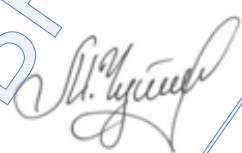


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАФТИ І ГАЗУ

ЧУЙКО МИРОСЛАВА МИХАЙЛІВНА



УДК 681.2.08

**КОНТРОЛЬ ЗМОЧУВАННЯ РІДИНАМИ ТВЕРДИХ ТІЛ
ІМПЕДАНСНИМ МЕТОДОМ**

Спеціальність 05.11.13 – Прилади і методи контролю
та визначення складу речовин

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент
Витвицька Лідія Андріївна,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
доцент кафедри метрології та інформаційно-виміральної техніки

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Древецький Володимир Володимирович,
Національний університет водного господарства та природокористування, завідувач кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій

доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Лопатін Валерій Володимирович,
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України, старший науковий співробітник відділу гірничої термоаеродинаміки і автоматизованих систем

Захист відбудеться « 22 » листопада 2018р. об 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.03 в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15).

Автореферат розісланий «18» жовтня 2018р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 20.052.03,
кандидат технічних наук, доцент



О.Б. Барна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми.

Характер поведінки рідини на поверхні твердого тіла визначають змочувальні властивості усіх середовищ, які беруть участь у взаємодії. Характер взаємодії контактуючих фаз відіграє важливу роль у багатьох сферах людської діяльності, зокрема, у нафто-газовидобутку (для інтенсифікації видобування), у неруйнівному контролі (при капілярній дефектоскопії), у текстильній промисловості (при створенні непромокальних матеріалів та фарбуванні тканин), у друкарстві (для якісного друку), у хімічній промисловості (при виготовленні пестицидів), у медицині (при застосуванні імплантів), при нанесенні захисних покриттів та інше.

Дуже часто при дослідженні змочуваності рідиною поверхні твердого тіла до уваги беруть більшою мірою параметри рідин, ідеалізуючи при цьому тверде тіло, оскільки не враховують деякі характеристики твердого тіла (шорсткість, поверхневу неоднорідність) і характер взаємодії системи "тверде тіло-рідина-газ", який залежить від того, яке середовище володіє більшою поверхневою енергією. Також на процес змочування має вплив полярність рідини: чим вище її значення, тим слабші її змочувальні властивості.

Тому для контролю процесу змочування доцільно розглядати поверхневі властивості не кожної фази зокрема, а всієї системи у комплексі і здійснювати контроль у динаміці самого процесу розтікання досліджуваної рідини досліджуваною твердою поверхнею. Поряд із значною кількістю методів вимірювання поверхневого натягу рідин, для твердих тіл немає однозначних методів вимірювання цього параметру. Вимірювання крайового кута змочування за існуючими методами проводиться у статичному режимі, що не дає можливість контролювати динаміку розтікання.

Тому є актуальним розроблення методу для проведення експрес-контролю ступеня змочування та розтікання рідини поверхнею твердого тіла.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження, результати яких знайшли відображення в дисертаційній роботі, виконувались здобувачем відповідно до плану навчання в аспірантурі на кафедрі "Методи та прилади контролю якості і сертифікації продукції" (МПКЯ і СП) Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ) згідно з тематикою виконання держбюджетних науково-дослідних робіт кафедри МПКЯ і СП ІФНТУНГ: комплексна цільова програма «Науково-організаційні засади нарощування видобутку вітчизняних нафти і газу, їх транспортування та диверсифікація постачання для підвищення енергетичної безпеки України» 0115U007099, розділ «Удосконалення технології розробки родовищ природних вуглеводнів з метою підвищення кінцевого газонафтоконденсатовилучення», де автор була у складі виконавців підрозділу, пов'язаного з інтенсифікацією нафтогазовилучення шляхом контролю і регулювання міжфазних параметрів на межі розділу «пластовий флюїд - гірська порода - водний розчин ПАР» у процесі оброблення привибійних зон пластових експлуатаційних свердловин.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є розроблення методу і приладу для проведення експрес-контролю змочувальних властивостей різноманітних рідин при їх нанесенні на досліджувані тверді поверхні.

Відповідно до цієї мети необхідно вирішити такі задачі:

- на основі аналізу існуючих методів і засобів для вимірювання поверхневих натягів рідин та твердих тіл визначити основні підходи для можливості визначення кількісної оцінки параметрів, що характеризують взаємодію поверхонь при змочуванні рідиною твердого тіла;

- розробити математичну модель процесу змочування рідиною поверхні твердого тіла з врахуванням поверхневих властивостей всіх контактуючих фаз для встановлення інформативного параметра, за яким проводиться контроль процесу змочування;

- розробити метод експрес-контролю процесу розтікання рідини поверхнею твердого тіла на основі вимірювання встановленого інформативного параметра;

- розробити конструкцію і виготовити прилад, що реалізує розроблений метод, та методику проведення контролю;

- здійснити метрологічний аналіз розробленого приладу;

- провести випробування розробленого приладу.

Об'єктом дослідження є процес контролю ступеня змочування та розтікання рідин поверхнями твердих тіл.

Предметом дослідження є методи і засоби контролю процесу змочування та розтікання рідини поверхнею твердого тіла.

Методи дослідження.

Математичне і фізичне моделювання процесів змочування та розтікання рідин поверхнями твердих тіл здійснювалось з використанням теорії капілярності Лапласа, молекулярної теорії провідних тіл і діелектриків, теорії електричних полів, теорії механіки рідин. Математичне моделювання складових невизначеності при контролі процесу розтікання базувалося на застосуванні основних положень концепції невизначеності та методу структурного аналізу складових невизначеності.

Експериментальні дослідження та узагальнення результатів здійснювалися із застосуванням методів теорії вимірювань, регресійного аналізу, математичної статистики і теорії ймовірності, методів чисельного опрацювання результатів експериментів із використанням ЕОМ.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Вперше встановлена залежність крайового кута змочування від поверхневого натягу та діелектричних властивостей рідини при її розтіканні поверхнею твердого тіла, що дає можливість реалізувати процес контролю змочування за зміною електричних параметрів досліджуваної системи.

