

УДК 532.61

УДОСКОНАЛЕНИЙ ПРИЛАД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ МІЖФАЗНОГО НАТЯГУ МЕТОДОМ ОБЕРТОВОЇ КРАПЛІ

© Кісіль Р. І., Кісіль І. С., Дранчук М. М., 2003

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Описана структурна схема, конструкція і характеристики основних блоків удосконаленого приладу для вимірювання міжфазного натягу методом обертової краплі.

Вимірювання міжфазного натягу (МН) в основному здійснюється в лабораторних умовах різних наукових і виробничих організацій, які досліджують, розробляють поверхнево-активні речовини (ПАР), а також використовують їх у різних технологічних процесах. Низькі значення (МН) $0,001 \leq \sigma \leq 20$ мН/м, які мають місце на межах контакту розчинів ПАР із рідинами, які за своїми властивостями і походженням близькі між собою, можна вимірювати тільки методом обертової краплі.

В процесі розробки приладу, який би реалізував можливість вимірювання МН у вказаному діапазоні значень з урахуванням удосконаленої методики вимірювання [1], основну увагу необхідно звернути на можливість використання відповідної оптичної системи і засобів обчислювальної техніки для автоматичного вимірювання необхідних розмірів обертової краплі, на розробку відповідного програмного забезпечення, на розробку конструкції і вимірювальних схем приладу і методики проведення ним вимірювань.

З урахуванням вищевказаного нами розроблена структурна схема удосконаленого приладу (рис. 1), яка реалізує удосконалену методику вимірювання МН [1] і включає такі блоки і вузли:

1 – вимірювальну термостатуючу камеру, в якій розміщуються обертова трубка 2 з двома пробками 30 і з досліджуваними рідинами, легша із яких у процесі обертання формується в обертову краплю 3;

4 – джерело стробоскопічного освітлення, тривалість імпульсного спалаху якого повинна бути меншою 0,1 с;

5 – оптичний фільтр;

6 – мікрооб'єктив з необхідним коефіцієнтом оптичного збільшення;

7 – телевізійну камеру;

8 – двигун для обертання трубки 2;

9 – пружну муфту для передачі обертового моменту від привідного двигуна 8 і виключення передачі вібрацій від нього і валу 26 до обертової трубки 2 за допомогою валу 31, який встановлено в прецизійні підшипники 32;

10 – цапгу для утримання і строго горизонтального фіксування положення трубки 2 в процесі її обертання;

11 – блок вимірювання частоти обертання трубки, який містить джерело світла 12, фоточутливий елемент 13 і диск 23 із 10-ма отворами, який жорстко встановлений на валі 26, а також відповідну електричну схему;

14 – блок керування частотою обертання трубки, за допомогою якого можна змінювати частоту обертання і який стабілізує вказану частоту на заданому рівні;

15 – блок вертикального і горизонтального переміщення телевізійної камери 7 з метою досягнення контрастності зображення краплі;

16 – блок введення відеосигналу, який сприймає інформацію від телевізійної камери 7 і передає оброблену певним чином інформацію для подальшої обробки;

17 – стробоскоп, який виробляє необхідний короткочасний і достатньої потужності сигнал для спалаху джерела імпульсного світла 4;

18 – блок керування роботою стробоскопа з метою синхронізації частоти спалаху джерела світла 4 з частотою обертання трубки 11;

19 – блок регулювання та вимірювання температури у вимірювальній термостатичній камері 1, який дозволяє здійснити задання необхідної температури в цій камері, а також його автоматичну стабілізацію протягом процесу вимірювання;

20 – систему нагрівних елементів і вимірювання температури за допомогою чутливого елемента 27 з перемішуванням повітря за допомогою вентилятора 28 у камері 1;

21 – блок узгодження всіх вхідних і вихідних сигналів із вхідними блоками ЕОМ 22. Персональний комп'ютер повинен містити клавіатуру для введення необхідних даних і керування процесом вимірювання, монітор для візуального представлення необхідної інформації в процесі проведення вимірювань, обробки вимірної інформації і

представлення кінцевих результатів вимірювання результатів вимірювання МН;
МН, а також друкуючий пристрій для роздруку

