

ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕЧОВИН

УДК 681.2:532.64

ПРИЛАД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ ПРИ ПЛАСТОВИХ ТИСКАХ І ТЕМПЕРАТУРАХ

© Кісіль І. С., Бульбас С. В., Боднар Р. Т.,
Ващишак С. П., Кісіль Р. І., Райтер П. М., 1999
Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу

Приведений опис приладу для вимірювання поверхневого натягу методом об'єму краплі на границі розділу фаз рідина - газ при пластових тисках і температурах. Описані основні блоки приладу, процес проведення вимірювань, а також наведені основні технічні характеристики приладу і умови експлуатації приладу.

Відомо [1], що фізико-хімічні властивості на границях контакту між рідкими пластовими флюїдами і гірською породою, в якій знаходяться ці флюїди (рідка і газова фази) впливають на їх рух в породі, на величини додаткових тисків, які необхідно створювати, щоб досягти певних напрямків і швидкостей цього руху при видобутку нафти і газу. Однак важливими факторами, які також впливають на вказані вище явища [2], є конкретні пластові умови (надлишкові тиски і температура), при яких вказані фази контактують між собою.

Тому при виборі поверхнево-активних речовин (ПАР) у різних рідких розчинах, які використовуються як для обробок привибійних зон експлуатаційних нафтогазових свердловин, так і для інтенсифікації нафтовидобутку необхідно враховувати вказані умови і фізико-хімічні властивості. З цією метою розроблений прилад ВПНС-1, який дозволяє проводити експериментальні вимірювання поверхневого натягу на границі контакту між газоподібною фазою і різними рідкими розчинами при пластових тисках до 25 МПа і температурах від кімнатної до 100 °С. Основи роботи приладу закладений сталагмометричний метод вимірювання (метод об'єму краплі (згідно якого поверхневий натяг σ в мН/м на границі контакту між рідкою і газоподібною фазами розраховують таким чином [3]:

$$\sigma = \frac{\Delta\rho \cdot F}{R}, \quad (1)$$

де $F=0.14782+0.27846(R/V^{1/3})-0.166(R/V^{1/3})^2$ - безрозмірний коефіцієнт, V - об'єм однієї відокремленої краплі (мм³), $\Delta\rho$ - різниця густин досліджуваних фаз (кг/м³), R - радіус вихідного отвору вимірю-

вального капіляру (мм).

Сталагмометричний метод є одним із таких, який дозволяє розробити на його основі прилад для вимірювання σ на границі розділу між рідкою і газоподібною фазами при високому тиску і температурі.

Прилад ВПНС-1 включає такі основні блоки (рис. 1):

блок 1 - первинний перетворювач, в якому відбувається процес утворення заданої кількості крапель;

блок 2 - блок сигналізації крайніх положень плунжера при видавлюванні крапель досліджуваної рідкої фази із каліброваного капіляру і керування процесом нагріву робочої камери первинного перетворювача;

блок 3 - мікропроцесорний блок керування процесом вимірювання, обробки індексації результатів вимірювання;

блок 4 - мікрокомпресор для обдуву давача кількості утворених крапель при високих температурах.

Умови роботи приладу ВПНС-1, а також його основні технічні характеристики приведені відповідно табл. 1 і табл. 2.

Первинний перетворювач (блок 1) складається із таких основних елементів і вузлів: крокового двигуна 1 для плавного переміщення плунжера, редуктора 2, штока 3, робочої камери 4, кінцевих перемикачів 5 і 6, нагрівного блоку 7, лампи освітлювальної 8, давача утворених крапель 9 для фіксації кожної із відокремлених крапель, кінцевих перемикачів 5 і 6, штуцера 10 для подачі в робочу камеру дослі-

джуваного газу під необхідним тиском, первинних перетворювачів температури 11 в робочій камері 4, з'єднувального шнура 12 між перетворювачем температури (з'єднувач X8) і з'єднувачем X7, з'єднувача X6 для підключення крокового двигуна

1, двох штуцерів 13 для встановлення в них освітлювальної лампи 8 і давача 9, привідного циліндра 14 разом із диском 16, гвинта 15 для з'єднання штока 3 із циліндром 14.

