

---

УДК 681.2.08

М.М. Чуйко

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ*

## **МЕТРОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ПРИСТРОЮ ДЛЯ КОНТРОЛЮ СТУПЕНЯ ЗМОЧУВАНOSTІ ТВЕРДИХ ТІЛ РІДИНОЮ ПРИ КАПІЛЯРНІЙ ДЕФЕКТОСКОПІЇ**

*Здійснено короткий опис ємнісного методу та функціональної блок-схеми розробленого пристрою, що застосовується для підбору пенетрантів з оптимальними характеристиками при капілярній дефектоскопії. Виконано метрологічний аналіз пристрою шляхом розкладання сумарної невизначеності на окремі складові, зумовлені конструктивними та методичними особливостями, розраховано значення складових сумарної невизначеності вимірювання. Згідно з результатами розрахунків зроблено висновки щодо доцільності розроблення пристрою.*

***Ключові слова:** пристрій, метрологічний аналіз, невизначеність, ступінь змочуваності, розтікання, пенетрат, ємнісний перетворювач.*

### **Вступ**

**Постановка проблеми.** Найбільш доступним та маловартісним методом контролю поверхневих дефектів є капілярна дефектоскопія. Цей метод широко застосовується у багатьох сферах промисловості: приладобудуванні, машинобудуванні, нафтогазовій і важкій промисловості, енергетиці та інших.

Основними чинниками проведення достовірної капілярної дефектоскопії є: якісні дефектоскопічні рідини (пенетранти, очисники, проявники); дотримання умов та послідовності контролю; достатня ступінь змочуваності досліджуваного твердого тіла, що дозволяє глибоко проникати пенетрантам у дефекти та не вимиватися з них.

Дуже часто при проведенні капілярного контролю беруть до уваги тільки якісні характеристики рідин, при цьому не враховують характеристики твердого тіла (шорсткості, поверхневої неоднорідності) та характер взаємодії системи «тверде тіло-рідина-газ» (ступінь змочуваності).

Відомий геометричний спосіб вивчення процесів змочування методом знімання на відеокамеру процесу розтікання рідини по поверхні з наступним визначенням крайового кута змочування та обробленням зображення за допомогою ЕОМ. У даному методі мала крапля рідини наноситься на горизонтальну поверхню досліджуваного твердого тіла та здійснюється відеозапис чи фотографування, або проектування на екран зображення. Для дуже малих

крапель (об'єм яких є меншим від  $10^{-4}$  мл) вплив гравітаційних сил на форму краплі є незначним, тому крапля розглядається як фрагмент сфери і крайовий кут змочування визначається на основі результатів вимірювання висоти та діаметру основи лежачої краплі на твердій поверхні [1]. Однак даний метод використовується для визначення змочуваності дуже малих об'ємів непрозорих рідин на гладкій поверхні зі значною контрастністю рідини на поверхні.

Також відомий спосіб контролю змочуваності і розтікання, при якому в центр чутливої зони кварцового резонатора наносять досліджувану речовину і за зміною частоти коливань в часі визначають характеристики змочування і розтікання. [2]. Однак різні рідини і тверді тіла по-різному взаємодіють між собою, тому даний спосіб не дозволяє здійснювати дослідження з конкретним твердим тілом, в тому числі і пористим, враховувати характер взаємодії цих середовищ, а тільки з кварцовим резонатором.

Тому було запропоновано ємнісний метод контролю, який дозволяє здійснювати комплексну оцінку якісних параметрів капілярного контролю, що враховує взаємодії цілої системи «тверде тіло-рідина-газ». Даний метод базується на використанні залежності зміни ємності конденсатора внаслідок зміни загальної діелектричної проникності середовища між обкладками конденсатора, яка змінюється в процесі змочування пенетрантом досліджуваної твердої поверхні. Швидкість розтікання пенетранта, яка залежить від стану твердої поверхні, густини та в'язкості пенетранта, крайового кута змочування визначає швидкість зміни ємності конденсатора [3] Саме за цим параметром і проводиться комплексна

оцінка ступеня змочуваності, тобто розтікання рідини поверхнею.