2. Вперше розроблено метод контролю ступеня змочування рідиною поверхні твердого тіла та оцінювання в бальній шкалі за вимірним значенням імпедансу ємнісної комірки з досліджуваною системою «рідина - тверде тіло - газ», який забезпечує проведення в експресному режимі контроль змочувальних властивостей контактуючих фаз.

3. Набула подальшого розвитку теорія дослідження впливу поверхневих

властивостей твердого тіла та рідини на характер їх взаємодії, що дає можливість покращити процес нанесення рідини на поверхню твердого тіла.

4. Набув подальшого розвитку статистично-регресійний метод визначення ступеня змочування твердих тіл рідинами як функції електричних параметрів, що дає можливість встановити критерії та градацію рідин при їх виборі для нанесення на поверхні діелектричних та провідних твердих тіл.

5. Набула подальшого розвитку теорія метрологічних досліджень засобів контролю змочувальних властивостей рідин з метою підвищення точності оцінки результатів вимірювань.

Практичне значення отриманих результатів:

- розроблено та виготовлено прилад ВСЗ-1 для експрес-контролю ступеня змочування рідиною поверхні твердого тіла імпедансним методом, який захищений патентом України на винахід і патентом України на корисну модель;
- розроблено методику оцінки процесу змочування рідиною досліджуваної поверхні твердого тіла та градацію якості рідин за їх змочувальними властивостями;
- наукові результати використані в навчальному процесі кафедри МПКЯ і СП ІФНТУНГ при проведенні студентами лабораторних та науково-дослідних робіт і виконанні ними магістерських та дипломних робіт.

Особистий внесок здобувача.

Основні теоретичні, розрахункові та експериментальні результати з формулюванням відповідних висновків отримані автором самостійно і стосуються здійснення математичного моделювання, розроблення методики контролю і приладу для дослідження динаміки процесу змочування рідинами поверхонь твердих тіл з метою оцінки якості змочувальних властивостей рідин на основі розробленої системи градації.

У роботах, які опубліковані у співавторстві, здобувачеві належать: аналіз методів та особливостей вимірювання поверхневого натягу твердих тіл [1,14,16], моделювання процесу змочування рідинами твердих тіл для експрес-контролю поверхневого натягу твердих тіл [2,13,18], розроблення математичного обґрунтування імпедансного методу [3,10,21,27] і комплексної оцінки якості змочування [4,9,22], розроблення принципів побудови [11,20], функціональної та структурної схем приладу контролю змочуваності рідинами поверхонь твердих тіл [6,7,25], використання імпедансного методу для дослідження змочувальних властивостей дефектоскопічних матеріалів (пенетрантів) при капілярній дефектоскопії [3,15,17], аналіз факторів впливу на достовірність контролю [5,23] та розрахунок складових невизначеності розробленого приладу для контролю змочуваності твердих тіл рідинами [8,26], опис основних процедур підготовки зразків, процесу контролю та їх очищення при дослідженні змочувальних властивостей [11,24].

Апробація результатів дисертації.

Основні положення дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на 11 міжнародних і 5 всеукраїнських науково-технічних конференціях: 7-ма міжнар. наук.-техн. конф. «Приладобудування 2008: стан і перспективи» (Київ, 2008р), 10-та міжнар. наук.-техн. конф. «Приладобудування 2011: стан і перспективи» (Київ,

2011р.), 12-та міжнар. наук.-техн. конф. «Приладобудування: стан і перспективи» (Київ, 2013р.), міжнар. наук.-техн. конф «Нафтогазова енергетика: проблеми та перспективи» (Івано-Франківськ, 2009р.), міжнар. наук.-техн. конф «Нафтогазова енергетика 2013» (Івано-Франківськ, 2013р.), XXI наук.-техн. конф. мол. наук. і спец. «КМН-2009», Львів, 2009р., 4-та наук.-практ. конф. студ., асп., і мол. уч. «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні» (Київ, 2010р.), наук.–техн. конф. «Підвищення ефективності буріння свердловин та інтенсифікації нафтогазовидобутку на родовищах України» (Івано-Франківськ, 2010р.), 16-ый межд. молод. форум «Радиоэлектроника и молодежь в 21 веке» (Харьков, 2012г.), 7-ма міжнар. наук.–техн. конф. «Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання» (Івано-Франківськ, 2014р.), 5-та наук.–практ. конф. студ., і мол. уч. «Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання» (Івано-Франківськ, 2015р.), 8-мая междунар. науч.-техн. семин. «Неопределенность измерений: научные, законодательные, методические и прикладные аспекты» (м.Мінськ, Білорусія, 2016г.), 8-ма нац. наук-техн. конф. і вист. «Неруйнівний контроль та технічна діагностика» (Київ, 2016р.), 6-та міжнар. наук.–техн. конф. «Нафтогазова енергетика 2017» (Івано-Франківськ 2017р.), XIV межд. науч.-техн. семин. «Неопределенность измерений: научные, нормативные, прикладные и методические аспекты» (Созополь, Болгарія., 2017г.), 7-ма міжнар. наук.–техн. конф. «Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання» (Івано-Франківськ 2017р.).

Публікації.

За результатами виконаних досліджень опубліковано 27 наукових робіт, серед яких: 9 статей у фахових наукових виданнях, що відповідають вимогам до публікацій результатів дисертаційних робіт, в тому числі – 1 стаття одноосібна, 2 статті у журналах, внесених до міжнародної науково-метричної бібліографічної бази Index Copernicus, 1 стаття – закордонна (Білорусія); 1 патент України на винахід та 1 патент України на корисну модель; 16 тез та матеріалів доповідей на науково-технічних конференціях, із них 11 конференцій – міжнародні.

Обсяг та структура дисертації.

Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів основної частини, висновків і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 140 сторінок, з яких основний зміст викладено на 131 сторінці друкованого тексту, 44 рисунки, 2 таблиці, 7 додатків на 9 сторінках, список використаних джерел складається із 104 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі вказана сутність наукової проблеми, обґрунтовано актуальність вибраного напрямку досліджень, сформульовано мету, задачі досліджень, визначено об'єкт та предмет дослідження, вказано наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, визначено особистий внесок здобувача в одержаних результатах, подано інформацію про їх публікації та апробацію.

У першому розділі розкрито фізико-хімічну суть процесу змочування, розглянуто існуючі методи вимірювання крайового кута змочування (ККЗ), поверхневого натягу (ПН) рідин та твердих тіл, обґрунтовано необхідність розроблення методу експрес-контролю процесу змочування.

Проаналізувавши розглянуті вище методи визначення ККЗ, ПН рідини та ПН твердого тіла, як основних параметрів, що характеризують змочувальні властивості рідини відносно твердого тіла було відзначено:

- визначення величини ККЗ методом безпосереднього вимірювання забезпечує високу точність тільки при наявності якісних оптичних систем, проте є простий у реалізації. Основним недоліком даного методу є зміна ККЗ внаслідок випаровування рідини при проведенні тривалих вимірювань. Основною перевагою фізико-механічних методів визначення ККЗ є можливість автоматизації процесу вимірювання, незважаючи на їх складність реалізації, але при цьому завжди присутня методична невизначеність;

- при вимірюванні ПН рідин як статичними, так і динамічними методами забезпечується достатньо висока точність вимірювання. Різновид методів вимірювання ПН рідин дозволяє здійснювати контроль для різних умов вимірювання (для великих та малих об'ємів рідин, в різних агресивних середовищах, для різних концентрацій ПАР та інше). Також варто зазначити, що більшість методів контролю є повністю або напівавтоматизованими, що значно полегшує процес контролю та скорочує час досліджень.

- вимірювання ПН твердих тіл в загальному зводиться до двох способів його визначення: шляхом руйнування ОК для формування нової поверхні або приведення ОК до стану рідини і визначення ПН методами, які використовують на межі розділу «рідина – газ». Дані способи контролю досить важко реалізувати і, крім того, у зв'язку із особливостями будови твердих тіл та складністю обрахунків, результати вимірювань містять велику похибку в порівнянні з рідинами.

Підсумовуючи вище наведене, можна зробити висновок, що існує багато методів для вимірювання кожного із параметрів зокрема, проте перераховані методи не дають загального уявлення про безпосередню взаємодію між собою твердих тіл і рідин. Під час контролю рідини вступають у зв'язок із твердим тілом, стан поверхні якого в значній мірі визначає характер цієї взаємодії. Тому при контролі змочувальних властивостей доцільно враховувати параметри як рідин, так і твердого тіла, контроль поверхні якого здійснюється, що дозволить оцінювати не кількісні показники, а якість змочування в цілому.

Виходячи з даної ситуації, запропоновано застосовувати комплексну оцінку ступеня змочування на основі такого параметра як швидкість розтікання рідини поверхнею досліджуваного тіла, так як дана фізична величина залежить від декількох величин: змочуваності рідиною поверхні твердого тіла, ПН рідини і твердого тіла, в'язкості рідини, а також від шорсткості поверхні твердого тіла.

Другий розділ присвячений розробленню математичної моделі процесу розтікання рідини поверхнею твердого тіла з врахуванням поверхневих властивостей всіх контактуючих фаз, визначенню залежності між поверхневими властивостями твердого тіла та рідини і діелектричною проникністю середовища, в якому знаходиться система «тверде тіло-рідина-газ», що теоретично обґрунтувало

розроблення методу контролю змочувальних властивостей рідинами досліджуваних поверхонь на основі залежності між динамікою зміни імпедансу ємнісної комірки, в якій знаходиться досліджувана система, та швидкістю розтікання рідини поверхнею твердого тіла.

Для контролю процесу змочування запропоновано використати імпедансний метод контролю, суть якого передбачає розміщення досліджуваного твердого тіла між електродами конденсатора. На поверхню твердого тіла з постійною витратою крапельно наноситься досліджувана рідина. При розтіканні рідини поверхнею твердого тіла змінюється імпеданс утвореної ємнісної комірки, який характеризує ступінь змочування у досліджуваній системі. При розтіканні рідини відбувається перерозподіл різних видів середовищ, які знаходяться між обкладками конденсатора, що зумовлений зміною об'єму, розмірів та форми краплі нанесеної рідини та повітряного прошарку. Визначальною характеристикою зміни загального імпедансу ємнісної комірки є зміна форми поверхні рідини, яка, в першу чергу, визначається змочувальними властивостями рідини відносно твердого тіла, а також діелектричними проникностями усіх середовищ, що присутні між обкладками конденсатора. У випадку контролю провідних твердих тіл роль нижньої обкладки конденсатора відіграє сама поверхня твердого тіла, а міжобкладкове середовище містить тільки рідку і газоподібну фазу.

Для теоретичного обґрунтування імпедансного методу встановлено взаємозв'язок діелектричних та поверхневих властивостей рідин-діелектриків, що впливає із вагомим вкладом дисперсійних сил міжмолекулярної взаємодії у величину роботи адгезії W_a на поверхні розділу тверде тіло-рідина та поляризаційними властивостями і мікроструктурою рідини-діелектрика W :

$$W_a = \sigma_{mg} + \sigma_{pe} - \sigma_{mp} = \sigma_{pe} (1 + \cos \theta), \quad (1)$$

де σ_{pe} – ПН рідини-діелектрика на межі розділу рідина - газ, θ – ККЗ.

$$W = \frac{2N^2 h e (sZ)^{\frac{1}{2}} \alpha^{\frac{3}{2}}}{64(m)^{\frac{1}{2}} r^2}, \quad (2)$$

де N – концентрація молекул; $h = 6,6262 \cdot 10^{-34}$ Дж · с – стала Планка, $e = 1,6022 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд електрона, $m = 9,1095 \cdot 10^{-31}$ кг – маса електрона, s – валентність, Z – кількість вільних електронів, α – поляризованість, r – міжмолекулярна відстань.