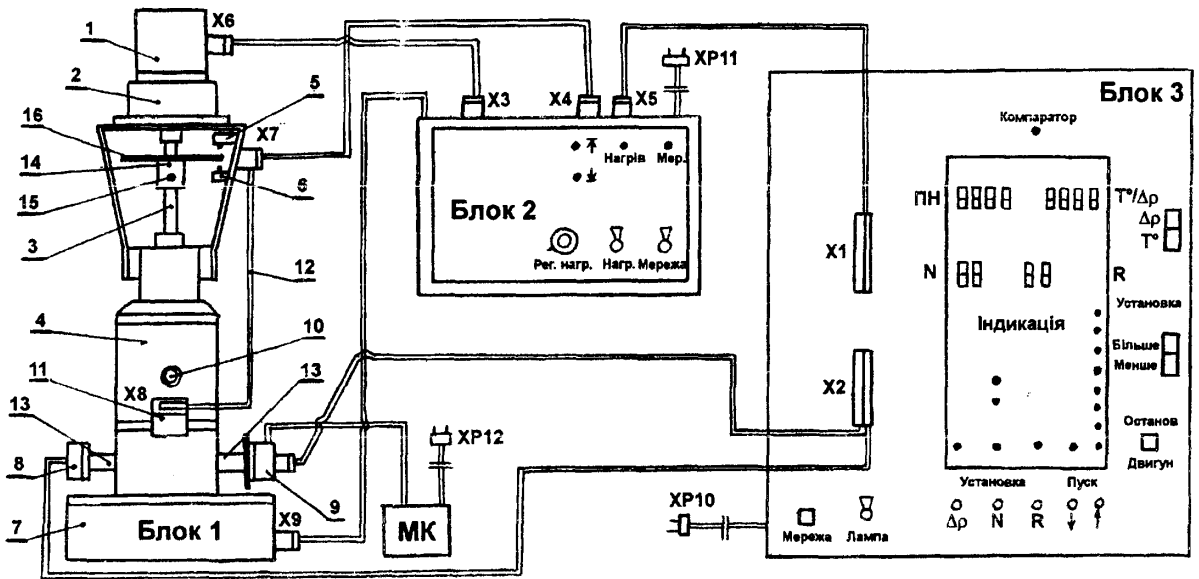


Рис. 1. Структурна схема приладу ВПНС-1.

Таблиця 1 - Умови експлуатації приладу ВПНС-1

Назва параметру	Допустимі значення
1. Найвність вібрацій стендів і робочих столів, на яких встановлюють всі блоки приладу	повна відсутність вібрацій згідно ГОСТ 12997-76
2. Барометричний тиск навколишнього середовища, КПа	від 80 до 100
3. Відносна вологість навколишнього середовища, %	не більше 80 % при 30 °С ГОСТ 12997, гр У4
4. Тривалість неперервної роботи, год, не більше	8
5. Найвність механічних частинок і газових включень в досліджуваній рідкій фазі	Не допускається

Блок сигналізації крайніх положень плунжера при видавлюванні крапель і керування процесом і нагріву первинного перетворювача (блок 2) містить: електричний блок живлення нагрівного блоку 7 і для живлення крокового двигуна 1, плату електричного блока сигналізації крайніх положень плунжера в первинному перетворювачі, плату вимірювання і стабілізації температури в робочій камері, передню панель з встановленими органами управління і

Таблиця 2 – Технічні характеристики приладу ВПНС-1

Назва параметру	Допустимі значення
1. Діапазон вимірювання поверхневого натягу, мН/м	Від 1 до 100
2. Діапазон зміни температури в робочій камері приладу, °С	Від кімнатної до 100
3. Діапазон можливих надлишкових тисків в робочих камерах приладу, МПа	Від 0 до 25
4. Метод вимірювання	Метод об'єму краплі
5. Можлива різниця густин досліджуваних фаз, кг/м ³	Від 200 до 1500

індикації, з'єднувач X3 (для електричного з'єднання з кроковим двигуном), з'єднувач X4 (для з'єднання із кінцевими перемикачами і давачем температури), з'єднувач X5 (для під'єднання із з'єднувачем X1 блоку 3), клему для заземлення і шнур (XP11) для під'єднання до електричної мережі. На передній панелі блоку 2 встановлені: тумблери "Мережа" і "Нагрів", ручка "Рег. нагрів" для задання температури в робочій камері блоку 1, індикатори верхнього "↑" і нижнього "↓" крайніх положень штока 3 в блоці 1.

