

УДК 681.2:681.317.39

## ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ АБСОРБЕНТІВ В УСТАНОВКАХ ОСУШЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

О.Ф.Козак<sup>1)</sup>, О.М. Карнаш<sup>2)</sup>, Я.Д. Климишин<sup>2)</sup>, А.В.Яворський<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Управління магістральних газопроводів „Прикарпаттрансгаз”, вул. Незалежності 42, м. Івано-Франківськ, 76000, тел. (8-0342)597-664

<sup>2)</sup>Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, тел.(8-03422)4-24-30

Для оценки качества абсорбентов установок осушки природного газа избран метод измерения потенциала протекания контролируемой жидкости. Метод реализован в лабораторной установке экспресс-контроля концентрации диэтиленгликоля. Полученные экспериментальные данные использованы при синтезе математической модели информационно - измерительной системы. Разработана технологическая схема информационно-измерительной системы для определения качества абсорбентов в установках осушки природного газа.

При великих об'ємах транспортованого природного газу його осушення є найбільш ефективним і економічним способом попередження утворення кристалогідратів та внутрішніх корозійних пошкоджень у магістральному трубопроводі. У процесі промислової підготовки газу для подальшого транспортування магістральними газопроводами його осушують, в основному, в абсорбційних установках.

В якості абсорбентів застосовують переважно диетиленгліколь (ДЕГ) і триетиленгліколь (ТЕГ). При осушенні впорскуванням як інгібітор гідратуутворення використовується етиленгліколь (ЕГ).

Технологічно осушення газу проводиться в спеціалізованих установках [1,2]. Газ, звільнений від крапельної вологи в нижній скрубєрній секції абсорбера, осушується розчином гліколя. Осушений газ проходить верхню скрубєрну секцію, де від нього відділяються краплі винесеного розчину гліколя, після того він поступає в газопровід. Насичений вологою розчин гліколя підлягає регенерації у випарній колоні (десорбері).

Економічність установок осушення природного газу в значній мірі залежить від

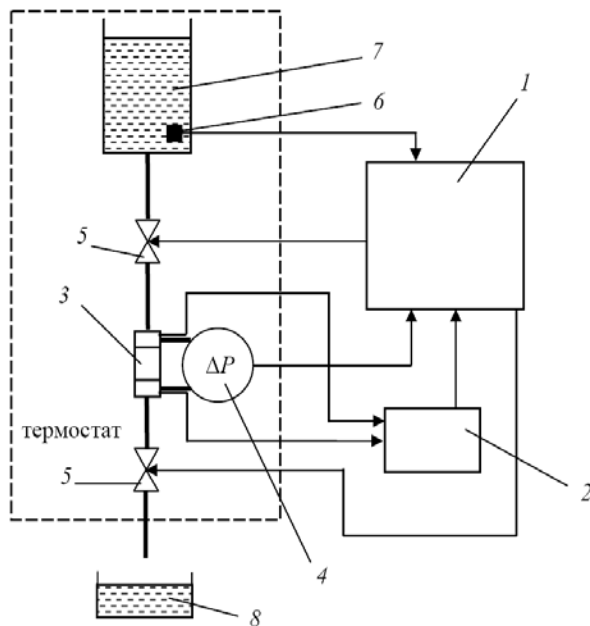
To determine the absorbent quality in natural gas dewatering units the method of measuring of controlled liquid streaming potential has been selected. The method has been applied in the laboratory unit of diethyleneglycol concentration express control. Experimental data got after testing have been used in mathematical model synthesis of information-measuring system. The technological scheme of information-measuring system has been developed to determine the absorbent quality in natural gas dewatering units.

температурного режиму десорбера. У свою чергу температурний режим десорбера залежить від вмісту води в гліколі, що подається на регенерацію і заданої міри регенерації абсорбенту. Концентрація регенованого гліколя становить 98,5 – 99,5 % мас.

На даний час якість абсорбентів контролюється шляхом відбирання проб з установки осушення й проведенням лабораторних досліджень [3]. Це знижує рівень автоматизації установок осушення газу і погіршує їхні експлуатаційно-технологічні показники. Виходячи з вищевказаного, важливою задачею є поточний контроль вмісту води в абсорбенті на вході й виході абсорбера.

Проведений аналіз [3,4] показує, що для вирішення даної задачі перспективними є методи, що базуються на електрокінетичних явищах. Серед таких методів [4] для реалізації системи контролю за якістю абсорбентів був обраний метод вимірювання потенціалу протікання контрольованої рідини [5].

Для дослідної апробації обраного методу була розроблена й виготовлена лабораторна установка для експрес-контролю концентрації гліколів (рис. 1).



