуществляется при помощи стационарных дозирочных установок и узлов ввода. Ударная доза ингибитора вводится в систему для быстрого формирования защитной пленки на поверхности металла в начальный период применения ингибитора или после перерывов в его применении. Концентрация ингибитора в этот период в 6 раз превышает постоянную дозировку. Продолжительность ввода ударной дозы может составлять от 12 до 24 часов [4].

Данный метод имеет ряд преимуществ:

1. Возможность гибкого реагирования на изменение технологических характеристик трубопроводов и коррозионной ситуации за счет своевременного изменения дозировки ингибитора.
2. Относительная простота мониторинга эффективности ингибирования.

Главным недостатком данного метода являются затраты на дозирочные установки, их обслуживание и эксплуатацию. Следствием этого является постоянная схема ингибирования, не позволяющая гибко реагировать на изменение коррозионной ситуации сменой точки ввода ингибитора.

Основным параметром, который задается при технологии постоянного дозирования, является дозировка ингибитора. Требуемая рабочая дозировка предварительно определяется по результатам опытно-промышленных испытаний. Окончательно, для конкретного объекта, дозировка определяется в начальном периоде применения ингибитора. В последующем, по результатам мониторинга эффективности ингибирования, происходит постоянная коррекция рабочей дозировки.

Дозировочный насос должен развивать давление, превышающее максимальное давление в системе в точке ввода ингибитора. Производительность насоса для закачки ингибитора в состоянии поставки в защищаемую систему определяется по формуле [5]:

$$q = \frac{Q \cdot C}{24000 \cdot \rho},$$

где  $Q$  – суточный расход жидкости в защищаемой системе, м<sup>3</sup>/сут;

$C$  – рекомендуемая концентрация ингибитора в системе, г/м<sup>3</sup>;

$\rho$  – плотность ингибитора, г/см<sup>3</sup>;

24000 – переводной коэффициент.

Подача ингибитора в защищаемую систему начинается с ударной дозы с целью оперативного формирования сплошной защитной пленки на поверхности защищаемого оборудования. После ударной дозы переходят к закачке ингибитора с рабочей дозировкой, обеспечивающей его оптимальную концентрацию в попутно-добываемой воде.

Оптимальная концентрация – это минимальная концентрация ингибитора, при которой в конечной точке контроля обеспечивается степень защиты не менее 90 %. Для определения оптимальной концентрации проводят несколько серий испытаний, при которых концентрацию ингибитора изменяют от 50 до 20 г/м<sup>3</sup> и определяют соответствующее значение степени защиты.

Для дозированной подачи ингибиторов в агрессивные среды применяются блочные дозирочные установки, а также дозирочные насосные агрегаты, имеющие подачу и напор, соответствующие условиям применения реагентов в данной системе сбора обводненной продукции. Допускается изготовление дозирочного узла собственными силами организации, применяющей ингибитор. При этом должны соблюдаться следующие требования:

1. Рабочая емкость должна быть оборудована дыхательным клапаном, указателем уровня, механическими средствами для перемешивания ингибитора.

2. Установка должна быть снабжена отдельным насосом для откачки ингибитора из бочек в рабочую емкость.

3. Электродвигатели, светильники и электропроводка установки должны быть выполнены в взрывозащищенном исполнении, согласно требований, для взрывоопасных зон класса В-1а.

Блоки дозирования химических реагентов представлены на рисунке. Все оборудование установок размещено в теплоизолированной будке, смонтированной на сварной раме-санях. Будка разделена герметичной перегородкой на два отсека (технологический и приборный). В технологическом отсеке размещены технологическая емкость, трубчатый электронагреватель, шестеренный и дозирочный насосы, а также средства контроля и управления. Путем подачи в смеситель в определенных соотношениях воды и концентрированного реагента на установке при необходимости можно приготовить и дозировать водный раствор реагентов. Технологическая характеристика блоков дозирования химических реагентов приведены в таблице [2].

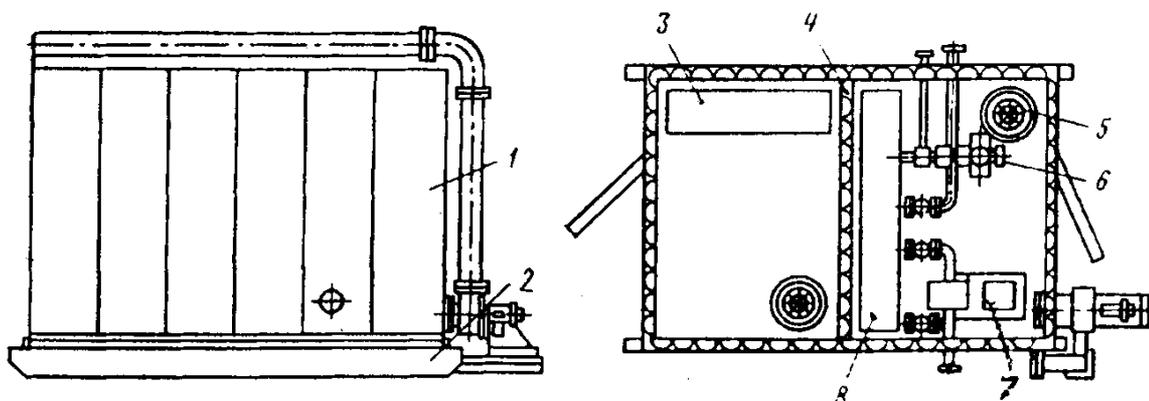


Рис. Блоки дозирования химических реагентов: 1 – теплоизолированная будка; 2 – сварная рама-сани; 3 – средства контроля и управления; 4 – герметичная перегородка; 5 – трубчатый электронагреватель; 6 – дозирочный насос; 7 – шестеренный насос; 8 – технологическая емкость