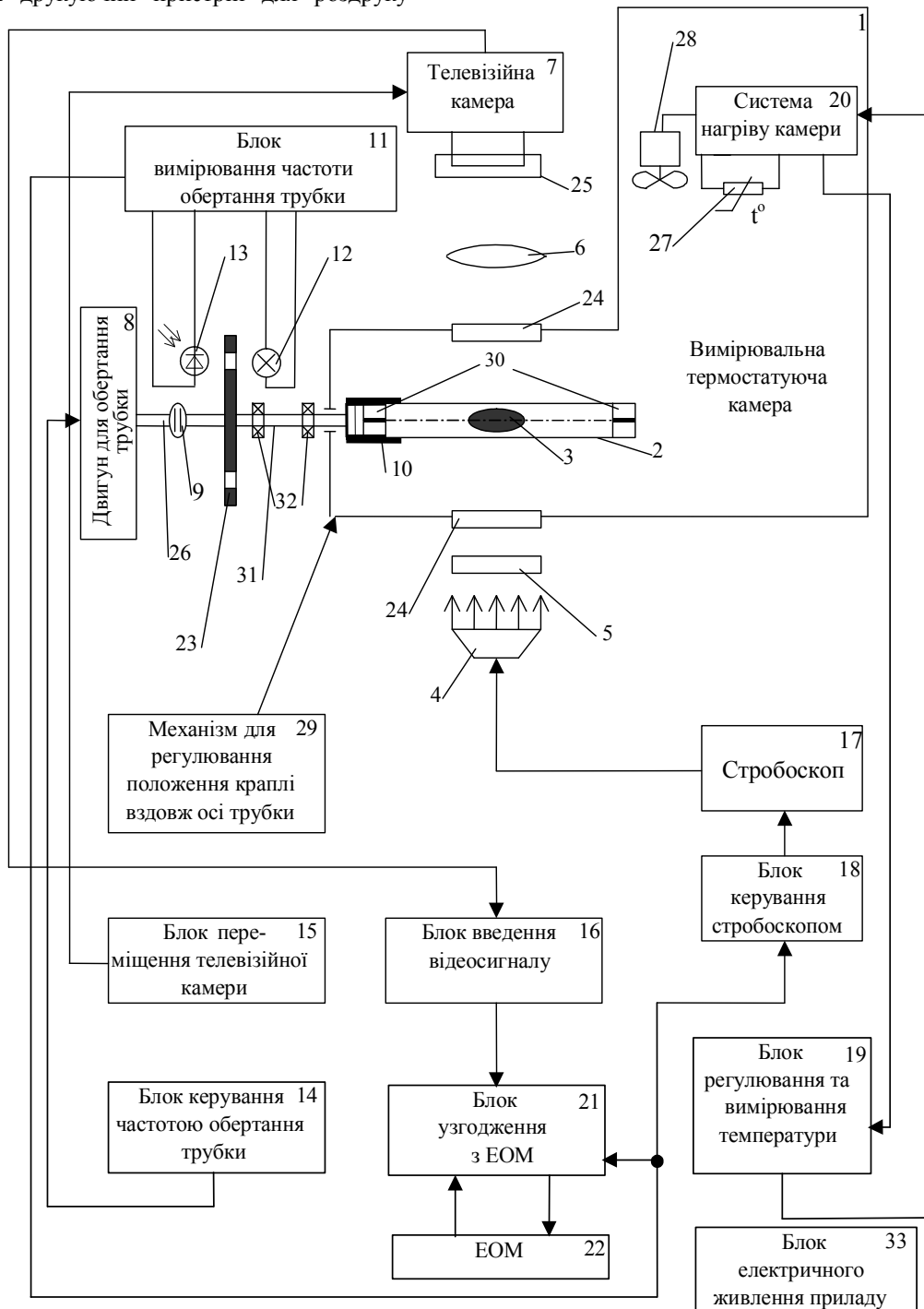


Рис. 1. Структурна схема удосконаленого приладу (ПТК "Сігма") для вимірювання МН методом оберткової краплі

24 – прозорі вікна для забезпечення проходження світлових променів від джерела імпульсного світла 4 через вимірювальну камеру 1 з метою одержання зображення контуру оберткової краплі 3;

25 – світлоелектричний перетворювач;
29 – механізм для встановлення оберткової краплі в такому положенні, яке необхідне для одержання зображення всього її профілю на світло

електронному перетворювачі 25 і екрані монітора ЕОМ 22 одночасно;

33 – блок електричного живлення всіх електричних блоків і вузлів приладу.

Для визначення МН вимірювання відповідних геометричних розмірів обертової краплі здійснюється за допомогою телевізійної системи контролю (ТСК). Така система дозволяє сформувати цифрове зображення краплі, а потім, користуючись відповідним програмним зображенням, визначити всі необхідні її розміри. Застосування ТСК для контролю МН надає такі переваги при його проведенні:

можливість спостереження на моніторі персонального комп'ютера за обертовою краплею у процесі вимірювання її розмірів;

досягнення високої точності результатів вимірювань геометричних розмірів обертової краплі;

автоматизація процесу вимірювання МН;

можливість дослідження динамічного МН шляхом одержання часової залежності;

створення бази даних цифрових зображень обертової краплі для подальшої їх обробки та систематизації.

