

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОГО ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ МЕТОДОМ ОБ'ЄМУ КРАПЛІ

© Кісіль І.С., Біліщук В.Б., Пронін Л.Л., 2006

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Розглянуто теоретичні аспекти методики дослідження динамічного поверхневого натягу розчинів поверхнево-активних речовин, що використовуються в нафтодобуванні, методом об'єму краплі. Наведена структурна схема приладу для дослідження динамічного поверхневого натягу розчинів поверхнево-активних речовин цим методом

Одним із способів збільшення нафтовіддачі нафтогазоносних пластів є використання поверхнево-активних речовин (ПАР). Одним з параметрів, що впливає на величину нафтовіддачі, є міжфазний натяг на межі контакту пластовий флюїд – розчин ПАР. Після утворення розчину ПАР значення поверхневого натягу змінюється в часі в результаті процесу адсорбції ПАР на вказану межу розділу фаз. Значення поверхневого натягу залежить від концентрації ПАР в розчині, його активності, умов, при яких існує межа контакту фаз тощо [1]. Тому є необхідність вибору ПАР та його концентрації таким чином, щоб досягти необхідного значення поверхневого натягу в процесі закачування розчину у свердловину.

Для дослідження зміни поверхневого натягу в часі (динамічного поверхневого натягу) використовується декілька методів. Одним з них є сталагмометричний або метод об'єму крапель. Поверхневий натяг згідно методу об'єму краплі розраховується так [2]:

$$\sigma = \frac{V\Delta\rho g}{R}, \quad (1)$$

де $F = 0,14782 + 0,27846 \left(R/V^3 \right) - 0,166 \left(R/V^3 \right)^2$; V

– об'єм однієї краплі; $\Delta\rho$ – різниця густин досліджуваних фаз; R – радіус капіляра.

Відома методика вимірювання поверхневого натягу відомим приладом [2] передбачає збільшення об'єму краплі з постійною швидкістю. Для підвищення точності вимірювання пропонується 90% об'єму краплі утворювати достатньо швидко, а останні 10% повільно, щоб відрив краплі відбувся тільки під дією гравітаційної сили [3].

В даній статті пропонується методика утворення крапель, при якій 90% об'єму краплі утворюється за першу половину потрібного часу, а 10% – за другу (рис. 1). При цьому час утворення

краплі задають згідно відповідних вимог з урахуванням динамічного поверхневого натягу досліджуваного розчину ПАР.

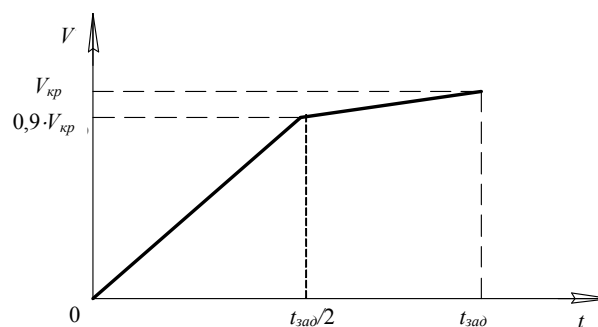


Рис.1. Рекомендована залежність зміни об'єму краплі в часі при дослідженні динамічного поверхневого натягу розчинів ПАР

Для утворення крапель досліджуваного розчину ПАР пропонується використовувати мікрометричний шприц, будова якого показана на рис. 2. Шток 1 з'єднаний з корпусом шприца 3 за допомогою різьби. При обертанні штока на кут $\varphi = 2\pi$ об'єм витісненої рідини ΔV буде становити:

$$\Delta V = S \cdot \Delta l, \quad (2)$$

де S – площа поршня шприца, Δl – крок різьби.

При обертанні штока на довільний кут φ об'єм витісненої рідини V буде таким:

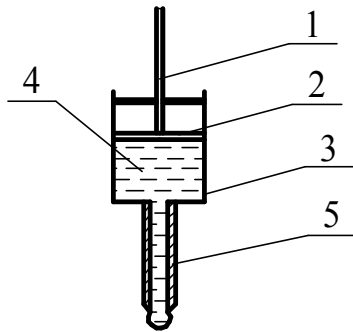
$$V = S \cdot \Delta l \frac{\varphi}{2\pi}. \quad (3)$$

Шток 1 буде приводитись в обертання за допомогою крокового двигуна. Кут, на який повернеться шток 1, буде залежати від кількості імпульсів, що поступають на кроковий двигун:

$$\varphi = K \cdot N, \quad (4)$$

де N – кількість імпульсів, які поступили на

кроковий двигун; K – коефіцієнт, який залежить від двигуна та коефіцієнта передачі редуктора.



