

УДК 622.694

Н.Д. Войтех, к.т.н., ведущий инженер, ОАО «НИПИГазпереработка»; Ю.А. Журавлев, ведущий инженер, ОАО «НИПИГазпереработка»; Д.А. Батулин, ведущий инженер, ОАО «НИПИГазпереработка»

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ НА СКОРОСТЬ УГЛЕКИСЛОТНОЙ КОРРОЗИИ

На скорость коррозии углеродистых и низколегированных сталей влияют концентрация диоксида углерода в воде, давление и температура процесса. При оценке влияния скорости потока на скорость коррозии показана необходимость учета специфики рабочих сред, в частности углекислотной коррозии. Проанализированы количественные показатели изменения скорости коррозии в зависимости от скорости движения рабочей среды в трубопроводе. Для повышения надежности эксплуатации трубопроводов рекомендовано проводить определение скорости коррозии в коррозионной ячейке параллельно двумя методами – гравиметрическим (по изменению массы металлических образцов) и, например, электрохимическим (методом линейного поляризационного сопротивления LPR).

**Ключевые слова:** углекислотная коррозия, трубопровод, коррозионная ячейка, гравиметрический метод, электрохимический метод.

Диоксид углерода является естественным реликтовым компонентом добываемых углеводородных флюидов (газа, конденсата, нефти). Кроме того, вместе с углеводородами добывается вода в свободном виде или в виде паровой фазы. Паровая фаза воды в процессе переработки неосушенных углеводородов конденсируется до капельной влаги. Таким образом, диоксид углерода и свободная влага сопутствуют друг другу на протяжении процессов добычи, транспорта и переработки углеводородов. Растворяясь в воде, углекислый газ образует угольную кислоту, являющуюся сильным коррозионным агентом, подвергая коррозионному разрушению внутреннюю поверхность оборудования и трубопроводов систем добычи, транспорта и переработки углеводородов.

На скорость коррозии углеродистых и низколегированных сталей влияют концентрация диоксида углерода в воде, давление и тем-

пература процесса. Кроме того, многочисленные данные свидетельствуют о влиянии на скорость коррозии скорости потока жидкостей, содержащих свободную водную фазу с диоксидом углерода.

Наиболее известными являются два метода оценки влияния скорости потока на скорость коррозии – это метод в соответствии со стандартом ANSI/API RP14E-91 (США) [1] и метод фирмы Travis Chemicals Incorporated

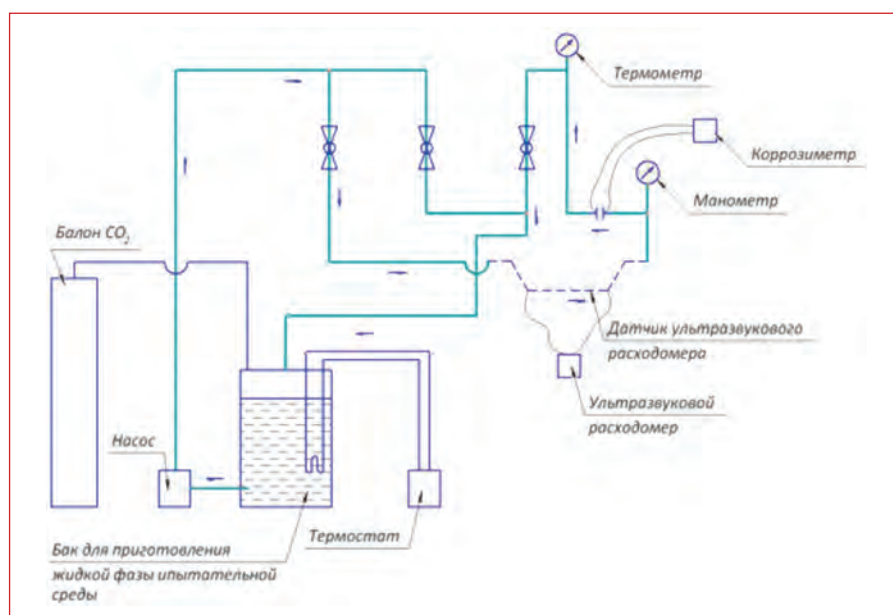


Рис. 1. Схема экспериментального стенда

(Канада) [2]. Оба метода основаны на том, что увеличение скорости коррозии при изменении скорости движения жидкости происходит в релейном режиме. До некоторой величины скорости потока (назовем ее критической) скорость коррозии не увеличивается по сравнению со статическими условиями, а при превышении этой критической скорости коррозионный износ резко возрастает за счет возникновения коррозионно-эрозионного разрушения (КЭР). Таким образом, в этих двух методах принято, что существуют две составляющие коррозионного процесса – электрохимическая коррозия и коррозионно-эрозионное разрушение (КЭР). Приведенные методы не учитывают специфику рабочих сред, в частности специфику углекислотной коррозии, и дают только значение критической скорости движения рабочей среды, не определяя количественные изменения скорости коррозии.