На основі даного методу розроблено пристрій для контролю ступеня розтікання [4], що названий ВСП-1, який дозволяє здійснювати експрес-контроль для підбору пенетранта з найбільш оптимальними характеристиками з врахуванням поверхневих властивостей досліджуваного об'єкта.

**Формулювання мети статті.** Здійснити метрологічний аналіз пристрою ВСП-1 та пересвідчитись в доцільності його розробки, так як даний метод вперше використано для комплексної оцінки ступеня змочуваності і через відсутність більш високоточних приладів для аналогічних досліджень немає можливості провести його перевірку.

## Виклад основного матеріалу

Структурна схема пристрою ВСП-1 представлена на рис. 1. Процес розтікання рідини відбувається у вимірювальному блоці 1, що захищений екраном 2 від впливу зовнішніх електромагнітних полів. За допомогою дозатора (шприца) 3 наноситься фіксований об'єм рідини на поверхню досліджуваного тіла. Автоматизоване дозування краплі здійснюється через передавальний механізм 4 за допомогою крокового двигуна 5. Дискретне переміщення поршня дозатора задається блоком управління двигуном 6 через цифро-аналоговий перетворювач 7, що зв'язаний з ЕОМ 8. Одночасно із нанесенням рідини здійснюється вимірювання ємнісного опору перетворювачем 9, звідки сигнал, підсилений в широкосмуговому підсилювачі 10, подається на ЕОМ 8.

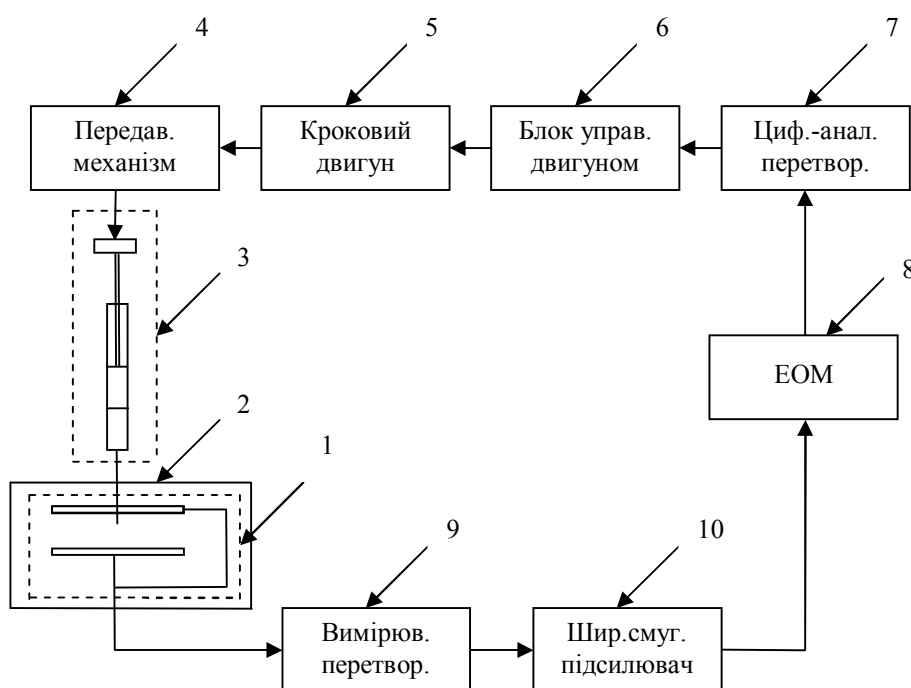


Рис. 1. Функціональна блок-схема пристрою ВСП-1

Контроль ступеня змочуваності та характеру взаємодії системи «рідина – тверде тіло – газ» здійснюється шляхом порівняння форми та ступеня розкиду навколо середніх значень кривої зміни динамічного ємнісного опору конденсатора при розтіканні двох рідин – еталонної та досліджуваної.

