

## Енергетика, контроль та діагностика об'єктів нафтогазового комплексу

УДК 681.2:681.317.39

### УДОСКОНАЛЕННЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ АБСОРБЕНТІВ УСТАНОВОК ОСУШЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

О. Ф. Козак

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15,  
e-mail: public@nung.edu.ua

С целью создания промышленного варианта информационно-измерительной системы для контроля качества абсорбентов установок осушки природного газа проведены исследования влияния температуры на потенциал протекания раствора диэтиленгликоля (ДЕГ). В качестве датчика потенциала протекания использован цилиндрический элемент, наполненный стеклянными шариками диаметром 1,12 мм. Опыты выполнены на ДЕГ марки А, ГОСТ 10136-77 в пределах изменения его массовой доли от 0,90 до 0,99 в интервале температур от 17 до 40°C. Путем обработки результатов опытов получено степенное аппроксимационное уравнение влияния температуры раствора ДЕГ на потенциал протекания, которое использовано в процессе синтеза математической модели информационно-измерительной системы.

For the purpose of making of industrial variant of information-measuring system for quality control of absorbents of gas dewatering units, a number of tests, aimed at investigation of temperature influence upon flow potential of diethyleneglycol solution, have been carried out. A cylindrical element, filled with glass balls (1,12 mm in diameter) has been used as a potential sensor. The tests have been conducted on diethyleneglycol (grade A) according to GOST 10136-77 within the limits of changing of its mass fraction from 0,90 to 0,99 and in the temperature range of 17-40 °C. By means of tests results processing we have obtained an exponential approximating equation of influence of diethyleneglycol solution temperature upon flow potential, used in the course of synthesis of mathematical model of information-measuring system.

Абсорбційне осушення природного газу від вологи із застосуванням диетиленгліколю (ДЕГ) чи триетиленгліколю є найбільш ефективним і економічним засобом попередження утворення кристалогідратів, виникнення корозії в газопроводах, газорозподільних і газовимірвальних станціях і, що забезпечує безвідмовну експлуатацію останніх.

Глибина осушення природного газу в абсорбційних установках значною мірою залежить від якості абсорбентів.

На даний час якість гліколевих абсорбентів (зокрема вміст в них води) контролюється шляхом відбирання проб з подальшим проведенням лабораторного аналізу за тим чи іншим методом, а саме: прямої відгонки води, Фішера, Діна і Старка, карбідного (газометричного) методу кількісного визначення води, рефрактометрії [1]. Наведені методи є трудомісткими і вимагають для реалізації кваліфікованих фахівців та спеціально обладнаних лабораторій.

Автоматичні концентратоміри на базі зазначених методів аналізу поки що не створені, тому актуальним є завдання поточного експрес-контролю вмісту води в ДЕГ — найбільш поширеному абсорбенті вітчизняних установок осушення природного газу.

Сформульоване завдання може бути успішно вирішене шляхом використання електрокінетичних явищ і, зокрема, методу вимірювання потенціалу протікання контрольованої рідини [2, 3, 4]. Так, за результатами виконаних автором досліджень було доведено можливість визначення вмісту води в розчинах ДЕГ за тангенсом кута нахилу лінії залежності потенціалу протікання від перепаду тиску на давачі за умови сталої температури контрольованої рідини [4].

Метою даного дослідження є експериментальне вивчення характеру зв'язку між зміною потенціалу протікання розчину ДЕГ і його температурою.