В связи с этим была поставлена задача по определению общего характера влияния скорости потока на скорость углекислотной коррозии и определение количественных показателей изменения скорости коррозии в зависимости от скорости движения рабочей среды в трубопроводе. Исследования проводились на стенде, схема которого приведена на рисунке 1. Поток рабочей жидкости (вода с растворенным в ней углекислым газом) прокачивался через коррозионную ячейку, с помощью которой определялась величина скорости коррозии (схема коррозионной ячейки приведена на рисунке 2). Ячейка состояла из двух цилиндрических электродов 1, изготовленных из ст. 20, диэлектрических разделителей 2, электрических контактов 3, крепежных фланцев 4. Через контакты 3 электроды 1 были соединены с коррозиметром типа LPR 5. Таким

образом, определение скорости коррозии в коррозионной ячейке проводилось параллельно двумя методами – гравиметрическим (по изменению массы металлических образцов) и электрохимическим (методом линейного поляризационного сопротивления LPR). Разница между этими двумя методами измерения скорости коррозии заключается в следующем: гравиметрический метод определяет сумму электрохимической и механической коррозии (КЭР), а метод LPR оценивает только электрохимическую составляющую. Особенностью использованной коррозионной ячейки является применение кольцевых электродов, представляющих собой фрагменты трубопровода, которые не искажают гидродинамики потока. Стандартные штыверные датчики, вводимые в трубопровод, вызывают возмущения в потоке жидкости в виде дополнительной турбуликации, что, в свою очередь, приво-



## Московские нефтегазовые конференции

Ежегодные встречи нефтяников и газовиков в отеле InterContinental Moscow Tverskaya



### 10 сентября 2015 НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКА Модернизация производств для переработки нефти и газа

Увеличение глубины переработки сырья и введение новых экологических стандартов требуют реконструкции действующих мощностей. На конференции обсуждается практика работы с инжиниринговыми компаниями, а также модели управления инвестиционными проектами



### 14 октября 2015 НЕФТЕГАЗСЕРВИС Нефтегазовый сервис в России

Традиционная площадка для встреч руководителей геофизических, буровых предприятий, а также компаний, занятых ремонтом скважин. Подрядчики в неформальной обстановке обсуждают актуальные вопросы со своими заказчиками – нефтегазовыми компаниями

Телефоны: (495) 514-44-68, 514-58-56; info@n-g-k.ru; www.n-g-k.ru

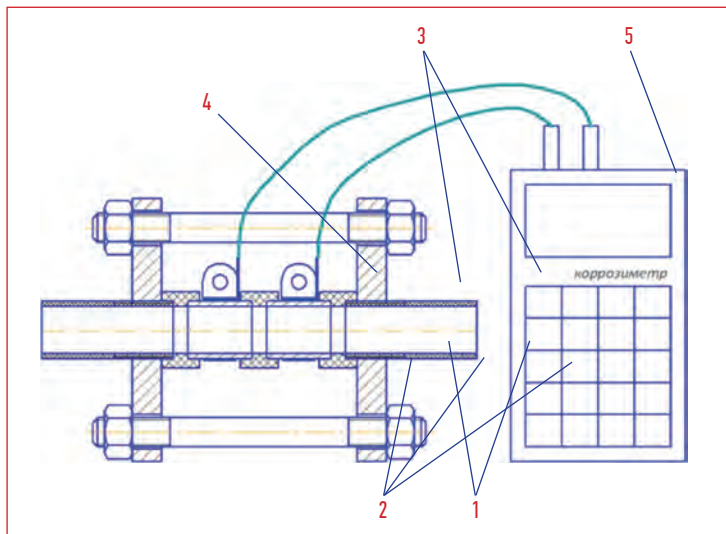


Рис. 2. Схема ячейки для оценки коррозионного износа

дит к искажениям в коррозионных процессах, особенно при высоких скоростях потока.