На основі аналізу впливу різноманітних факторів на процес вимірювання ємнісного опору при розтіканні рідини встановлено основні складові невизначеності, за якими розроблена схема нагромадження сумарної невизначеності пристрою ВСП-1, представлена на рис. 2.

В загальному всі складові невизначеності в залежності від причини їх виникнення поділені на інструментальні та методичні [5].

**Інструментальна невизначеність** пристрою ВСП-1 включає:

– невизначеність ємнісного перетворювача ( $u_{\text{емн.пер.}}$ );

– невизначеність ємнісної комірки ( $u_{\text{емн.ком.}}$ );

– невизначеність дозування ( $u_{\text{дозув.}}$ ).

В свою чергу невизначеність ємнісної комірки зумовлена відхиленням від горизонтального положення нижньої пластини конденсатора ( $u_{\text{гориз.}}$ ) та непаралельністю його обкладок ( $u_{\text{парал.}}$ ); наявністю отвору у верхній обкладці ( $u_{\text{отв.}}$ ); відхиленням від заданих конструктивних розмірів ( $u_{\text{розм.}}$ ); неповним приляганням контрольованого зразка до обкладки конденсатора  $u_{\text{приляг.}}$ ; впливом змін параметрів зовнішнього середовища ( $u_{\text{зовн.сер.}}$ ), а саме температури ( $u_{\text{темп.}}$ ) та вологості ( $u_{\text{волог.}}$ ). Невизначеність дозування зумовлена похибками роботи АЦП ( $u_{\text{АЦП}}$ ), БУД ( $u_{\text{БУД}}$ ); крокового двигуна ( $u_{\text{двиг.}}$ ); передавального механізму ( $u_{\text{пер.мех.}}$ ) та інерційністю поршня дозатора ( $u_{\text{інерц.}}$ ).