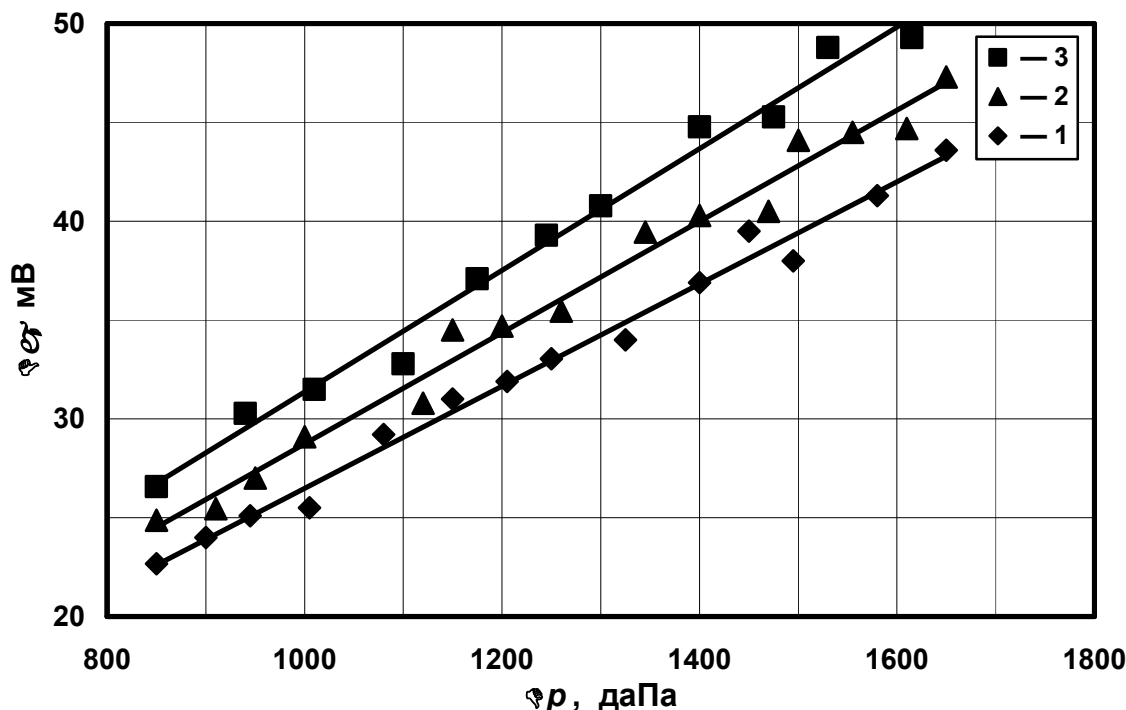


Рисунок 1 — Залежність потенціалу протікання  $\Delta\phi$  від перепаду тиску  $\Delta p$  на давачі для розчину ДЕГ з вмістом води 5% мас. за температури 17°C (1), 25°C (2) та 40°C (3)

Як давач потенціалу протікання використано циліндричний елемент діаметром 16 мм і довжиною 57 мм, наповнений скляними кульками діаметром 1,12 мм. У ході проведення дослідів масова частка води в розчині ДЕГ марки А за ГОСТ 10136–77 змінювалась від 0,1 до 0,01, а температура розчину — від 17°C до 40°C. Зазначений інтервал зміни температури розчину ДЕГ обрано з урахуванням умов експлуатації промислових установок осушення природного газу.

Детальна характеристика експериментальних стендів та методика проведення дослідів викладені в роботах [3, 4].

На рисунку 1 зображено характерні дослідні залежності потенціалу протікання від перепаду тиску на давачі для розчину ДЕГ з незмінним вмістом води за різних температур. Аналогічні криві отримані на розчинах ДЕГ з іншим вмістом води. За умови ізотермічності течії на давачі залежність  $\Delta\phi$  від  $\Delta p$  апроксимується поліномом першого порядку,

$$\Delta\phi = a \cdot \Delta p + b, \quad (1)$$

що узгоджується з теорією подвійного електричного шару та явищ потенціалу протікання [5]. При цьому для розчину ДЕГ з масовою часткою води 0,05 дослідний коефіцієнт  $a$  в рівнянні (1), що залежить від вмісту води в розчині та від температури останнього, збільшується від 0,0258 даПа до 0,0308 даПа при зростанні температури від 17°C до 40°C. Вільний член  $b$  полінома (1) неістотно змінюється в межах від 0,6 мВ до 0,639 мВ при значеннях  $\Delta p$  від 5 мВ до 60 мВ, і ця зміна не має будь-якого системного характеру. Останнє (як і присутність віль-

ного члена в поліномі (1)) пояснюється наявною різницею потенціалів певної величини на вимірюючих електродах давача у нерухомому розчині ДЕГ та похибкою експерименту [5].

На рисунку 2 зображено вплив температури розчину ДЕГ на потенціал його протікання за умов незмінності перепаду тиску на давачі ( $\Delta p = const$ ) та вмісту води в розчині. Дослідні дані апроксимуються степеневим рівнянням

$$\Delta\phi = c_i \cdot t^n \quad (2)$$

з коефіцієнтом кореляції від мінімального  $R^2 = 0,96$  до максимального  $R^2 = 0,99$ .