Слід зауважити, що на границі розділу тверде тіло – рідина площа контакту S рідини з твердим тілом може бути різною, тому виконану роботу за одиницю часу t знаходимо шляхом множення роботи адгезії на швидкість зміни площі їх контакту.

$$W = W_a \cdot \frac{S}{t}. \quad (3)$$

В свою чергу, взаємозв'язок між поляризованістю молекули та її діелектричною проникністю описує формула Клаузіуса-Мосотті:

$$\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \cdot \frac{M}{\rho} = \frac{\alpha N_A}{3\varepsilon_0}, \quad (4)$$

де ε – діелектрична проникність, M – молярна маса речовини, ρ – густина речовини, $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} 1/\text{моль}$ – число Авогадро, $\varepsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12} \text{Ф/м}$ – абсолютна діелектрична проникність.

Оскільки особливості взаємодії між контактуючими фазами визначаються поверхневими властивостями, які чисельно визначаються їх поверхневою енергією, а робота адгезії полягає у подоланні цієї енергії для утворення окремих поверхонь, то це дозволяє прирівняти рівняння (1) і (2) і отримати залежність:

$$\cos \theta = \frac{k_\alpha \cdot \left(\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot t}{\sigma_{pe} \cdot S} - 1, \quad k_\alpha = \frac{N^2 h e (sZ)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{3\varepsilon_0 M}{N_A \rho}\right)^{\frac{3}{2}}}{32(m)^{\frac{1}{2}} r^2}, \quad (5)$$

де k_α – коефіцієнт, що містить константи та параметри, які є сталими для однієї речовини.

Отримана залежність чітко відображає взаємозв'язок між крайовим кутом змочування та поверхневим натягом рідини і її діелектричними властивостями, що дозволяє враховувати особливості взаємодії контактуючих середовищ (швидкість розтікання) та теоретично обґрунтовує можливість контролю ступеня змочування рідиною поверхні твердого тіла за діелектричними властивостями рідини та твердого тіла.

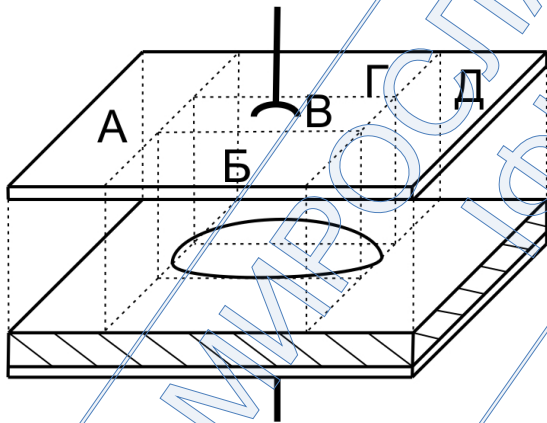


Рисунок 1 – Розподіл шарів системи «тверде тіло - рідина - газ»

У даному випадку області А, Б, Д, Г з'єднані між собою паралельно і представляють собою послідовно розміщені шари повітря та твердого тіла, а область В представляє собою послідовно з'єднані набори конденсаторів та резисторів шару повітря, рідини та твердого тіла.

Вимірювальна комірка може бути представлена еквівалентною електричною схемою (рис.2) для дослідження її сумарного імпедансу, де область 1 – зумовлена параметрами самої вимірювальної комірки, 2 – шарами повітря та твердого тіла, 3 – шарами повітря, рідини та твердого тіла.

Здійснено моделювання процесу зміни електричних параметрів ємнісної комірки при розтіканні рідини поверхнею твердого тіла. Досліджувану систему «тверде тіло - рідина - газ», можна розглядати як неоднорідний діелектрик, що представляє собою сукупність шарів рідини, повітря та твердого тіла (рис.1). Кожен із шарів міжобкладкового простору можна представити за допомогою набору конденсаторів та резисторів, паралельно та послідовно з'єднаних між собою.

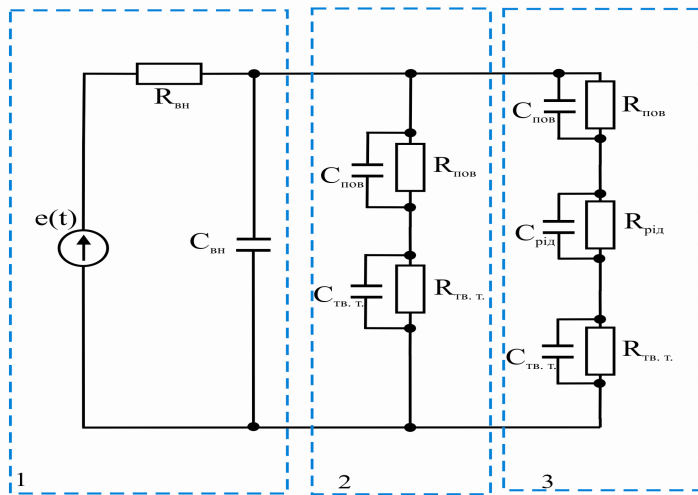


Рисунок 2 – Еквівалентна схема міжелектродного простору

руху рідини, які в одних випадках сприяють розтіканню рідини поверхнею твердого тіла (коли напрями співпадають), а в інших випадках – перешкоджають, або і зовсім призупиняють процес розтікання в напрямку нерівності (при перпендикулярній орієнтації).

Нерівності поверхні збільшують ефективну напругу між двома електродами, тобто між двома поверхнями. Тому середнє значення напруженості електричного поля збільшується, що призводить до зростання ємності між поверхнями рідини і твердого тіла.

Здійснено аналіз впливу поверхневого натягу та в'язкості рідини на поведінку краплі рідини в момент нанесення її на поверхню твердого тіла (динаміку відскоку та розтікання) шляхом порівняння результатів досліджень для рідин з різними властивостями.

