

КОНТРОЛЬ ЗМОЧУВАННЯ ПОРИСТИХ ТІЛ

*Р.Т. Боднар, В.Б. Біліщук, Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

Явище змочування твердих тіл рідинами характеризує молекулярну взаємодію між ними і суттєво впливає на багато технологічних процесів, зокрема в нафтовидобувній, гірничо-рудній, хімічній, харчовій, медичній, типографській, машинобудівній, транспортуванні рідин трубопроводами, неруйнівному контролю проникаючими речовинами та ін. Змочування є показником, що визначає продуктивність процесів, особливо при використанні поверхнево-активних речовин [1]. Змочуваність твердої поверхні рідиною оцінюється таким параметром як крайовий кут змочування (ККЗ).

Існуючі в даний час методи і засоби дозволяють визначати ККЗ плоских монолітних твердих тіл, але промислових засобів для контролю змочуваності пористих тіл в даний час не існує. Тому існує актуальна задача створення методу визначення ККЗ пористих тіл, який би дозволяв оперативно проводити вимірювання в лабораторних та промислових умовах.

Оцінка змочування пористих тіл можлива шляхом вимірювання значень параметрів, які характеризують процес змочування (непрямі вимірювання), або шляхом безпосереднього визначення кількісної характеристики змочування – крайового кута змочування θ . Одним з найпростіших методів визначення ККЗ є метод підняття чи опускання рідини в капілярі h по відношенню до рівня рідини в посудині. Цей метод цілком є придатним і для визначення величини ККЗ пористих тіл. Висота підйому h рідини, зв'язана з іншими параметрами наступною формулою [2]:

$$h = \frac{2\sigma \cdot \cos \theta}{\rho g r}, \quad (1)$$

де σ – коефіцієнт поверхневого натягу досліджуваної рідини, θ – крайовий кут змочування, ρ – густина досліджуваної рідини, g – прискорення вільного падіння, r – внутрішній радіус капіляру.

Швидкість v і висота h підйому рідини є мірою величини перепаду капілярного тиску в трубці, заповненій досліджуваним пористим тілом. Швидкість руху рідини по осі циліндричної трубки для ньютонівської рідини визначається такою формулою [3]:

$$v = \frac{\Delta P \cdot r^2}{4\mu \cdot h}, \quad (2)$$

де r – радіус трубки, ΔP – різниця тисків на початку та кінці трубки, μ – динамічна в'язкість.

У випадку вертикальної трубки в різниці тисків слід враховувати гідростатичний тиск стовпчика рідини.

Величина ΔP показує, який тиск необхідно прикласти для підйому рідини на висоту h . Цей тиск визначається сумою тиску $P_{зм}$, обумовленого змочуванням стінок трубки $\Delta P_{\zeta} = 2\sigma \cdot \cos \theta / r$ і гідростатичного тиску $\Delta \bar{P}$.

Враховуючи, що швидкість переміщення рідини $v=h/t$ вищевказане, отримуємо:

$$\cos \theta = \frac{r}{2\sigma} \cdot \left(\frac{4\mu h^2}{tr^2} - \rho gh \right), \quad (3)$$

де r – радіус пор, μ – динамічна в’язкість рідини, θ – крайовий кут змочування, σ – поверхневий натяг рідини, h – висота підйому рідини в пористому тілі, t – час руху рідини до повної зупинки, ρ – густина рідини, g – прискорення вільного падіння.

Вираз (3) строго описує рух рідини в капілярах, однак величина r тут вимагає певних уточнень. Якщо при русі в окремому капілярі r – це радіус капіляру, то при русі в пористому тілі r – еквівалентний радіус порового простору. Значення цього параметра важко точно визначити, так як воно залежить від упаковки, розмірів та форми частинок в пористому тілі та деяких інших факторів [4]. Тому для конкретних випадків змочування пористих тіл при розрахунках за величину параметра r необхідно брати еквівалентний радіус.

Так як в’язкість μ та поверхневий натяг рідини σ величинами наперед відомими, то, знаючи час руху рідини до повної зупинки t і величину h згідно (3) можна визначити косинус ККЗ. Висоту h підйому рідини у пористому тілі можна визначати використовуючи оптичні і сучасні оптоелектронні засоби.

Для підвищення точності та оперативності контролю ККЗ доцільно використати сучасні оптоелектронні засоби, які функціонують сумісно з персональними комп’ютерами (ПК), що дозволяє автоматизувати процес контролю ККЗ. З цією метою розроблено функціональну схему оптоелектронної установки (рис. 1), в якій використано портативний цифровий мікроскоп, за допомогою якого отримується зображення об’єкта з потрібним збільшенням [5]. З отриманого зображення автоматизовано визначається висота підйому рідини в керні за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