Принцип роботи ТСК є таким. Потік світлового випромінювання від джерела 4 проходить послідовно через оптичний фільтр 5 і обертову трубку 2, в якій знаходяться досліджувані рідини. Мікрооб'єктив 6 формує зображення краплі 3 на чутливій площині світлоелектричного перетворювача (СЕР) 25 телевізійної камери 7. Сформований в камері 7 відеосигнал подається через блок введення відеосигналу 16 на блок 21 узгодження з ЕОМ і далі на вхід ЕОМ 22.

Для проведення вимірювань геометричних розмірів обертової краплі необхідно, щоб вся крапля одночасно перебувала в полі зору ТСК, а її повне зображення було на СЕР і в результаті на екрані монітора ЕОМ.

Як СЕР 25 у приладі використовується прилад із зарядовим зв'язком (ПЗЗ – матриця) в комплекті з телевізійною камерою Т313. Як СЕР у приладі ПТК “Сігма” використовується ПЗЗ – матриця OS25ii. Формат ПЗЗ – матриці камери 512×582, розмір елемента 9,6×12,2 мкм.

Як блок введення відеосигналу 16 можуть бути застосовані різні типи пристроїв введення відеосигналу. В розробленому приладі використано адаптер AVer PCImage, який має такі основні технічні характеристики:

внутрішня розрядність – 32 біти;

тип шини підключення – PCI;

кількість незалежних відеовходів – 3;

можливі режими представлення кольору – RGB, YUV4:2:2, YUV4:1:1.

Крім цього, вказаний адаптер дає можливість перепризначати та керувати кольоровими компонентами зображення на апаратному рівні.

Загальний вид удосконаленого приладу для вимірювання МН приведений на рис. 2. В склад приладу входять вимірювальний блок і ЕОМ. В свою чергу вимірювальний блок містить механоелектричний пристрій 1, оптичну систему для вимірювання геометричних розмірів обертової краплі 2. ЕОМ містить системний блок, клавіатуру і монітор.

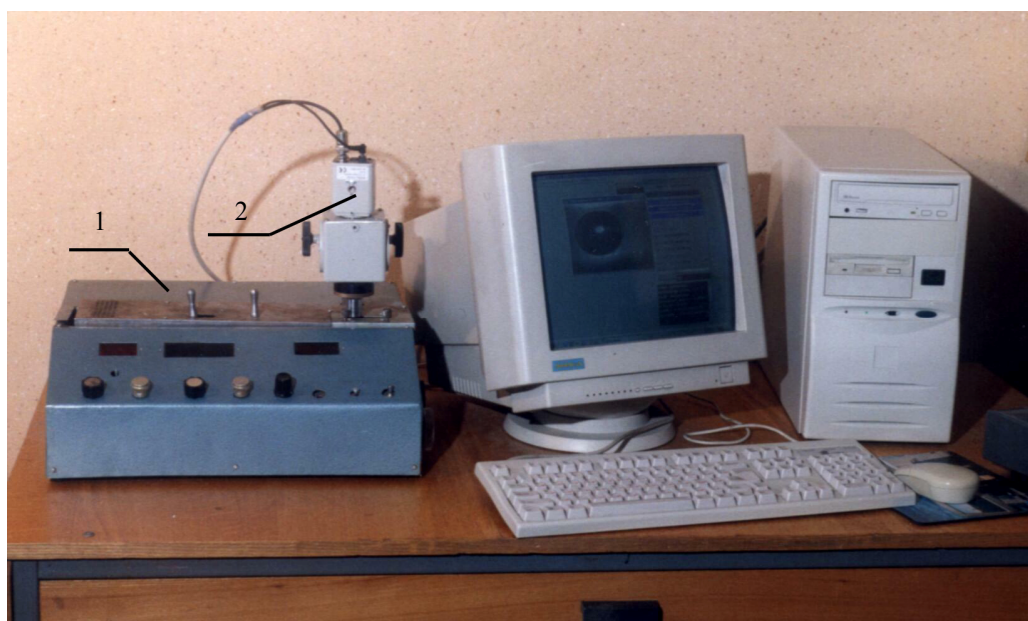


Рис. 2. Загальний вигляд удосконаленого приладу для вимірювання МН

Механо-електричний пристрій містить всі блоки приведені раніше структурної схеми приладу (рис. 1), крім блоків 6, 7, 16, 22 і 25.