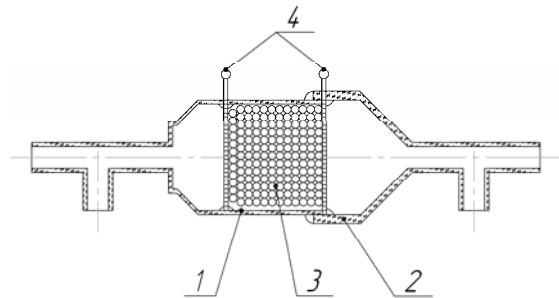
1 – блок обробки інформації; 2 – потенціометр;  
3 – давач потенціалу протікання; 4 –  
диференційний давач тиску; 5 – керований кран;  
6 – давач температури; 7 – посудина з  
досліджуваною рідиною; 8 – дренажна  
посудина

**Рисунок 1 – Структурна схема установки для експрес-контролю концентрації гліколів**

Основним елементом установки є давач потенціалу протікання, конструкція якого наведена на рис. 2. Давач складається зі скляного корпусу із вмонтованими електродами у вигляді сіток, простір між якими заповнений скляними кульками. Така конструкція давача дозволяє отримати сигнал, який пропорційний потенціалу протікання з вищим значенням по струму порівняно з тонким прямим капіляром, що дозволяє значно підвищити заводозахисність системи.

Установка для експрес-контролю працює наступним чином. У посудину 7 заливають технологічну рідину до певного рівня, після чого відбувається стабілізація її температури за допомогою термостата. При досягненні заданої температури, що контролюється давачем температури 6, відкривають керувані крани 5 і давач протікання 3 заповнюється технологічною рідиною. Витрата технологічної рідини та відповідний перепад тиску на давачі встановлюються нижнім краном 5. Через певний проміжок часу після стабілізації тиску в системі запускають процес вимірювання — на фіксованих значеннях перепаду тиску за

допомогою потенціометра 2 вимірюють потенціал протікання. При досягненні мінімального рівня технологічної рідини в посудині 7 закривають верхній кран 5 і рідина з давача потенціалу протікання 3 зливається в дренажну посудину 8. Керування процесом вимірювання й розрахунок вмісту води в технологічній рідині здійснюється за допомогою блоку обробки 1.



1, 2 – корпуси; 3 – заповнювач (скляні кульки);  
4 – електроди-сітки

**Рисунок 2 – Конструкція давача потенціалу протікання**

Нижче наведені результати дослідної апробації установки експрес-контролю для визначення концентрації води в технологічному розчині ДЕГ.

Експерименти виконані на диетиленгліколі марки А згідно ГОСТу 10136-77: при масовій частці ДЕГ 0,99 густина становила 1114 кг/м<sup>3</sup> при температурі 20°C; водневий показник рН = 5,7; температура початку перегонки за нормального атмосферного тиску = 245 °С, кінця перегонки = 247 °С; масова концентрація органічних домішок – не більше 0,04 %.

Вміст води у розчині ДЕГ попередньо визначали карбідним методом і для контролю — перегонкою [1, 3].

Геометричні характеристики давача потенціалу протікання наступні: діаметр поліпропіленового корпусу давача 16 мм; довжина 57 мм; наповнювач — скляні кульки діаметром 1,12 мм.

На рис. 3, для прикладу, наведені дослідні залежності потенціалу протікання від перепаду тиску на давачі для розчинів ДЕГ із масовими частками води 0,01; 0,05; 0,1. Аналогічні криві отримані на розчинах ДЕГ із масовими частками води 0,03 та 0,075.

Залежність  $\Delta\phi$  від  $\Delta p$  апроксимується поліномом першого порядку.

Лінійна залежність  $\Delta\phi$  від  $\Delta p$  узгоджується як з опублікованими даними

досліджень потенціалу протікання [6], так і з попередніми результатами авторів [7].

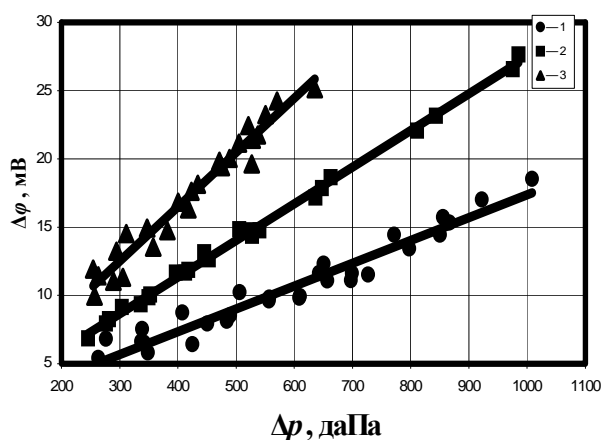


Рисунок 3 – Залежність потенціалу протікання  $\Delta\phi$  від перепаду тиску  $\Delta p$  на давачі для розчинів ДЕГ при температурі  $20^\circ\text{C}$  із масовими частками води: 1 – 0,01; 2 – 0,05; 3 – 0,1

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

де  $a$ ,  $b$  – дослідні коефіцієнти, що наведені в табл. 1 разом із коефіцієнтом кореляції  $R^2$ .

