

компонент существуют экстремумы, как в плоскостях изобар, так и в плоскостях изотерм. А также выяснили, что изменение термобарических условий сепарации существующего сепаратора из [5], гипотетически, привело бы к уменьшению концентрации углеводородов  $C_{4+}$  выше в выходящем газе до 48,41 %. Исследование показывает о существенной роли в процессах сепарации механизмов диффузии, обусловленных как прямыми (концентрационная и тепловая диффузия), так и скрещивающимися (термодиффузия, диффузионная теплопроводность и динодиффузия) эффектами [4]. Они неразрывно существуют в многокомпонентных неизотермических системах. Поэтому в прикладных расчетах компонентного состава в указанном диапазоне изменений термобарических условий рекомендуется учитывать весь спектр мелкомасштабных взаимодействий между компонентами смеси.

#### Литература

1. Акберов Р.Р. Особенности расчета фазового равновесия пар-жидкость многокомпонентных систем при использовании уравнения Соав-Редлиха-Квонга // Теорет. основы хим. технологии, 2009. – Т. 45. – № 3. – С. 329 – 335.
2. Базис HYSYS. – AspenTech, Версия 2006. – 311 с.
3. Брусиловский А.И. Фазовые превращения при разработке месторождений нефти и газа. – М.:Грааль, 2002. – 572 с.
4. Де Гроот С., Мазур П. Неравновесная термодинамика. – М.:Мир, 1964. – 429 с.
5. Леонтьев С.А., Марченко А.Н., Фоминых О.В. Обоснование рациональных технологических параметров подготовки скважинной продукции Вынгапуровского месторождения // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2012. – №3. – С. 211 – 221.
6. Фаловский В.И., Хорошев А.С., Шахов В.Г. Современный подход к моделированию фазовых превращений углеводородных систем с помощью уравнения состояния Пенга-Робинсона // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2011. – Т. 13. – № 3. – С. 120 – 125.
7. Kylling O.W. Optimizing separator pressure in a multistage crude oil production plan: thesis Master of Science in Engineering Cybernetics. – Norwegian University of Science and Technology, 2009. – 76 p.
8. Peng D.Y., Robinson D.B. A new two-constant equation of state // Ind. Eng. Chem. Fundam., 1976. – V. 15. – P. 59 – 64

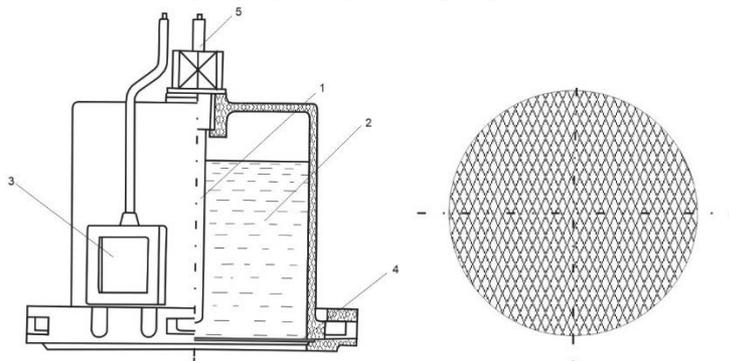
### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОДА СРАВНЕНИЯ ЭНЕС – 1

М. Н. Павлов

Научный руководитель, доцент В. Г. Крец

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Томская область*

Для мониторинга скорости коррозионных процессов на подземных сооружениях применяют различные средства контроля коррозионного состояния и защищенности (электроизмерительные и коррозионно – измерительные приборы, полевые электроисследовательские лаборатории электрохимической защиты, контрольно – измерительные пункты, переносные и стационарные неполяризующиеся медно – сульфатные электроды сравнения, инструменты и приспособления). Но эти устройства имеют свои недостатки: недолговечность деталей, потеря проводящих способностей вследствие влияния на них окружающей среды. Именно поэтому совершенствование методов контроля и средств защиты подземных металлических сооружений от коррозии является важнейшей задачей нефтегазотранспортных предприятий.