Запропоновано здійснювати оцінювання ступеня змочування рідиною поверхні твердого тіла за бальною шкалою, що забезпечує ранжування рідин за їхніми змочувальними властивостями. Бали визначаються за кутами нахилу лінеаризованих апроксимованих залежностей зміни імпедансу в часі при розтіканні рідини. Згідно з запропонованим імпедансним методом градація рідин здійснюється шляхом розбиття діапазону зміни кута нахилу для набору контрольованих рідин на 5 ділянок, кожна з яких відповідає певному ступеню змочування:

- 1 бал - низький ступінь змочування;
- 2 бала - середньо-низький ступінь змочування;
- 3 бала - середній ступінь змочування;
- 4 бала - середньо-високий ступінь змочування;
- 5 балів - високий ступінь змочування.

Таке ранжування рідин дозволяє здійснювати порівняльну характеристику рідин та підбір рідини з оптимальними змочувальними властивостями відносно твердого тіла. Але дана градація справедлива для одного і того ж твердого зразка. Оскільки діелектрична проникність залежить від природи твердого тіла, а її значення можуть коливатися від одиниці і до десятків одиниць, що приводить до різних початкових значень імпедансів сухих зразків. Тому для деяких зразків

У зв'язку з тим, що твердим тілам характерна поверхнева нерівність, шорсткість та неоднорідність, здійснено аналіз впливу стану поверхні твердого тіла на процес розтікання рідини його поверхнею. В процесі досліджень впливу шорсткості поверхні твердого тіла на процес розтікання встановлено, що форма контуру краплі розтікання залежить не тільки від величини нерівностей твердої поверхні та їх густини розподілу, але й орієнтації цих нерівностей відносно поступального

твердих тіл з високим значення діелектричної проникності представляється складним визначити зміну імпедансу, спричинену розтіканням рідини поверхнею такого зразка. При використанні даного методу вимірювань коректно оцінювати якість змочування різних рідин при їхньому розтіканні поверхнею одного і того ж твердого зразка.

Третій розділ присвячений розробці приладу для контролю процесу змочування та розтікання рідин поверхнями твердих тіл. Подано опис методики проведення вимірювання та інтерпретації результатів.

Для реалізації запропонованого імпедансного методу контролю розроблено конструкцію та виготовлено прилад ВСЗ-1, структурна схема якого подана на рис. 3. Сукупність вимірювального блоку, екрану, дозатора та передавального механізму представляє собою механічний блок розробленого приладу (рис. 4), складальними одиницями якого є: 1 - підстроювальні ніжки, 2 – ручка, 3 – напрямні, 4 - столик, 5 - обкладка конденсатора, 6 - дозатор, 7 - тримачі, 8 - гайковий механізм, 9 - вал передавального механізму. Вимірювальний блок, між обкладками якого знаходиться система "тверде тіло-рідина", захищається екраном.

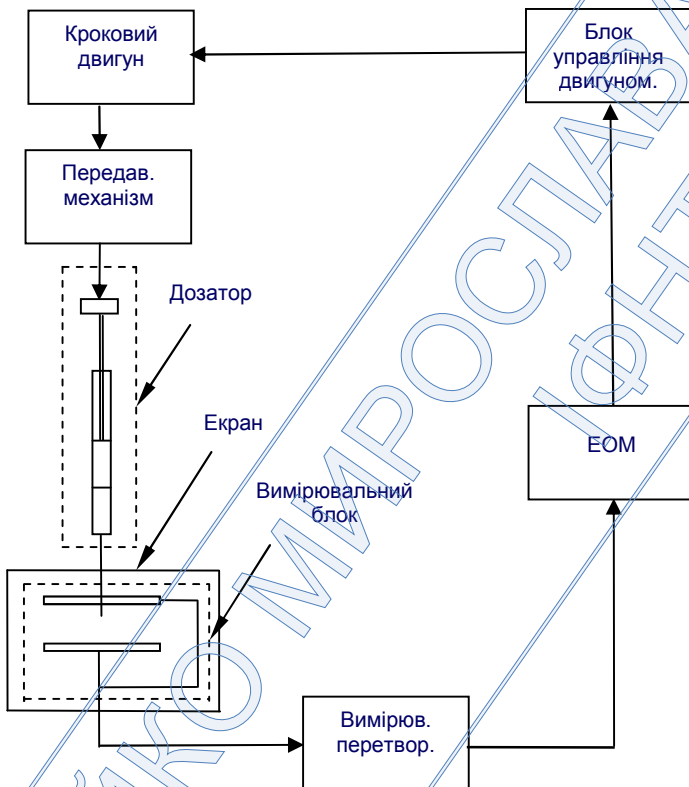


Рисунок 3 – Структурна схема приладу для контролю ступеня змочуваності рідинами поверхонь твердих тіл

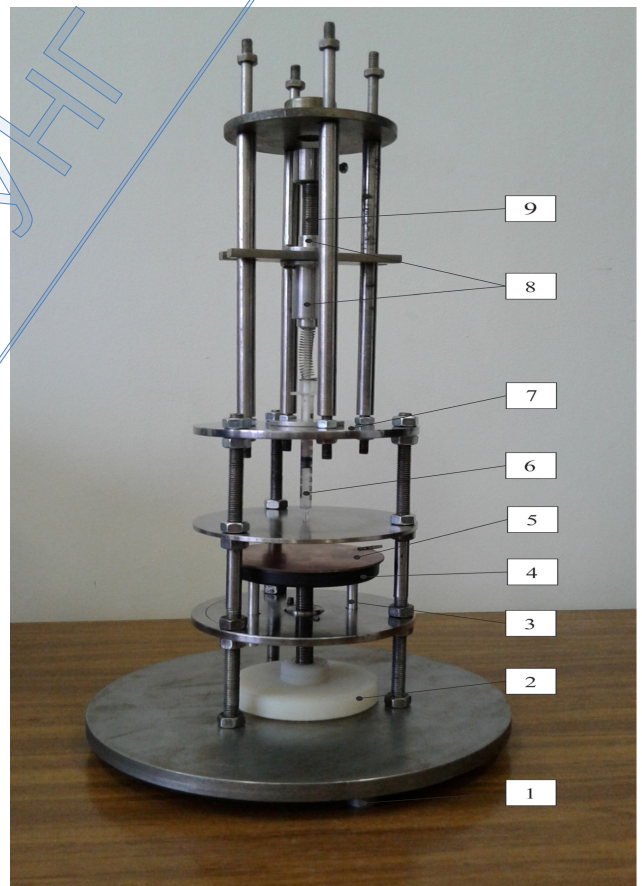


Рисунок 4 – Механічний блок приладу ВСЗ-1

Розпочинається процес вимірювання з нанесення дозатором (шприцом) фіксованого об'єму рідини на поверхню досліджуваного тіла. Автоматизоване