1 – шток; 2 – поршень; 3 – шприц; 4 – розчин досліджуваної ПАР; 5 – ножовий капіляр

Рис.2. Будова мікрометричного шприца

Підставивши (4) в (3) отримаємо, що

$$V = \frac{S \cdot \Delta l \cdot K \cdot N}{2\pi} \quad (5)$$

Якщо на кроковий двигун подавати імпульси з інтервалом Δt , то час, за який утвориться крапля, можна розрахувати за формулою

$$T = \Delta t \cdot N \quad (6)$$

Методика вимірювання поверхневого натягу є наступною. Спочатку здійснюється оцінка об'єму утвореної краплі та кількості імпульсів, необхідних для її утворення. Для цього утворюють краплі досліджуваного розчину з постійною швидкістю. Звідси знаходять наступні параметри: максимальний об'єм краплі $V_{кр}$, час утворення краплі $T_{кр}$, необхідну кількість імпульсів $N_{кр}$, що потрібно подати на кроковий двигун для утворення краплі. Ці параметри пов'язані наступною системою рівнянь:

$$\begin{cases} V_{кр} = K \cdot N_{кр} \\ T_{кр} = \Delta t \cdot N_{кр} \end{cases} \quad (7)$$

При вимірюванні динамічного поверхневого натягу необхідною умовою є час $t_{зад}$, за який повинна утворитися крапля. Швидкість утворення краплі на різних стадіях повинна бути різною. Пропонується, що об'єм висячої краплі за першу половину часу повинен досягти до 90% максимального об'єму $V_{кр}$, а за другу половину часу – решту 10% об'єму краплі $V_{кр}$ (рис. 3). Згідно (7) об'єм краплі та кількість імпульсів взаємопов'язані. Тоді за першу половину часу $t_{зад}$ на кроковий двигун потрібно подати $0,9 N_{кр}$ імпульсів з інтервалом часу Δt_1 , а за другу – $0,1 N_{кр}$ імпульсів з інтервалом часу Δt_2 (рис. 3). Звідси

$$t_{зад} / 2 = \Delta t_1 \cdot 0,9 \cdot N_{кр} \quad (8)$$

$$t_{зад} / 2 = \Delta t_2 \cdot 0,1 \cdot N_{кр} \quad (9)$$

де $t_{зад}$ – заданий час утворення краплі; Δt_1 , Δt_2 – інтервали часу між імпульсами протягом першої та другої половини часу $t_{зад}$.

Підставивши друге рівняння з (7) у (8) та (9) можна знайти Δt_1 та Δt_2 :

$$\Delta t_1 = \frac{t_{зад} \cdot \Delta t}{2 \cdot 0,9 T_{кр}} \quad (10)$$

$$\Delta t_2 = \frac{t_{зад} \cdot \Delta t}{2 \cdot 0,1 T_{кр}} \quad (11)$$

Об'єм краплі та час її утворення можуть бути розраховані наступним чином:

$$\begin{cases} V_{кр} = \frac{S \cdot \Delta l \cdot K}{2\pi} \cdot N \\ t_{зад} = \Delta t_1 \cdot N_1 + \Delta t_2 \cdot N_2 \end{cases} \quad (12)$$

де $N = N_1 + N_2$; $N_1 = 0,9 N_{кр}$, N_1 – кількість імпульсів, що повинні надійти на кроковий двигун в інтервалі часу $[0 \div t_{зад} / 2]$; N_2 – кількість імпульсів, що надійшли на кроковий двигун в інтервалі часу $[t_{зад} / 2 \div t_{зад}]$.

Слід відмітити, що точно досягнути потрібний час утворення краплі $t_{зад}$ та отримати об'єм $V_{кр}$ неможливо через непередбачуваність моменту відриву краплі від капіляра. Ця непередбачуваність виникає через ряд факторів. Серед них є явище адсорбції в розчині ПАР, флуктуаційні процеси в краплі, зовнішні чинники, такі як вібрація тощо.

На основі реально виміряного об'єму краплі $V_{кр}$ можна визначити значення поверхневого натягу за формулою (1).