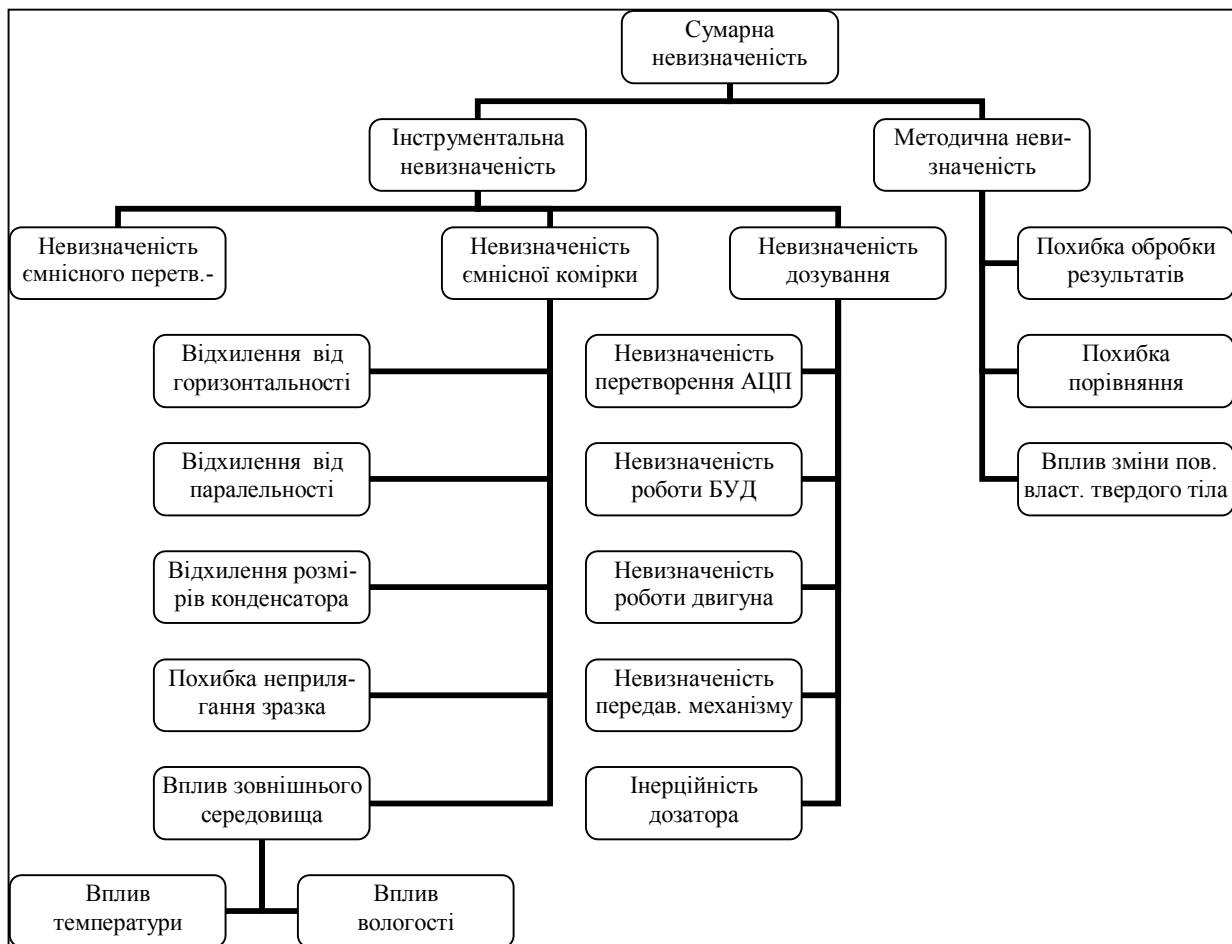


Рис. 2. Узагальнена схема нагромадження невизначеності пристрою ВСП-1

Методична невизначеність зумовлена:

– невизначеністю обробки вимірювального сигналу ( $u_{\text{оброб.}}$ );

– невизначеністю порівняння сигналів, отриманих вимірюванням ємнісного опору при розтіканні еталонної та досліджуваної рідин ( $u_{\text{порівн.}}$ );

– невизначеністю, пов'язаною зі зміною поверхневих властивостей зразка ( $u_{\text{пов.власт.}}$ ).

Невизначеність ємнісного перетворювача розраховується за типом В, оскільки не представляється можливим здійснювати багатократні вимірювання для одного і того ж досліджуваного зразка [6]. Абсолютна похибка даного перетворювача, яка була

встановлена виробником в ході експериментальних досліджень, становить  $\delta_{\text{емн.пер.}} = \pm 2\%$ . Даний перетворювач побудований на мікросхемі AD 5934, що дає можливість стверджувати про рівномірний закон розподілу, для якого коефіцієнт рівний  $\sqrt{3}$ .

$$u_{\text{емн.пер.}} = \frac{\delta_{\text{емн.пер.}}}{\sqrt{3}} = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1,15\%.$$

Для зменшення систематичної складової невизначеності внаслідок відхилення від горизонтального положення нижньої обкладки конденсатора необхідно періодично контролювати її нахил і за допомогою регулюючих ніжок пристрою здійснювати коригування. Невизначеність, що виникає внаслідок цього відхилення, досліджено за допомогою універсального мікроскопа УИМ-216. Експериментально визначено максимальне відхилення нижньої обкладки конденсатора від горизонталі, яке становить  $\delta_{\text{гориз.}} = \pm 0,8\%$ . Закон розподілу даної невизначеності можна вважати трикутним, оскільки, як сказано в [7], невизначеності відхилення геометричних розмірів тіл підлягають трикутному закону розподілу, коефіцієнт якого дорівнює  $\sqrt{6}$ . Отже, невизначеність від негоризонтального положення нижньої обкладки конденсатора становить:

$$u_{\text{гориз.}} = \frac{\delta_{\text{гориз.}}}{\sqrt{6}} = \frac{0,8}{\sqrt{6}} = 0,33\%.$$