Таблица

## Технологическая характеристика блоков дозирования химических реагентов

Показатели	Блок дозирования химических реагентов		
	БР-2,5	БР-10	БР-25
Размер дозы, г/т	от 10 до 50	от 10 до 50	от 10 до 50
Вязкость дозируемой среды, МПа·с	до 1000	до 850	до 850
Подача дозирующего насоса, л/ч	2,5	10	25
Рекомендуемое давление нагнетания, МПа	10	10	4
Температура дозируемого реагента, °С	от 50 до 60	от 20 до 60	от 20 до 60
Температура окружающей среды, °С	от минус 40 до 50	от минус 40 до 50	от минус 40 до 50
Объем технологической емкости реагента, м <sup>3</sup> , не более	1,3	4	4
Габаритные размеры, мм	3360×2300× ×2725×300	3770×2250×3090	3770×2400× ×2680×4500
Масса, кг	3000	3090	4500
Количество перемешиваний в сутки	4		
Максимальная потребляемая электрическая мощность, кВт	9,2		
Предельный уровень реагента в емкости верхний нижний	1500 250		
Уровень взрывозащиты цепей датчиков во взрывоопасных средах	1 ExdIIС, ПА		

Установки дозирования химических реагентов выполняют следующие функции:

1. Прием концентрированного химического реагента из передвижной заправочной емкости в бак при помощи внешнего насоса.
2. Прием концентрированного химического реагента из передвижной заправочной емкости в бак с использованием собственного насоса.
3. Опорожнение емкостей собственным насосом.
4. Дозированную подачу химического реагента.

Система контроля и автоматизации предусматривает возможность ручного управления насосами-дозаторами, вентилятором, шестерным насосом, электрическими обогревателями и освещением. В автоматическом режиме осуществляется отключение насосов в случае повышения давления, а также управление температурой электрообогревателя, установленного в блоке. Кроме того, система контроля обеспечивает защиту электроприемников от перегрузок и короткого замыкания. Все параметры отображаются на пульте диспетчера.

Для контроля эффективности технологии применения ингибиторов коррозии, используются:

3. Узлы контроля коррозии типа «CORMON» или аналогичные, предназначенные для определения скорости коррозии методом измерения электрического сопротивления корродирующего проводника.
4. Узлы контроля коррозии типа «Трубокор» либо «Монитор», предназначенные для определения скорости коррозии как электрохимическим, так и гравиметрическим методами. Электрохимический метод, основанный на измерении линейного поляризационного сопротивления, находит в системе нефтесбора ограниченное применение, так как надежно работает лишь при обводненности выше 95 %.

**Заключение.** На нефтепромыслах наиболее целесообразным является применение технологии непрерывного дозирования ингибиторов коррозии. Применение других технологий должно быть обосновано технологической невозможностью или экономической нецелесообразностью применения технологии непрерывного дозирования. Технологии периодической обработки имеют сложность контроля эффективности метода. Использование высококонцентрированных растворов ингибиторов при применении технологии периодической обработки, может вызывать осложнения в виде образования стойких эмульсий, снижение пропускной способности трубопровода и ухудшения качества подготовки нефти. Технологии непрерывного дозирования сочетают в себе возможность гибкого реагирования на изменение технологических характеристик трубопроводов и коррозионной ситуации за счет своевременного изменения дозировки ингибитора и относительную простоту мониторинга эффективности ингибирования, что делает их наиболее целесообразным и эффективным решением для защиты промысловых трубопроводов.

## Литература

1. Бекбаулиева А.А. Совершенствование методов и технических средств защиты промысловых трубопроводов от внутренней коррозии: Автореферат. Дис. ... канд. техн. наук. – Уфа, 2010г. – 24 с.
2. Ишмурзин А.А., Храмов Р.А. Процессы и оборудование системы сбора и подготовки нефти, газа и воды: учебное пособие. – Уфа: УГНТУ, 2003. -145 с.
3. Колотыркин Я.М. Металл и коррозия. – М.: Металлургия, 1987. – 88 с.
4. М-01.04.04-02 Методические указания по организации и исполнению ингибирования коррозии промысловых трубопроводов.
5. РД 39–0147323–339–89–Р. Инструкция по проектированию и эксплуатации антикоррозионной защиты трубопроводов систем нефтегазосбора на месторождениях Западной Сибири.