Таблиця 1– Експериментальні значення коефіцієнтів  $a$ ,  $b$ ,  $R^2$  рівняння (1)

Масова частка води в розчині ДЕГ	$a$	$b$	$R^2$
0,01	0,0167	0,6385	0,9433
0,03	0,0219	0,6306	0,9551
0,05	0,0268	0,6175	0,9966
0,075	0,0333	0,6148	0,9665
0,1	0,0397	0,6028	0,9587

Результати дослідів переконливо засвідчують про наявність залежності кута нахилу лінії  $a$  за рівнянням (1) від вмісту води в розчині ДЕГ. Це дозволяє реалізувати зворотню задачу для даного давача потенціалу протікання — за значенням коефіцієнта  $a$  ( $a = \text{tg}\alpha$ ) кількісно оцінити вміст води в розчині ДЕГ.

Масова частка води  $x$  в розчині ДЕГ описується такою лінійною залежністю від коефіцієнта  $a$  з коефіцієнтом кореляції  $R^2 = 0,9999$  (рис. 4):

$$x = 3,9186 \cdot a - 0,0555. \quad (2)$$

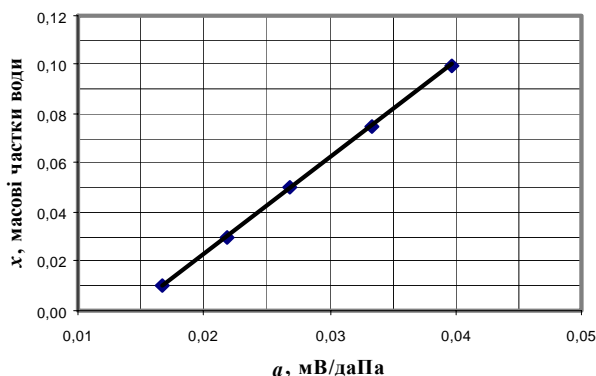
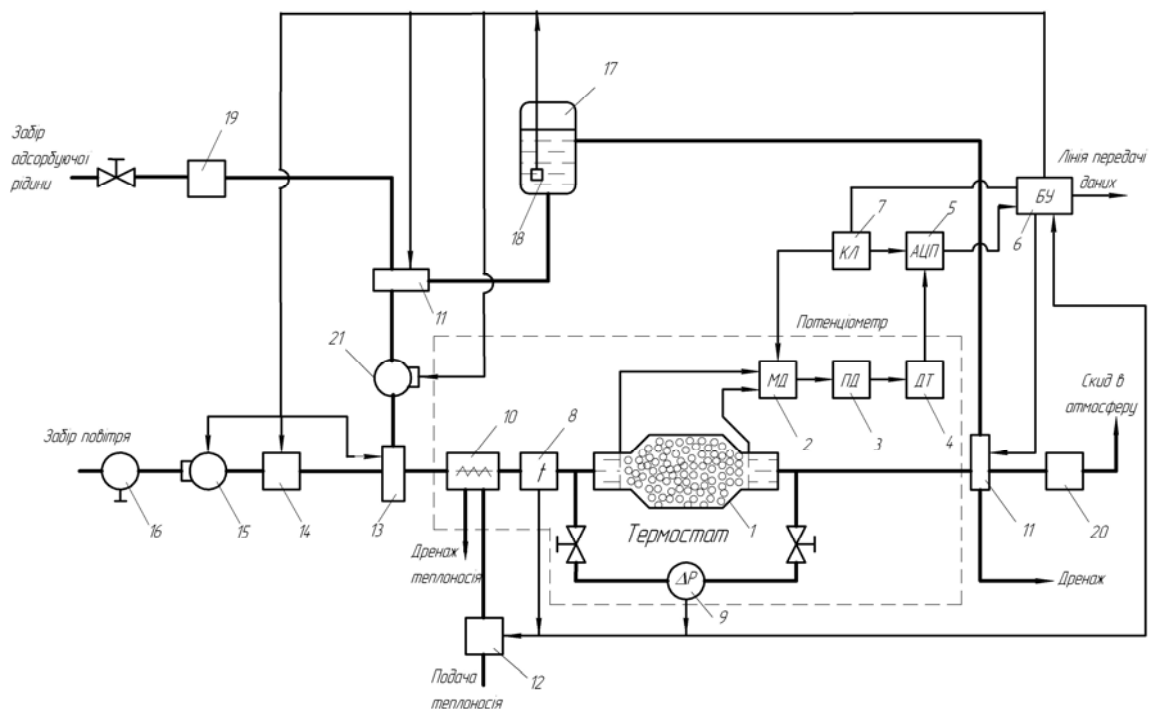


Рисунок 4 – Залежність масової частки води в розчині ДЕГ  $x$  від тангенса кута нахилу  $a = \text{tg}\alpha$  лінії  $\Delta\phi = f(\Delta p)$  для давача зі скляними кульками при температурі розчинів ДЕГ  $20^\circ\text{C}$

Отримані результати експериментальних досліджень на створеній лабораторній установці експрес-контролю дали змогу розробити промисловий варіант інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) для контролю якості абсорбентів (рис. 5).