Для знаходження відхилення від паралельності здійснено багаторазові вимірювання відстані між обкладками по краю конденсатора. При цьому вимірювання здійснювалися за допомогою мікрометра у діаметрально протилежних точках для різних встановлених відстаней між обкладками конденсатора (0,5; 0,7 та 1 см). В результаті експерименту встановлено, що найбільше абсолютне відхилення рівне  $\delta_{\text{парал.}} = \pm 0,55\%$ . Врахувавши, що даним вимірюванням характерний трикутний закон розподілу, оскільки мова йде про відхилення геометричних розмірів, невизначеність буде такою:

$$u_{\text{парал.}} = \frac{\delta_{\text{парал.}}}{\sqrt{6}} = \frac{0,55}{\sqrt{6}} = 0,22\%.$$

Оскільки ємність конденсатора в значній мірі залежить від його форми та розмірів, то відхилення дійсних геометричних параметрів від заданих буде створювати невизначеність пристрою. Дана невизначеність пов'язана із похибкою інструмента, що здійснює нарізання обкладок. Для кількісної оцінки її невизначеності використано мікроскоп УИМ-216, за допомогою якого отримано максимальне відхилення розмірів обкладок конденсатора, абсолютне значення якого становить  $\delta_{\text{розм.}} = \pm 1\%$ . Також отвір у верхній обкладці конденсатора значно впливає на його ємність. Для дослідження даного впливу здійснено вимірювання ємності для одного і того ж кон-

денсатора спочатку без отвору, а тоді з поетапним збільшення отвору від 1 до 3 мм у діаметрі. З отриманих результатів найбільше абсолютне значення становить  $\delta_{\text{отв.}} = \pm 2,5\%$ .

На основі розрахунку даних складових встановлено, що найбільший вплив вносить наявність отвору у обкладці, тому з врахуванням рівномірного закону розподілу стандартна невизначеність за типом В буде рівна:

$$u_{\text{розм.}} = \frac{\delta_{\text{отв.}}}{\sqrt{3}} = \frac{2,5}{\sqrt{3}} = 1,44\%.$$

Наявність повітряного прошарку внаслідок неповного прилягання контрольованого зразка до обкладки конденсатора викликає утворення додаткової ємності вимірювальної комірки, а значить і вносить додаткову похибку в результати дослідження. Відхилення внаслідок неприлягання зразка досліджено шляхом просвітлювання лінії дотику контрольованого твердого тіла і обкладки конденсатора з наступним вимірюванням розмірів максимальної світлової плями. При цьому відхилення по відношенню до площі поперечного перерізу конденсатора складає  $\delta_{\text{приляг.}} = \pm 0,5\%$ . Стандартна невизначеність за типом В з врахуванням трикутного закону розподілу рівна:

$$u_{\text{приляг.}} = \frac{\delta_{\text{приляг.}}}{\sqrt{6}} = \frac{0,5}{\sqrt{6}} = 0,21\%.$$

Для дослідження впливу зовнішнього середовища, а саме температури та вологості, було проведено вимірювання ємності конденсатора в температурному діапазоні від 15 до 25°C, а також для відносної вологості 60-100%. Як показали дослідження, максимальний температурний вплив рівний  $\delta_{\text{темп.}} = \pm 0,3\%$ , а вплив вологості складає  $\delta_{\text{волог.}} = \pm 0,2\%$ . Для даних невизначеностей характерний рівномірний закон розподілу і тому їх значення рівне:

$$u_{\text{темп.}} = \frac{\delta_{\text{темп.}}}{\sqrt{3}} = \frac{0,3}{\sqrt{3}} = 0,17\%,$$

$$u_{\text{волог.}} = \frac{\delta_{\text{волог.}}}{\sqrt{3}} = \frac{0,2}{\sqrt{3}} = 0,115\%.$$

Сумарна невизначеність від впливу зовнішнього середовища складає

$$u_{\text{зовн.сер.}} = \sqrt{u_{\text{темп.}}^2 + u_{\text{волог.}}^2} = \sqrt{0,17^2 + 0,115^2} = 0,205\%,$$

а загальна невизначеність ємнісної комірки за відсутності кореляції між вищенаведеними складовими рівна:

$$\begin{aligned} u_{\text{емн.ком.}} &= \\ &= \sqrt{u_{\text{гориз.}}^2 + u_{\text{парал.}}^2 + u_{\text{розм.}}^2 + u_{\text{приляг.}}^2 + u_{\text{зовн.сер.}}^2} = \\ &= \sqrt{0,33^2 + 0,22^2 + 1,44^2 + 0,21^2 + 0,205^2} = 1,52\%. \end{aligned}$$