Характерними конструктивними особливостями відповідних блоків приладу для вимірювання МН методом обертової краплі є такі (рис. 1). Трубка 2 повинна бути виготовлена із пірексового або іншого прозорого скла, яке є нейтральним до досліджуваних рідких фаз. Причому відношення $R_0/R_3 \leq 0,5$ при умові, що найбільший радіус обертової краплі R буде не більшим половини R_3 , або R_0/R_3 повинно бути меншим або рівним 0,3 при умові, що $R/R_3 \leq 0,8$ [12]. В розробленому приладі використовується скляна медична трубка з $R_3 = 3,5$ мм і $R_0 = 1,75$ довжиною 120 мм. Виготовлення трубки вказаної довжини здійснюється із трубки довжиною 250 мм, зрізи певних відрізків якої з обидвох кінців досліджуються на вимірювальному мікроскопі з метою вибору таких трубок, для яких ексцентриситет не є більшим 1 мкм.

Пробки 30 виготовлені із технічного фторопласта таким чином, що по центру мають отвір діаметром 0,7 мм на всю довжину, а їх зовнішній діаметр забезпечує за рахунок пружних властивостей фторопласта герметичність із внутрішньою поверхнею трубки 2.

Термостатуюча камера 1 виготовлена із термоізолюючого матеріалу текстоліту товщиною 5 мм, її внутрішня довжина дозволяє розмістити в ній трубку 2 разом із цангою 10 і становить 135 мм. Об'єм камери повинен бути мінімальним, але достатнім для розміщення в ньому 4-х нагрівних елементів системи 20, виготовлених із константану, терморезистора 27 і мікрорегулятора 28 для інтенсивного перемішування повітря в камері. Таким чином, розміри внутрішнього простору камери 2 є такими: 135x35x35 мм. Для передачі обертового моменту від муфти 9 за допомогою відповідного валу, а також для встановлення трубки 2 із пробками 30 у цанзі у двох бокових стінках камери 1 передбачені отвори діаметром 10 мм. Для проходження світлових імпульсів у верхній і нижній стінках камери 1 є прозорі вікна 24, які виготовлені із листового скла товщиною 2 мм.

Пружна муфта 10 виготовлена із гумової трубки із таким внутрішнім діаметром, що забезпечує надійне її з'єднання з двох боків із валами 26 і 31. Вказана трубка не пропускає вібрації, які мають місце на валі 26 і передає без зміни частоту обертання від валу 26 до валу 31.

Диск 23 діаметром 50 мм і товщиною 3 мм

виготовлений із сталі ст.3 і покритий чорною матовою емаллю. Рівномірно по діаметру 40 мм у ньому виготовлено 10 отворів діаметром 2 мм для вимірювання кутової швидкості трубки 2, що здійснюється за допомогою джерела світла 12, світлодіода 13 і відповідного електричного блоку 11 (джерело живлення лампочки 12, лічильник і формувач імпульсів).

Цанга 10 забезпечує вільне встановлення в неї трубки 2, а також надійне горизонтальне її утримування в процесі обертання, що здійснюється за допомогою спеціального ручного механізму (на рис. 1 не показано омого цього механізму внутрішній діаметр цанги може змінюватися від 7,1 мм до 6,9 мм по всій довжині (15 мм) поверхні контакту із трубкою 2.

Обертання трубки 2 здійснюється за допомогою двигуна постійного струму (Д-12Т) 8 потужністю 30 Вт напругою 27 В, який використовується в авіаційній техніці і забезпечує стабільні характеристики протягом 8 год. і більше.

Стробоскопічне освітлення обертової краплі забезпечується за допомогою лампи імпульсного спалаху 4 (СШ-2), електронного блока стробоскопа 17, який по суті є вихідним блоком керованого генератора потужних імпульсних вихідних сигналів (до 0,5 А і 20 В), блока керування стробоскопом 18, вказаного вище блока формування імпульсів 11, частота яких є синхронізованою із частотою обертання трубки 2.

Блок керування частотою обертання трубки [25, 29] 14 передбачає можливість зміни і подальшу стабілізацію частоти обертання трубки в діапазоні від 10 об/с до 250 об/с, що відповідає зміні кутової швидкості обертання від 60 рад/с до 1500 рад/с. При цьому похибка стабілізації кутової швидкості обертання не перевищує ± 1 рад/с.