Розроблена ІВС призначена для неперервного контролю концентрації ДЕГ у системах осушення природного газу, а саме на вході й виході абсорбера з метою дотримання вимог технологічного регламенту.

Забір контрольованої рідини здійснюється з технологічної лінії. Технологічна рідина через рідинний фільтр 19, керовані трьохходові вентиля 11 і 13 за допомогою циркуляційного насоса 21 подається на давач потенціалу протікання 1. Для вимірювання потенціалу протікання використовується потенціометр, побудований за принципом модуляції-демодуляції, що дозволяє суттєво зменшити дрейф нуля. Визначення вмісту води в абсорбенті здійснюється шляхом вимірювання потенціалу протікання на декількох фіксованих значеннях перепаду тиску на давачі 1, що вимірюється диференційним давачем тиску 9 і задається вентилями 11 і 13. Температура технологічної рідини, що протікає через давач 1, підтримується на постійному рівні за допомогою термостата, основними елементами якого є давач температури технологічної рідини 8, теплообмінник 10, через який пропускається теплоносій, і керований вентиль 12. Стабілізація температури технологічної рідини підвищує точність вимірювання.



1 – давач потенціалу протікання; 2 – модулятор; 3 – підсилювач змінного струму; 4 – детектор; 5 – АЦП; 6 – блок управління; 7 – калібратор; 8 – давач температури; 9 – давач тиску диференційний; 10 – теплообмінник; 11 – вентиль керований трьохходовий; 12 – вентиль керований; 13 – вентиль керований двоходовий; 14 – осушувач повітря; 15 – компресор повітряний; 16 – фільтр повітряний; 17 – посудина з тестовою рідиною; 18 – давач рівня рідини; 19 – фільтр рідинний; 20 – адсорбер; 21 – насос циркуляційний

**Рисунок 5 – Технологічна схема інформаційно-вимірювальної системи для контролю якості адсорбентів**

Керування процесом вимірювання й обчислення вмісту води в розчині ДЕГ здійснюється блоком управління 6. Для підвищення точності вимірювання через певний проміжок часу ІВС калібрується. Процес калібрування проходить поетапно: припиняється подача технологічної рідини за допомогою керованих вентилів 11 і 13, система продувається осушеним повітрям (продукти продувки поглинаються в адсорбері 20). Після продувки циркуляційний насос 21 із посудини 17 подає в систему тестову рідину із заданим вмістом води. У ІВС передбачені коректування дрейфу нуля потенціометра й АЦП за допомогою калібратора напруги 7.

У результаті виконаних і наведених вище теоретичних та експериментальних досліджень можна зробити наступні висновки:

1) розроблено структурну схему установки експрес-контролю концентрації гліколів, на основі якої реалізована лабораторна установка для проведення експериментальних досліджень;

2) розроблено, виготовлено й випробувано давач потенціалу протікання зі скляними кульками, який може бути застосований для виконання експериментальних досліджень щодо визначення вмісту води в розчинах ДЕГ;

3) за результатами проведених експериментальних досліджень отримано залежність вмісту води в розчинах ДЕГ від тангенса кута нахилу лінії  $\Delta\varphi = f(\Delta p)$ , яка використана в процесі синтезу математичної моделі ІВС;

4) розроблено технологічну схему інформаційно-вимірювальної системи для визначення якості адсорбентів в установках осушення природного газу.

### Література

1. Жданова Н.В., Халиф А.Л. Осушка углеводородных газов. – М.: Химия, 1984.–295 с.
2. Кемпбел Д.М. Очистка и переработка природных газов. Пер. с англ. под ред. д-ра техн. наук Гудкова С.Ф. – М.: Недра, 1977.–373 с.

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

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

5. Карпаш О.М., Козак О.Ф. Пристрій для визначення концентрації полярних рідин у

розчинах // Патент на корисну модель № 25670, G01N27/00 — Бюлетень №12. — 2007.

6. D. Erickson, D. Li. Streaming Potential and Streaming Current Methods for Characterizing Heterogeneous Solid Surfaces//Journal of Colloid and Interface Science. –2001. – V. 237. – P. 283 – 289.

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