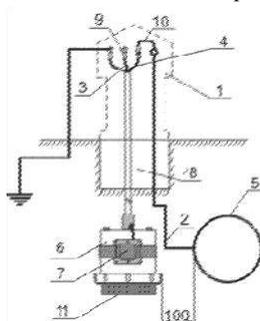


**Рис. 1. Долгодействующий медносульфатный неполяризующийся электрод сравнения ЭНЕС-1: 1 – медный стержень; 2 – раствор медного купороса; 3 – вспомогательный электрод; 4 – ионообменная мембрана; 5 – провод от электрода**

В настоящее время для измерения разности потенциалов между поверхностью газопровода и ближайшим к его поверхности слоям грунта (разность потенциалов «труба – земля»), используют стационарный медно-сульфатный электрод типа ЭНЕС-1 (рис.1).

Электроды сравнения ЭНЕС-1 – это один из надежных и безопасных переносных элементов электрохимической системы контроля и защиты подземных металлических сооружений от коррозии, потому как

выполнен из неполяризующегося материала и имеет постоянный потенциал, независимый от величины тока. Он состоит из пластмассового корпуса, в верхнюю часть которого ввинчена пробка со стержнем из красной меди марки М0 или М1. Дно электрода закрыто ионообменной мембраной на полимерной основе и пористой керамической диафрагмой. Полость электрода заполнена насыщенным раствором медного купороса [4].



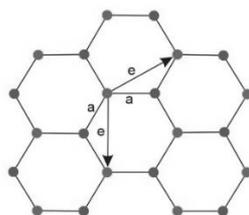
**Рис. 2. Схема установки электрода в почву. 1 – контрольно-измерительный пункт; 2 – проводник от трубопровода; 3 – проводник от электрода; 4 – проводник от датчика потенциала; 5 – трубопровод; 6 – корпус электрода; 7 – датчик потенциала; 8 – ковер; 9 – разъем; 10 – провод контактный; 11 – губка (пропитанная раствором сернистой меди)**

Для улучшения контакта с грунтом к нижней части электрода прикрепляют резиновую губку, тщательно пропитанную раствором химически чистой сернистой меди (рис. 2). Таким образом, повышается стабильность работы электрода. А также перед установкой электрода на дно шурфа насыпают слой (8-10 см) хорошо измельченной сухой глины, не содержащей механических примесей и загрязнений, и заливают его насыщенным раствором сульфата меди (около 200 см<sup>2</sup>) [3].

Под влиянием грунтовых вод или увлажнения грунта, глина, поддерживающая проводимость среды в зоне контакта электрода с грунтом, может коагулироваться, и в связи с этим, уменьшается точность измерения данным устройством.

Для предотвращения таких случаев и максимального повышения стабильности работы электрода сравнения предлагается заменить ионопроводящую мембрану на основе полимера на сверхпроводящую ионообменную мембрану на основе графена.

На сегодняшний день графен — самый тонкий материал, известный человечеству, толщиной всего в один атом углерода. Он вошел в учебники по физике и в нашу реальность в 2004 году, когда исследователи из Манчестерского университета Андре Гейм и Константин Новоселов сумели его получить, используя обычную ленту-скотч для последовательного отделения слоев от обычного кристаллического графита, знакомого нам в виде карандашного стержня [1].



**Рис. 3. Кристаллическая решетка графена**

Графен обладает необычными оптическими, электрическими, механическими и термическими свойствами. Он идеальный материал для создания транзисторов, сверхпроводящих листов, а также ионопроводящих мембран, которые в свою очередь широко используются в приборах измерения противокоррозионной защиты трубопроводов [2].

Также графен является двумерным кристаллом, состоящим из одиночного слоя атомов углерода, собранных в гексагональную решетку (рис. 3), который в свою очередь не пропускает никакие жидкости и газы, это позволяет использовать его в составе сверхпроводящих, антикоррозионных материалов. Замена предусматривает возможность использования электрода без засыпки глины и использования пропитанной кислотой резиновой губки, также обеспечивает удобство монтажных, ремонтных работ.

Ионообменная мембрана на основе графена:

- не подвергается коррозии;
- выдерживает давление в несколько атмосфер;
- способна удерживать в себе жидкие и газообразные материалы.

Электрод с графеновой ионопроводящей мембраной, установленный в грунте у газопровода в точке дренажа станции катодной защиты или в любом другом пункте трассы, позволит осуществлять измерения круглый год, а также производить работы по автоматизации и телеконтролю средств противокоррозионной защиты трубопроводов.

Замена полимерной мембраны на графеновую позволит улучшить работу медносульфатного электрода сравнения, повысить стабильность работы, даст возможность использовать электрод без засыпки глины и использования пропитанной кислотой резиновой губки.