дозування краплі здійснюється через передавальний механізм за допомогою крокового двигуна. Дискретне переміщення поршня дозатора задається блоком управління двигуном, який керується ЕОМ. Одночасно із нанесенням рідини здійснюється вимірювання зміни імпедансу вимірювальним перетворювачем, що реалізований на основі плати AD5433, з наступною передачею сигналу на ЕОМ. На ЕОМ здійснюється оброблення сигналу та побудова характеристик змін імпедансу в часі.

Проведення контролю ступеня змочування рідинами поверхонь твердих тіл імпедансним методом здійснюється за наступними етапами:

- підготовка зразків твердого тіла і досліджуваних рідин;
- підготовка механічного блоку приладу до вимірювань;
- налаштування відстані між електродами конденсатора приладу в залежності від об'єму рідини;
- калібрування приладу;
- безпосереднє дослідження динаміки розтікання рідини та визначення ступеня змочуваності досліджуваної системи «тверде тіло-рідина-газ»;
- очищення зразка і дозатора перед наступним циклом вимірювань.

Підбір оптимальних розмірів зразка базується на принципі максимального перекриття обкладок конденсатора та найменшої відстані між ними, що зумовлено мінімізацією впливу крайових умов і підвищенням чутливості контролю відповідно.

Четвертий розділ присвячений аналізу метрологічних характеристик розробленого пристрою на основі концепції невизначеності.

Проаналізувавши впливи різноманітних факторів на процес вимірювання імпедансу, встановлено інструментальні та методичні складові невизначеності пристрою ВСЗ-1 (рис. 5).

Інструментальна невизначеність пристрою 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 ($u_{\text{темн.}}$) та вологості ($u_{\text{волог.}}$).

Невизначеність дозування зумовлена невизначеностями роботи БУД ($u_{\text{БУД}}$), крокового двигуна ($u_{\text{двиг}}$), передавального механізму ($u_{\text{пер.мех.}}$) та інерційністю поршня дозатора ($u_{\text{інерц.}}$).

Методична невизначеність зумовлена невизначеністю обробки вимірювального сигналу ($u_{\text{оброб.}}$), невизначеністю, пов'язаною зі зміною поверхневих властивостей зразка ($u_{\text{пов.вlast.}}$).

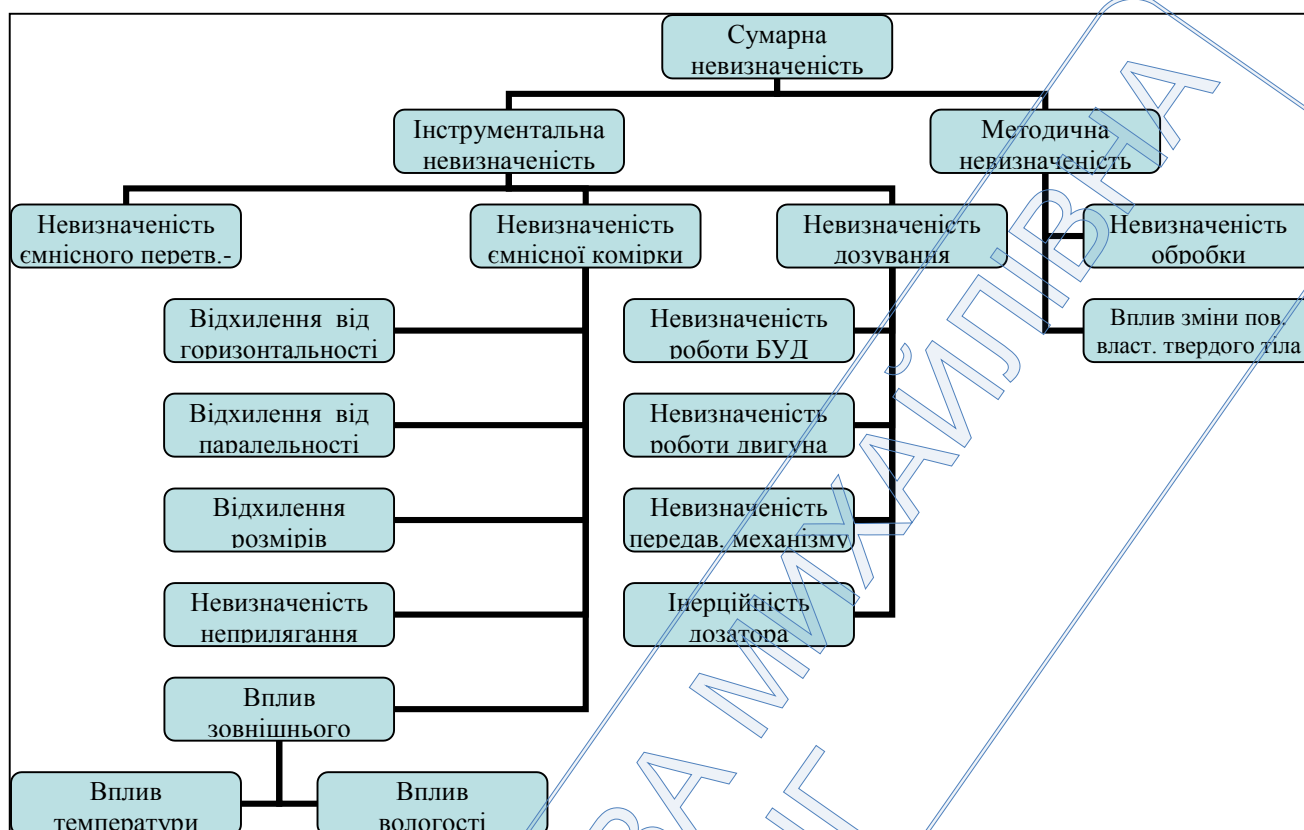


Рисунок 5 – Узагальнена схема нагромадження невизначеності пристрою ВС3-1

Встановлено, що найбільший вплив на сумарну стандартну невизначеність має складова, пов'язана із невизначеністю ємнісної комірки, що дає підстави надавати особливо високі вимоги щодо дотримання заданих конструктивних розмірів комірки та розташування у ній досліджуваного зразка.