Невизначеність роботи двигуна в основному зумовлена коливаннями напруги живлення. Згідно з паспортними даними абсолютна похибка роботи

двигуна становить  $\delta_{\text{двиг.}} = \pm 0,5\%$ . Закон розподілу даної похибки близький до рівномірного, тому невизначеність роботи двигуна є такою:

$$u_{\text{двиг.}} = \frac{\delta_{\text{двиг.}}}{\sqrt{3}} = \frac{0,5}{\sqrt{3}} = 0,29\%.$$

Як показали дослідження, похибка може виникати внаслідок наявності «мертвого ходу» крокового двигуна з передавальним механізмом. Для знаходження величини невизначеності були проведені експериментальні дослідження, які полягали у визначенні залежності переміщення поршня дозатора від кількості імпульсів, поданих з ЕОМ на блок управління двигуном. Максимальна зведена похибка рівна  $\delta_{\text{пер.мех.}} = \pm 0,16\%$ . Як сказано в [7], похибки кінетичних пар механізмів підлягають рівномірному закону розподілу, тому невизначеність передавального механізму рівна:

$$u_{\text{пер.мех.}} = \frac{\delta_{\text{пер.мех.}}}{\sqrt{3}} = \frac{0,16}{\sqrt{3}} = 0,09\%.$$

Похибка роботи БУД становить  $\delta_{\text{БУД}} = \pm 0,2\%$  і підпорядковується рівномірному закону розподілу, тому невизначеність знаходимо аналогічним чином:

$$u_{\text{БУД}} = \frac{\delta_{\text{БУД}}}{\sqrt{3}} = \frac{0,2}{\sqrt{3}} = 0,115\%.$$

Похибка перетворення АЦП згідно з паспортними даними рівна  $\delta_{\text{АЦП}} = \pm 0,1\%$  і відповідає нормальному закону розподілу, для якого коефіцієнт рівний 3. Отже невизначеність, яка вноситься АЦП, рівна:

$$u_{\text{АЦП}} = \frac{\delta_{\text{АЦП}}}{3} = \frac{0,1}{3} = 0,033\%.$$

Для розрахунку невизначеності, викликані інерційністю дозатора, проведені багаторазові вимірювання величини переміщення дозатора при одному повному оберті валу двигуна (за кількістю імпульсів, поданих з ЕОМ) при заповненні дозатора досліджуваними рідинами з різною густиною та в'язкістю. Максимальний розкид значень переміщень по відношенню до усередненого переміщення склав  $\delta_{\text{інерц.}} = \pm 0,1\%$ . Тому стандартна невизначеність інерційності дозатора з врахуванням рівномірного закону розподілу становить:

$$u_{\text{інерц.}} = \frac{\delta_{\text{інерц.}}}{\sqrt{3}} = \frac{0,1}{\sqrt{3}} = 0,058\%.$$

У зв'язку з тим, що всі наведені вище невизначеності не корелюють між собою і мають адитивний характер, то сумарна невизначеність дозування становить:

$$u_{\text{дозув.}} = \sqrt{u_{\text{двиг.}}^2 + u_{\text{пер.мех.}}^2 + u_{\text{БУД}}^2 + u_{\text{АЦП}}^2 + u_{\text{інерц.}}^2} = \sqrt{0,29^2 + 0,09^2 + 0,115^2 + 0,033^2 + 0,058^2} = 0,95\%.$$

Сумарна інструментальна невизначеність розраховується за формулою:

$$U_{\text{інстр.}} = \sqrt{\sum_i u_i^2} = \sqrt{u_{\text{емн.пер.}}^2 + u_{\text{емн.ком.}}^2 + u_{\text{дозув.}}^2} = \sqrt{1,15^2 + 1,52^2 + 0,95^2} = 2,13\%.$$