#### Литература

1. Geim A.K., Kim P. *Carbon Wonderland*// Scientific American. – 2008. – №4. – p. 90–97.
2. Bunch S.J. *Impermeable Atomic Membranes from Graphene Sheets*// NanoLetters. – 2008. – V. 8. – №. 8. – p. 2458–2462.
3. Никитенко Е.А., Эдельман Я.М. Монтер по защите подземных трубопроводов от коррозии: Учебник для профтехобразования. – М.: «Недра», 1981. – 256 с.
4. Руководство по эксплуатации систем противокоррозионной защиты трубопроводов. – Москва: ВНИИГАЗ, 2004.
5. Хижняков В. И. Противокоррозионная защита объектов трубопроводного транспорта нефти и газа. – Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2005.
6. Графен: новые методы получения и последние достижения// Элементы - новости науки: <http://elementy.ru/news/430857>.

### АВТОМАТИЗАЦИЯ СВАРКИ НЕПОВОРОТНЫХ СТЫКОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Н. А. Перфильев, Т. В. Бородина

Научный руководитель, доцент А. В. Веревкин

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

В связи с выработкой ресурсов магистральных трубопроводов актуальная проблема автоматизации сварки неповоротных стыков в сочетании с повышением надежности сварных соединений, особенно на трубопроводах большого диаметра (1020÷1420) мм и давлении до 75 ат, приобрела еще большую остроту. Принципиально решение этой проблемы может быть реализовано по двум различным направлениям.

Первое направление решает проблему путем сварки стыка одновременно по всему сечению и периметру на основе электроконтактной сварки, сварки трением и электронно-лучевой сварки с вакуумированием стыка. При этом требуется оборудование с большой пиковой мощностью и высокой стоимостью, что в условиях Севера и бездорожья неприемлемо, кроме того, при сварке давлением возникают проблемы с контролем качества сварного соединения.

Второе направление решает проблему на основе дуговых методов сварки с расчленением операций, подобно поточно-расчлененной ручной дуговой сварке.

Заварка корневого слоя может осуществляться изнутри трубы с использованием внутреннего центризатора-сварочной станции. Последующие слои завариваются снаружи при сварке на «спуск», причем каждый автомат настроен только на один слой (один режим) и после его заварки перемещаются на следующий стык.

В настоящее время более перспективной представляется автоматизация сварки неповоротных стыков трубопроводов на базе дуговых процессов. Для того чтобы производить сварку неповоротных стыков необходимо обеспечить направленный перенос электродного металла в сварочную ванну и удержание ванны расплавленного металла в положениях отличных от нижнего.

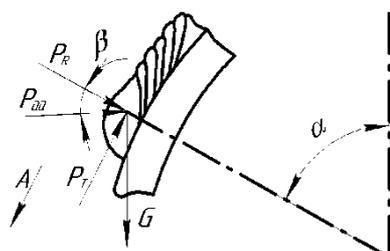


Рис. 1. Схема сил, действующих на сварочную ванну

$G$  – вес сварочной ванны;  
 $P_{д.д.}$  – давление дуги;  
 $P_T, P_R$  – тангенциальная и нормальная составляющие силы поверхностного натяжения;  
 $A$  – направление вытекания металла в положении  $\alpha=0^\circ-90^\circ$

При сварке неповоротных стыков трубопроводов основным возмущением является непрерывное изменение пространственного положения сварочной ванны (рис. 1), которое необходимо учитывать при автоматизации процесса. В результате изменения пространственного положения результирующая сила, действующая на сварочную ванну, непрерывно изменяется по величине и направлению действия (рис. 2). Ранее разработанные способы сварки не учитывали эту особенность и не могли активно влиять на удержание сварочной ванны в положениях отличных от нижнего, а также обеспечить управляемый перенос электродного металла. Это объясняется тем, что методы дуговой сварки разрабатывались и предназначены по существу для сварки в неизменном пространственном положении.

Ранее разработанные способы сварки с импульсным питанием сварочной дуги и работой по программе не решают эту задачу, так как при этом процессе не учитывается движение металла сварочной ванны, что необходимо для осуществления сварки при непрерывно изменяющемся пространственном положении. Разработанные на кафедре «Оборудование и технология сварочного

производства» НИ ТПУ способы импульсного питания позволяют решить эти проблемы.