Мікропроцесорний блок керування процесом

вимірювання, обробки і індикації результатів вимірювання (блок 3) включає: електричний блок живлення; електричні блоки для обробки сигналів від давача 9 блоку 1; електронну плату мікропроцесора для керування роботою крокового двигуна 1, для запам'ятовування введених оператором значень різниці густини $\Delta\rho$ (кг/м³), радіусу вимірюваного капіляру R ($R \cdot 10^2$ мм), який встановлений в робочій камері 1, заданої кількості крапель N , для обробки результатів вимірювання температури в робочій камері, для розрахунку значення поверхневого натягу на основі вимірюваного об'єму рідини на утворення N крапель і заданих значень R і $\Delta\rho$, для представлення всіх значень на цифровому табло блока 3. На передній панелі блока 3 встановлені: з'єднувач Х1 (для з'єднання з з'єднувачем Х5 блоку 2), з'єднувач Х2 (для з'єднання з освітлювальною лампою і давачем відокремлених крапель блоку 1), тумблери "Мережа", "Лампа", кнопки для вибору режиму задання значень $\Delta\rho$, N , R і задання їх конкретних числових значень "Більше" і "Менше". Крім цього на цій панелі є: кнопка аварійної зупинки процесу вимірювання ("Двигун" – "Останов"); сигнальна лампочка неправильної настройки положень освітлювальної лампи 8 і давача 9 в блоці 1 "Компаратор"; кнопка для вибору індикації на табло або значення " $\Delta\rho$ ", або температури "Т"; кнопка "↓" для запуску двигуна 1 на видавлювання крапель (робочий процес); кнопка "↑" для підняття плунжера у верхнє початкове положення (підготовчий процес); цифрові індикатори для значень поверхневого натягу "ПН", заданої кількості крапель "N", радіусу капіляра " $R \cdot 10^2$ ", значень температури в робочій камері і різниці густин досліджуваних фаз " $T^0 / \Delta\rho$ ", бігучої індикації відокремлених крапель від початкової (нульової) до заданої кількості N , а також індикації вибраного параметру для введення оператором його значення ($\Delta\rho$, N , R). Блок 3 підключається до електричної мережі за допомогою шнура 3 з з'єднувачем ХР10.

Мікрокомпресор "МК" (блок 4) безпосередньо підключається в мережу за допомогою шнура із з'єднувачем ХР12 тільки при температурі в робочій

камері більше за 50 °С.

Процедура проведення вимірювання поверхневого натягу приладом ВПНС-1 є такою.

Після ретельної промивки і термосушки вимірюваного капіляру і плунжерної пари, які у вигляді зібраного вузла знаходяться в робочій камері 4 блоку 1 заповнюють плунжерну пару досліджуваною рідиною (наприклад розчином ПАВ) і знову герметично з'єднують між собою всі механічні вузли блоку 1. При цьому герметичність всіх з'єднань забезпечується за допомогою фторопластових втулок і кілець, які можуть працювати також і при високих тисках.

Досліджуваний газ при відповідному тиску подається в робочу камеру через штуцер 10. Шток 3 в початковому стані повинен бути у верхньому положенні, про що свідчить відповідна сигнальна лампочка на передній панелі блока 2. За допомогою блока 2 задається і підтримується відповідна температура у внутрішньому просторі робочої комори 4. Вся необхідна початкова інформація вводиться за допомогою відповідних кнопок блока 3 і індикуються на цифровому табло. Причому процес вимірювання контролюється блоком 3, а після його закінчення результати розрахунку поверхневого натягу, які отримані внаслідок розрахунків мікропроцесорного блоку згідно приведених вище залежностей, також індикуються на табло блоку 3.

Проведені лабораторні випробовування приладу ВПНС-1 підтвердили його працездатність при вказаних пластових тисках і температурах. В даний час прилад ВПНС-1 переданий в експлуатацію в УкрДГРІ (м. Львів).

1. Применение композиций ПАВ при эксплуатации скважин / Н. М. Шерстнёв, Л. М. Гурвич, И. Г. Булина и др. - М.: Недр, 1988.
2. Поверхностные явления и поверхностно-активные вещества: Справочник / Абрамзон А. А., Боброва Л. Е., Зайченко Л. П. и др.; Под ред. Абрамзона А. А., Щукина Л. Е. - Л.: Химия, 1984.
3. Lando J. L., Oakly H. T. Tabulated Correction Factors For The Drop-Weight-Volume Determination Of Surface And Interfacial Tensions // J. Colloid and Interface Sci. - 1967. - V. 42. - N. 1. - P. 526-530.