Основною складовою *методичної невизначеності* даного пристрою є невизначеність, пов'язана із обробкою сигналу, яка спричиняється використанням певного методу згладжування при побудові графічних залежностей зміни ємнісного опору конденсатора в часі. При обробці експериментальних даних за допомогою програмного пакету MatLab для отримання більш плавної досліджуваної кривої з обмеженою кількістю точок перегину (не більше 6) використовуємо коефіцієнт згладжування  $k_3 = 0,4$ , тому невизначеність обробки сигналу при рівномірному законі розподілу є такою:

$$u_{\text{оброб.}} = \frac{\delta_{\text{оброб.}}}{\sqrt{3}} = \frac{0,4}{\sqrt{3}} = 0,23\%.$$

Оскільки ступінь змочуваності визначається шляхом порівняння розтікання досліджуваної та еталонної рідин, то необхідно врахувати методичну складову невизначеності, яка пов'язана із підбором еталонної рідини та методикою порівняння. Порівняння здійснюється шляхом побудови дотичних до графіків кривих залежностей зміни ємнісного опору в часі та порівняння їх із збереженими у пам'яті ЕОМ графіками кривих зміни ємнісного опору з відомими значеннями ступеня розтікання рідин, тобто за крутизною даних характеристик.

Крутизна отриманих графіків розраховується за нахилом дотичних до кривої в декількох точках. Визначення кількості точок порівняння здійснюється шляхом дослідження кількості екстремумів даної досліджуваної кривої, тобто тих точок, в яких похідна дорівнює нулю. Підбір відповідних експериментальних характеристик ідеальним здійснюється за коефіцієнтами або кутом нахилу дотичної та другої похідної. Як правило, порівняння здійснювалось у 6-ти точках характеристики по всьому діапазону зміни ємнісного опору таким чином, щоб точки порівняння знаходилися на всіх ділянках залежності, які розділені екстремумами.

Криві вважаються відповідними, якщо різниця кутів нахилу одного знаку в одні і ті ж моменти часу від початку вимірювань складає менше  $1^\circ$  ( $\Delta_{\text{кут.нах.}} = \pm 1^\circ$ ). Діапазон зміни кута нахилу становить  $D_{\text{кут.нах.}} = 180^\circ$ . Дана похибка відповідає рівномірному закону розподілу, тоді невизначеність порівняння становить:

$$u_{\text{порівн.}} = \frac{\Delta_{\text{кут.нах.}}}{D_{\text{кут.нах.}} \cdot \sqrt{3}} = 0,003\%.$$

Похибка від зміни поверхневих властивостей зразка  $\delta_{\text{пов.влас.}}$  виникає внаслідок процедури очищення

досліджуваної поверхні зразка після змочування еталонною та досліджуваними рідинами. В даному пристрої крива розтікання еталонної рідини (дистильованої води) використовується як калібрувальна характеристика. Так як дослідження проводяться для одного твердого тіла і декількох рідин виникає необхідність очищення поверхні зразка від залишків цих рідин. В процесі очищення поверхня контрольованого зразка зазнає механічних пошкоджень, внаслідок чого може частково змінюватися шорсткість, поверхневий натяг та поверхневий заряд зразка, а також можуть залишатися рештки очисника на його поверхні. Тому для досліджуваного зразка було здійснено контрольні вимірювання ємнісного опору після кожного очищення і просушування та визначено його відхилення відносно початкового значення. Величина відхилення ємнісного опору зростає із збільшенням кількості контрольованих рідин і в середньому складає  $\delta_{\text{пов.в.ласт.}} = \pm 1,5\%$  для шести рідин. Розрахована за типом В стандартна невизначеність внаслідок зміни поверхневих властивостей з врахуванням рівномірного закону розподілу є:

$$u_{\text{пов.в.ласт.}} = \frac{\delta_{\text{пов.в.ласт.}}}{\sqrt{3}} = \frac{1,5}{\sqrt{3}} = 0,87\%.$$