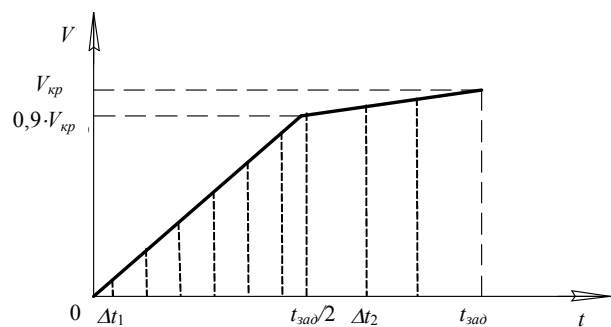
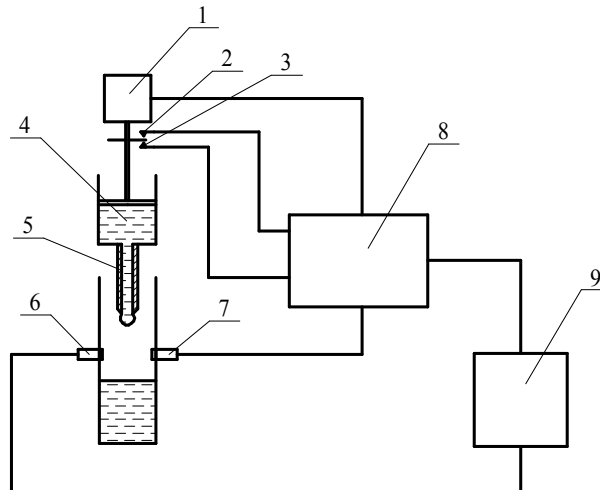


Рис.3. Залежність зміни об'єму краплі від часу

Для вимірювання поверхневого натягу запропонованим методом можна скористатися приладом, структурна схема якого зображена на рис. 4. Прилад працює наступним чином. В початковий момент часу поршень шприца знаходиться в крайньому верхньому положенні, що сигналізується давачем 2. Після початку

вимірювання на кроковий двигун 1 з блоку керування 8 поступають імпульси, під дією яких вал крокового двигуна буде обертати шток шприца. Про досягнення поршнем шприца крайнього нижнього положення буде сигналізувати давач 3. При відсутності рідини між освітлювачем 6 та давачем 7 промінь світла без перешкод попадає на

фотоприймач 7. Крапля, що відірвалась від ножового капіляра, буде змінювати інтенсивність світла, що попадає на давач 7. На виході давача 7 будуть утворюватися імпульси напруги, що будуть реєструватися блоком керування 8. Таким чином буде проводитись підрахунок крапель, що утворились.



1 — кроковий двигун; 2,3 — давачі крайніх положень поршня шприца; 4 — мікрометричний шприц з досліджуваною рідиною; 5 — ножовий капіляр; 6 — освітлювач; 7 — давач; 8 — блок керування; 9 — блок живлення

Рис. 4. Структурна схема приладу для дослідження динамічного поверхневого натягу методом об'єму крапель

1. Кісіль Р.І., Бульбас С.В. Методика підбору поверхнево-активних речовин і їх концентрації у міцелярних розчинах для підвищення нафтовіддачі продуктивних пластів. // Методи та прилади контролю якості, № 3. – Івано-Франківськ, 1999. – С. 21–24. 2. Кісіль І.С., Бульбас С.В., Бондар Р.Т., Ващищак С.П., Кісіль Р.І., Райтер П.М. Прилад для

вимірювання поверхневого натягу при пластових тисках і температурах. // Методи та прилади контролю якості, № 4. – Івано-Франківськ, 1999. – С. 31–33. 3. Русанов А.И., Прохоров В.А. Межфазная тензиометрия. – СПб: Химия, 1994. – 400 с.

УДК 536.2.083.

ПРИЛАД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ РІДКИХ ТА ПАСТОПОДІБНИХ МАТЕРІАЛІВ

© Васильківський І.С., Юсик Я.П., Николин Г.А., 2006
Національний університет "Львівська політехніка"

Розглянуто новий метод вимірювання теплопровідності рідких та пастоподібних матеріалів на основі нової мостової теплової вимірювальної схеми. Приводиться опис принципової схеми розробленого приладу та результати експериментальних досліджень

Сучасні технології змащування та охолодження вимагають нових багатокомпонентних рідких та пастоподібних матеріалів. Важливим показником

якості таких речовин є теплопровідність. Це зумовлено тим, що коефіцієнт теплопровідності – одна із основних характеристик таких матеріалів, а