Величина сумарної стандартної невизначеності склала 3,03%, що дає підстави стверджувати про доцільність розробки приладу ВС3-1 та достовірність отриманих результатів контролю за допомогою даного пристрою.

В ході лабораторних досліджень, що подані у **п'ятому розділі**, за допомогою розробленого приладу здійснено контроль змочувальних властивостей чистих рідин: дистильованої води, етилового спирту та водяного 1% розчину ПАР (ВУК LPD 6296). Вищевказані рідини суттєво відрізнялися між собою за значеннями поверхневого натягу: поверхневий натяг дистильованої води 73 мН/м, етилового спирту 22 мН/м, 50% водяного розчину спирту 38 мН/м та 1%-го водного розчину ПАР – 63 мН/м. В якості зразків твердих тіл було взято діелектрики із скла і склотекстоліту (СТ), провідні тіла із нержавіючої сталі та металочерепиці. Умови проведення досліджень підтримувались однаковими (температура 20-22°C, при нормальному атмосферному тиску).

Відповідно до методики проведення контролю здійснено вимірювання зміни імпедансу ємнісної комірки при нанесенні з постійною витратою фіксованого об'єму рідини. Наступний крок контролю передбачає побудову графіка зміни в часі імпедансу та апроксимацію отриманих кривих лінійною залежністю для визначення

кута їх нахилу, приклади яких подано на рис. 6 для твердого тіла діелектрика та на рис. 7 для провідного твердого тіла.

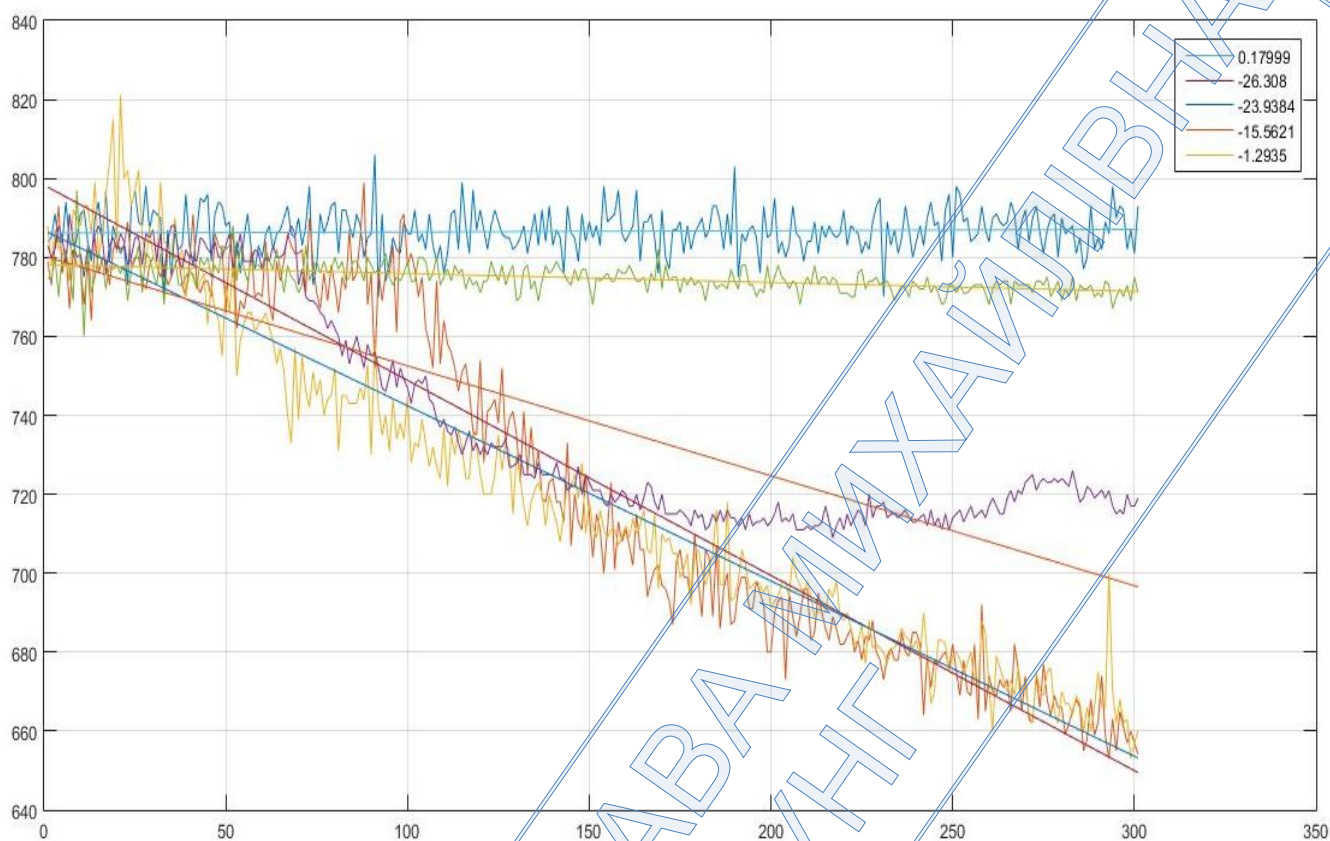


Рисунок 6 – Інтерпретація результатів вимірювання із зазначенням кутів нахилу кривих розтікання для діелектрика (скла)