При проведении экспериментов прокачка рабочей жидкости через коррозионную ячейку осуществлялась насосом из коррозионно-стойкой стали, скорость потока измерялась ультразвуковым расходомером и регулировалась байпасным трубопроводом. Температура поддерживалась в автоматическом режиме термостатом. Поток испытательной жидкости при движении омывал внутреннюю поверхность электродов 1. Кроме того что электроды 1 служили для измерения скорости коррозии методом LPR, они использовались и как гравиметрические образцы-свидетели. Скорость коррозии в этом случае определялась по разнице масс электродов до и после проведения каждого эксперимента по формуле:

$$V_k = \frac{1,12 \Delta m \cdot 10000}{\tau S},$$

где  $V_k$  – скорость коррозии, мм/год;  $\Delta m$  – изменение массы, г;  $\tau$  – время эксперимента, час;  $S$  – рабочая площадь образцов-свидетелей, см<sup>2</sup>.

### ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОВОДИЛИСЬ ПРИ СЛЕДУЮЩИХ ПАРАМЕТРАХ:

- температура эксперимента – 40 °С;
- давление насыщения углекислым газом – 1 атм.;
- рабочая среда – вода, содержащая 2 г/л NaCl;
- рабочая площадь образцов-свидетелей – 11 см<sup>2</sup>;
- время эксперимента – от 8 до 24 ч.

Результаты проведенных экспериментов в виде графиков зависимости скорости коррозии углеродистой стали от скорости потока жидкости представлены на рисунке 3. Каждая точка на графике – это осредненный результат 3–5 опытов. При отсутствии движения жидкости суммарная скорость коррозии совпадает с электрохимической. С увеличением скорости движения жидкости коррозионные процессы монотонно возрастают. При этом электрохимическая составляющая увеличивается с меньшей интенсивностью, чем суммарная составляющая скорости коррозии, и основной прирост скорости коррозии приходится на КЭР, величину которого метод LPR не определяет.

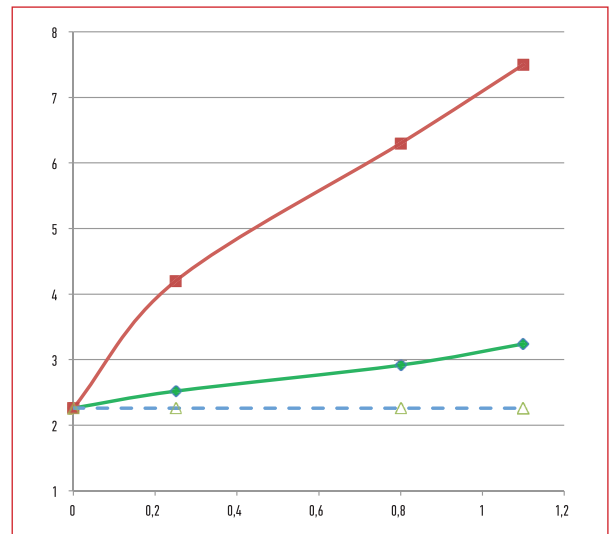


Рис. 3. Зависимость скорости коррозии от скорости движения жидкости

Представляется, что качественная картина влияния скорости потока жидкости на скорость углекислотной коррозии сохранится и при других концентрациях углекислого газа и температурах, хотя количественные значения будут отличаться.

### ВЫВОДЫ

1. Зависимость скорости углекислотной коррозии от скорости потока рабочей жидкости отличается от зависимостей, принятых в стандарте ANSI/API RP14E-91 и методе Travis Chemicals Incorporated.
2. При оценке скорости коррозии внутренней поверхности трубопроводов, подверженных углекислотной коррозии, необходимо учитывать составляющую КЭР во всех диапазонах скоростей потоков, а не только с критической величины.
3. Для повышения надежности эксплуатации трубопроводов и получения достоверных данных по их коррозионному состоянию, по крайней мере для углекислотной коррозии, необходимо проводить замеры скорости коррозии гравиметрическим или эквивалентными ему методами.

### Литература:

1. ANSI/API RP14-91. Recommended Practice for design and installation of offshore production platform piping systems.
2. Vermerch F. Travis Chemicals Incorporated, Canada. Problems and Techniques in Producing Gas Wells in Sout-West Franct. Journal of the Institute of Petroleum, 1968, Vol. 54, No. 37, pp. 251-258.