Сумарна методична невизначеність пристрою:

$$U_{\text{метод.}} = \sqrt{\sum_i u_i^2} = \sqrt{u_{\text{оброб.}}^2 + u_{\text{порівн.}}^2 + u_{\text{пов.в.ласт.}}^2} = \sqrt{0,23^2 + 0,003^2 + 0,87^2} = 0,9\%.$$

Сумарна невизначеність пристрою ВСП-1 становить:

$$U = U_{\text{інстр.}} + U_{\text{метод.}} = 2,13\% + 0,9\% = 3,03\%.$$

## Висновки

1. На основі аналізу факторів впливу в процесі проведення вимірювання пристроєм ВСП-1 розроблена схема нагромадження сумарної невизначеності

вимірювання, розраховано значення її складових. Встановлено, що найбільше значення має складова, пов'язана із невизначеністю ємнісної комірки, що дає підстави надавати особливо високі вимоги щодо дотримання заданих конструктивних розмірів комірки та встановлення досліджуваного зразка.

2. Величина сумарної невизначеності, яка склала 3,03%, дає підстави стверджувати про доцільність розробки пристрою ВСП-1 та достовірність отриманих результатів контролю за допомогою даного пристрою.

## Список літератури

1. Зимон А.Д. Адгезия жидкости и смачивание / А.Д. Зимон. — М.: Химия, 1974. — 416 с.
2. А.с. СССР № 2704084/18–25, кл G 01 N 13/00, 1978.
3. Пат.97595 U Україна МПК(2012.01) G01N 13/00. Спосіб контролю змочуваності рідиною поверхні твердого тіла / Чуйко М.М., Витвицька Л.А. — №201015707; заявл. 27.12.2010; опубл. 27.02.2012, Бюл. №4.
4. Пат.64013 U Україна МПК(2011.01) G01N 13/00. Пристрій для контролю змочуваності рідиною поверхні твердого тіла / Чуйко М.М., Витвицька Л.А. — №201104224; заявл. 07.04.2011; опубл. 25.10.2011, Бюл. №20.
5. Кісіль І.С. Метрологія, точність і надійність засобів вимірювань: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / І.С. Кісіль. — Івано-Франківськ: Вид-во "Факел", 2002. — 400 с.
6. Захаров І.П. Теорія неопределенности в измерениях: Учеб. пос. / И.П. Захаров, В.Д. Кукуш. — Х.: Консум, 2002. — 256 с.
7. Новицький П.В. Оценка погрешностей результатов измерений / П.В. Новицький, И.А. Зограф. — Л.: Электроатомиздат, 1991. — 302 с.

Надійшла до редколегії 30.08.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. І.С. Кісіль, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ.

## МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ СТЕПЕНИ СМАЧИВАЕМОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ ЖИДКОСТЬЮ ПРИ КАПИЛЛЯРНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ

М.М. Чуйко

Осуществлено короткое описание емкостного метода и функциональной блок-схемы разработанного устройства, которое применяется для подбора пенетрантов с оптимальными характеристиками при капиллярной дефектоскопии. Выполнен метрологический анализ устройства путем разложения суммарной неопределенности на отдельные составляющие, предопределенные конструктивными и методическими особенностями, рассчитано значение составляющих суммарной неопределенности измерения. Согласно результатам расчетов сделаны выводы относительно целесообразности разработки устройства.

**Ключевые слова:** устройство, метрологический анализ, неопределенность, степень смачиваемости, растекание, пенетрант, емкостный преобразователь.

## METROLOGICAL ANALYSIS OF DEVICE TO CONTROL THE DEGREE OF WETTABILITY OF SOLID BY LIQUIDS IN CAPILLARY DEFECTOSCOPY

M.M. Chuyko

Made brief description of the capacitance method and the functional block diagram of the developed device that is used for the selection of penetrant with optimal characteristics for capillary defectoscopy. Carried out metrological analysis of device by decomposition of total uncertainty on the individual components due to structural and methodical features. Calculated values of components of the total measurement uncertainty. Presented conclusions about feasibility of developing the device.

**Keywords:** device, metrological analysis, uncertainty, degree of wettability, spreading, penetrant, capacitive transducer.