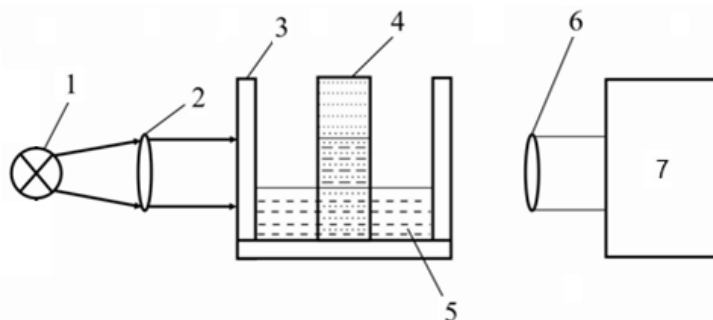


Рис. 1. Функціональна схема установки для визначення змочування пористих тіл:
1 – лампа; 2 – конденсор; 3 – посудина; 4 – пористе тіло; 5 – рідина; 6 – об’єктив; 7 – мікроскоп

Досліджуване пористе тіло (керна) 5 змочується знизу рідиною 6, яка буде підніматись по капілярах вгору. Змочена частина керна під променями світла із освітлювача буде виглядати темнішою внаслідок поглинання світла. Досліджуючи пористе тіло 5 через цифровий мікроскоп 8 на екрані монітора персонального комп’ютера 9 можна визначити висоту h підйому рідини у пористому тілі.

1. Використання поверхнево-активних речовин в процесах нафтовидобутку на родовищах ВАТ "Укрнафта" / В.Д. Михайлюк, М.І. Рудий, Р.Т. Боднар та інші / НДПІ ВАТ "Укрнафта", ПП "Галицька друкарня ПЛЮС", 2009 р. 400 с.

2. Зимон А.Д. Адгезия жидкостей и смачивание / А.Д. Зимон, М.: "Химия", 1974, 414 с.

3. Кісіль І.С. Визначення крайового кута змочування пористих тіл шляхом вимірювання капілярного тиску // Нафтова і газова промисловість // І.С. Кісіль, Р.Т. Боднар, М.М. Дранчук, м. Київ, №4, 2006, с.12-14

4. Бодник А.А. Вимірювання крайового кута змочування на границі розділу фаз / Бодник А.А., Боднар Р.Т., Кісіль Р.І., Стрілецький Ю.Й // Вимірювальна техніка та метрологія, Львів, №53, 1998.- С. 80-83.

5. Боднар Р.Т. Оптичний метод експрес-контролю крайового кута змочування. Р.Т. Боднар, Ю.І. Галярник // Тези доповідей 5-ї науково-практичної конференції студентів і молодих учених "Методи і засоби неруйнівного контролю промислового обладнання" 24-25 листопада 2015, м. Івано-Франківськ, с. 48–50

КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПІДЗЕМНИХ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ З ТРУБОПРОВОДАМИ В ПІНОПОЛІУРЕТАНОВІЙ ТЕПЛОВІЙ ІЗОЛЯЦІЇ

*І.Р. Вацшиак, О.В. Попович, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ
Є.Р. Доценко, ТОВ НВФ «Зонд», м. Івано-Франківськ, Україна*

Забезпечення комфортних умов для проживання населення та функціонування підприємств значною мірою залежить від роботи системи тепlopостачання. Найменш надійним елементом систем тепlopостачання є підземні теплові мережі, з якими трапляється найбільше аварійних ситуацій. Це призводить до значних економічних збитків через перевитрати теплоносія та енергоресурсів, виконання позапланових ремонтних робіт і погіршення умов проживання та праці людей.

Зменшити рівень теплових втрат при транспортуванні теплоносія вдається шляхом застосування в якості підземних теплових мереж металевих трубопроводів з пінополіуретановою (ППУ) тепловою і поліетиленовою гідравлічною ізоляціями. Прокладання в ґрунті таких трубопроводів відповідно до вимог нормативних документів здійснюється безканалним способом.

Нормативні терміни служби трубопроводів у ППУ ізоляції сягають 25–30 років. Однак внаслідок порушень технології виготовлення, монтажу та укладання, а також через те, що значна частина трубопроводів виготовляється зі старих газопроводів у трубопроводах з ППУ-ізоляцією виникають аварії вже на перших роках експлуатації.

На даний час контроль таких тепломереж здійснюється за допомогою системи оперативного дистанційного контролю (СОДК). Однак, як показав досвід експлуатації, СОДК в ряді випадках не виконує своїх функцій, або виходить з ладу. Крім того, такі трубопроводи є доволі дорогими, тому з метою економії коштів переважна більшість теплових мереж прокладається ППУ-трубопроводами без СОДК.

Для економії енергоносіїв, раціонального планування ремонтів та запобігання виникненню аварійних ситуацій тепломереж, необхідно проводити їх постійний контроль. Найбільш продуктивним і економічно вигідним є застосування методів безконтактного неруйнівного контролю.

Багатошарова конструкція трубопроводів з ППУ ізоляцією ускладнює процес контролю їх технічного стану та значно обмежує застосування відомих методів неруйнівного контролю підземних теплових мереж [1]. Окрім того, в зв'язку з особливостями їх конструкції і монтажу у них виникають специфічні дефекти.

На основі аналізу аварійних ситуацій і досвіду експлуатації ППУ-трубопроводів виділено види дефектів, що найбільш часто зустрічаються. До них відносяться: «розрив