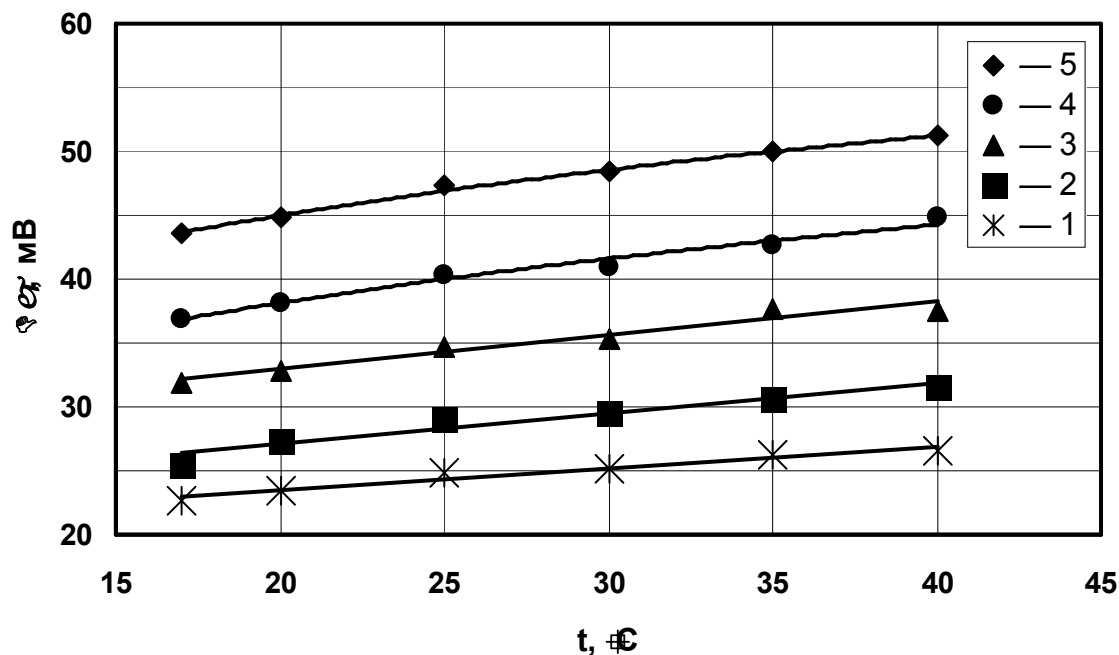
Дослідний коефіцієнт  $n$  рівняння (2) майже не залежить від вмісту води в розчині ДЕГ. Натомість дослідний коефіцієнт  $c_i$  рівняння (2) залежить як від масової частки води  $x_i$ , так і від значення перепаду тиску на давачі  $\Delta p_i$ . Для умов дослідів, що зображені на рис. 2, значення  $c_i$  змінюється від 13,389 за  $\Delta p = 850$  даПа до 25,605 мВ/(°C)<sup>0,206</sup> за  $\Delta p = 1650$  даПа.

Результат обробки експериментальних даних свідчить, що за умови незмінності коефіцієнта  $b$  рівняння (1) та вмісту води в розчині ДЕГ коефіцієнт  $a$  залежить тільки від температури розчину (рис. 3).

Апроксимаційне рівняння до рис. 3 має вигляд

$$a = a_0 \cdot t^n, \quad (3)$$

де:  $a_0 = 0,0144$  мВ/(даПа(°C)<sup>0,206</sup>),  $n = 0,206$  – дослідні коефіцієнти,  $R^2 = 0,997$  – коефіцієнт кореляції



1 – 850; 2 – 1000; 3 – 1200; 4 – 1400; 5 – 1650 даПа

Рисунок 2 — Вплив температури  $t$  на потенціал протікання  $\Delta\phi$  розчину ДЕГ з вмістом води 5% мас. за сталого перепаду тиску на давачі (даПа)

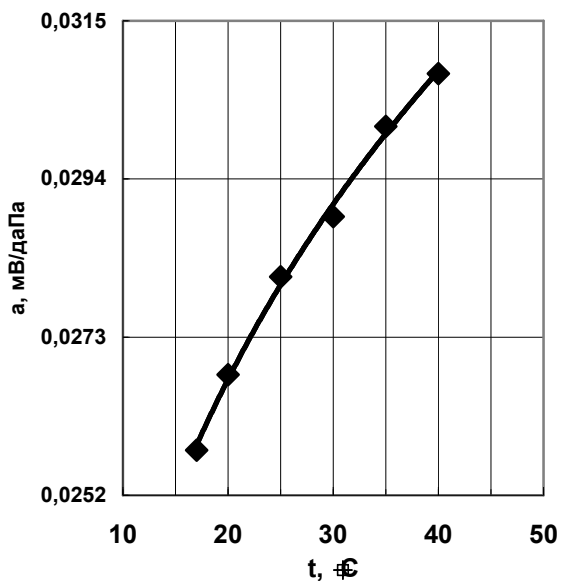


Рисунок 3 — Залежність коефіцієнта  $a$  рівняння (1) від температури  $t$  розчину ДЕГ з вмістом води 5% мас. для давача зі скляними кульками

Слід зауважити, що показник степеня  $n$  рівняння (3) співпадає з узагальненим для всього дослідженого інтервалу вмісту води показником рівняння (2) з точністю до третього знаку.

З урахуванням рівняння (3) поліном (1) трансформується до вигляду

$$\Delta\phi = a_0 \cdot \Delta p \cdot t^{0,206} + 0,622 \quad (4)$$

в межах зміни масової частки води в розчині ДЕГ від 0,01 до 0,1, температури розчину на давачі від 17°C до 40°C, перепаду тиску на давачі від 200 даПа до 1800 даПа.