Блок регулювання та вимірювання температури 19 у камері 1 дає можливість зміни і подальшу стабілізацію температури в камері в діапазоні від кімнатної до $+95^\circ\text{C}$ з похибкою $\pm 1^\circ\text{C}$. Для цього реалізується пропорційно-інтегральний закон регулювання температури. Результати вимірювання температури подаються на цифровому табло приладу.

Блок узгодження сигналів з ЕОМ 21 призначений для вироблення цифрових сигналів, які описують форму профілю обертової краплі в моменти вимірювання, які задаються вручну за допомогою клавіатури ЕОМ, а також цифрового сигналу, пропорційного частоті обертання трубки в ці ж моменти часу і подачі цих сигналів на

аналоговий вхід ЕОМ 22 (ПК РІІ – 400 МГц).

Блок електричного живлення 33 приладу дозволяє отримати на виході такі необхідні напруги: ± 12 В, $I = 2$ А; ± 30 В, $I = 1,5$ А; ± 6 В, $I = 2$ А; ~ 30 В, $I = 2$ А. При цьому вказані параметри напруг живлення є стабільними з відхиленням $\pm 2,5$ % при зміні напруги живлення приладу від 187 В до 242 В.

Кожний із блоків 14, 19, 21 і 33, так само, як і блоки 17 і 18, виготовлені у вигляді окремих електронних плат з відповідними навісними радіоелементами і виконують свої функції завдяки відповідному їх з'єднанню між собою.

Блок 15 для переміщення телевізійної камери 7 приладу – це механічний ручний пристрій, який забезпечує можливість переміщення камери 7 як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямках з метою одержання контрастного зображення обертової краплі на екрані монітора ЕОМ. З метою виключення впливу вібрацій на роботу камери 7 передбачено механічне роз'єднання блока 15 від вузлів, які забезпечують обертання краплі.

Механізм 29 для ручного регулювання положення обертової краплі вздовж осі трубки 2 – це механічний вузол, який дозволяє здійснювати підняття і стабілізацію положення однієї із сторін такого механічного з'єднання: двигун 8, вали 26 і 31, диск 23, муфта 9, підшипники 32, камера 1 із всіма розміщеними в ній блоками і елементами. Вказані блоки і елементи з'єднання з цією метою розміщені на одній масивній основі, вертикальне положення однієї із сторін якої встановлюється механізмом 29.

Проведений метрологічний аналіз описаного вище приладу для вимірювання МН показав, що його сумарна приведена похибка з врахуванням методичної похибки не перевищує 1,15 %.

І. Кісіль Р. І., Чеховський С. А. Удосконалена методика і прилад для вимірювання міжфазного натягу методом обертової краплі // Методи та прилади контролю якості. - 1999. - № 4. - С. 36-40.

УДК 532.612.3

ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МІЖФАЗНОГО НАТЯГУ ПО ЗМІНІ ТИСКУ У ВИСЯЧІЙ КРАПЛІ СТАЛОГО ОБ'ЄМУ

© Малько О. Г., 2003

Івано – Франківський національний технічний університет нафти і газу

Розроблені алгоритм та програмний продукт віконного типу моделювання квазістатичного росту висячої краплі, яка утворюється на вістрі ножового капіляра. Одним з аспектів розрахунків програми є встановлення залежності міжфазного натягу від тиску в рідинному меніску заданого об'єму, що дало можливість обґрунтувати методологію визначення динамічних характеристик міжфазного натягу по зміні тиску у висячій краплі сталого об'єму (від моменту утворення поверхні розділу фаз до стану рівноваги).

Однією з найбільш перспективних інструментальних реалізацій вимірювання, контролю та діагностики якісного та кількісного складу розчинів на основі капілярних методів [1] є визначення динамічних характеристик міжфазного натягу по зміні тиску у висячій краплі сталого об'єму, що утворюється на вістрі ножового капіляра. Переваги запропонованого методу полягають:

- у відносній простоті реалізації;
- можливості повної автоматизації процесу вимірювання;
- автоматичному оновленні чутливого елемента (поверхні розділу фаз) при кожному циклі вимірювання;

- можливість оперативного контролю у реальному масштабі часу;
- можливість розміщенням первинних перетворювачів безпосередньо у зоні контролю;
- універсальність конструкції первинних перетворювачів щодо компонентів, що підлягають дослідженню.

– можливість створення єдиної автоматизованої системи контролю довкілля з розподіленими у просторі точками вимірювання.

Найпростішою інструментальною реалізацією запропонованого методу є циклічне занурення ножового капіляра у ємність з контрольованою рідиною (при аналізі самої рідини),