Коефіцієнт  $a_0$  в рівняннях (3), (4) залежить тільки від вмісту води в розчині ДЕГ, що дає можливість реалізувати зворотну задачу — за значенням коефіцієнта  $a_0$  кількісно оцінити вміст води в розчині ДЕГ. Використавши експериментальні значення коефіцієнта  $a$  рівняння (1), що наведені в роботі [4, табл. 1], та рівняння (3), (4), отримуємо:

$$x = 7,2583a_0 - 0,0554, \quad (5)$$

де:  $x$  – масова частка води в розчині ДЕГ; коефіцієнт кореляції  $R^2 = 0,9999$  в межах зміни вмісту води в розчині ДЕГ, його температури на давачі та перепаду тиску на давачі, які додані до рівняння (4). При цьому коефіцієнт  $a_0$  змінюється від 0,009 до 0,0215 мВ/(°C)<sup>0,206</sup>.

Залежності (4), (5) використані в математичній моделі інформаційно-виміральної системи для контролю якості абсорбентів в установках осушення природного газу [4].

Залежність потенціалу протікання контрольованої технологічної рідини від температури пояснюється фізикою механізму цього явища.

Розчин ДЕГ з поверхніми капілярів давача утворюють подвійний електричний шар, що складається з двох частин: щільного шару Штерна і дифузного шару Гуї [5]. Умовно зазначені шари розділені площиною ковзання, оскільки іони в шарі Штерна є нерухомими, як і сам шар, що має високий опір зсуву. Тому під

час руху розчину ДЕГ під дією прикладеного тиску відбувається зміщення іонів дифузного шару та винесення надлишку іонів одного знаку в напрямку руху течії. Рух іонів вздовж стінки капіляра — це поверхневий струм, що утворює різницю потенціалів на кінцях капіляра. Різниця потенціалів зростає доти, поки поверхневий струм не стане рівним вторинному, об'ємному струму провідності, що виникає під дією зазначеної різниці потенціалів і спрямований у напрямку, протилежному до руху течії. Сформована таким чином різниця потенціалів на кінцях капілярів давача має назву потенціалу протікання [5].

Чим більше іонів одного знаку буде перебувати в дифузному шарі, тим більша кількість таких іонів може бути винесена течією рідини, і тим більшою буде величина потенціалу протікання.

Присутня в розчині ДЕГ вода, хоча і малою мірою, дисоціює за рівнянням



З підвищенням температури рівновага в рівнянні (6) зміщується вправо і кількість іонів у воді збільшується, міра дисоціації води зростає. Так, зміна температури води від 17°C до 40°C спричиняє ріст концентрації іонів  $H^+$ ,  $OH^-$  у 2,33 рази [6].

Саме це зумовлює збільшення іонів одного знаку в дифузному шарі і, як наслідок, залежність потенціалу протікання розчину ДЕГ від температури.

Результати викладених вище теоретичних та експериментальних досліджень дають підстави зробити такі висновки:

1) теоретично обґрунтована і експериментально підтверджена та кількісно оцінена залежність потенціалу протікання розчину ДЕГ від температури;

2) отримана апроксимаційна формула залежності потенціалу протікання розчину ДЕГ від температури, перепаду тиску на давачі, що використана в математичній моделі промислового варіанту інформаційно-виміральної системи, удосконалює контроль якості абсорбентів установок осушення природного газу.

### *Література*

1 Козак О.Ф. Фізико-хімічні передумови створення методики і пристрою для визначення вмісту волиги в диетиленгліколі на установках підготовки природного газу // *Методи та прилади контролю якості*. – 2000. – № 5. – С. 104-106.

2 Козак О.Ф. Карпаш О.М. Розробка методів експрес-контролю складу технологічних рідин // *Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів: Зб. наукових праць*. – 2006. – Вип. 11. – С. 213-216.

3 Козак О.Ф., Климишин Я.Д. Експериментальні дослідження контролю якості технологічних рідин електрокінетичним методом // *Методи та прилади контролю якості*. – 2007. – № 18. – С. 79-82.

4 Козак О.Ф. Карпаш О.М., Климишин Я.Д., Яворський А.В. Інформаційно-вимірвальна система контролю якості абсорбентів в установках осушення природного газу // *Методи та прилади контролю якості*. – 2008. – № 20. – С. 70-73.

5 Козак О.Ф. Визначення основних геометричних параметрів капілярної системи для дослідного формування усталеного значення потенціалу протікання // *Науковий вісник ІФНТУНГ*. – 2008. – № 1(17). – С. 109-114.

6 Киреев В.А. *Краткий курс физической химии*. – М.: Химия, 1969. – 640 с.