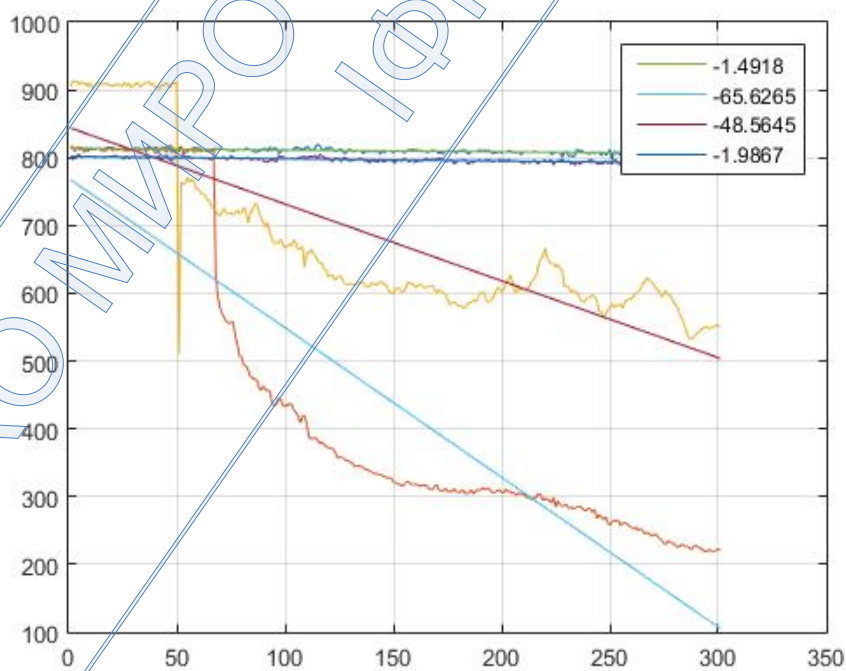


Рисунок 7 – Інтерпретація результатів вимірювання із зазначенням кутів нахилу кривих розтікання для провідного твердого тіла (нержавіюча сталь).

За кутом нахилу та розробленою бальною системою оцінювання здійснено ранжування рідин за їх змочувальними властивостями. При цьому отримані такі висновки:

- дистильованій воді присвоєно найнижчі бали шкали градації ступеня змочуваності (1 бал), які відповідають низькому ступеню змочування;
- 1%-ий розчин ПАР відповідає низькому ступеню змочування відносно скла і металочерепиці (1 бал), та середньо-низькому ступеню змочування відносно склотекстоліту і нержавіючої сталі (2 бали);
- етиловий спирт володіє високим ступенем змочування відносно усіх досліджуваних поверхонь (5 балів);

Також в ході експериментальних досліджень здійснено оптичним методом прямі вимірювання крайових кутів змочування вищезазначених зразків водою та спиртом. Для скла із водою ККЗ становить 30° , а зі спиртом – 9° , для склотекстоліту – 52° і 20° , для нержавіючої сталі – 60° і 8° , для металочерепиці – 50° і 4° відповідно, що свідчить про високий рівень змочування спирту в порівнянні з водою. Значення ступеня розтікання для вищевказаних рідин, які визначені за допомогою розробленого приладу ВСЗ-1, підтверджуються значеннями прямих вимірювань.

Для уточнення результатів вимірювань при лабораторних дослідженнях використано степеневу залежність зміни імпедансу в часі виду $Z(t) = a \cdot t^b + c$, яка забезпечує найменше значення СКВ між експериментальними та апроксимаційними залежностями.

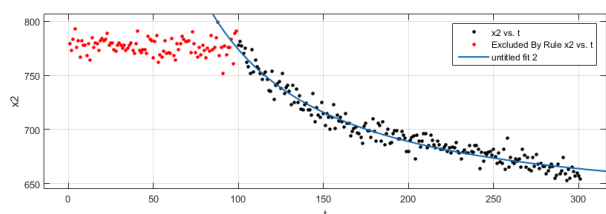
Згідно з даною залежністю визначені коефіцієнти a , b , c , значення яких для досліджуваних твердих тіл та рідин зведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Розраховані значення коефіцієнтів апроксимаційної залежності зміни імпедансу в часі

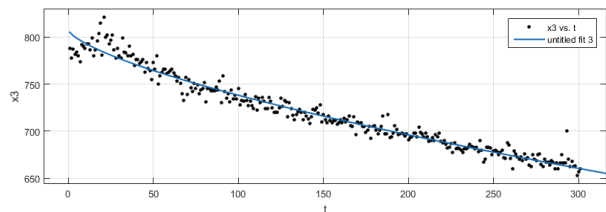
СКЛО	ККЗ	a	b	c	a/b
Сухий зразок	-	0.0000109	4.065	786.3	0,0000026
Вода	30	3970	-1.212	624	-3275,6
ПАР	28	-3.034	0.681	808	-4,455
Спирт	9	-0.002721	1.366	777.6	-0,002

Нерж. сталь	ККЗ	a	b	c	a/b
Сухий зразок	-	-0,01183	1,135	813,5	-0,0104
Вода	60	99330	-1,842	226,8	-53925,1
ПАР	53	1083	-0,9466	528,3	-1144,1
Спирт	8	-0,02797	1,036	801,7	-0,027

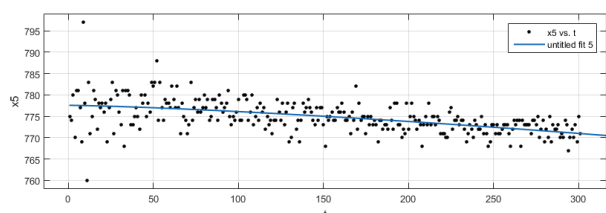
Графічне зображення встановлених апроксимаційних залежностей при опрацюванні експериментальних даних подано на рис. 8-9.



вода



розчин ПАР



спирт

Рисунок 8 – Експериментальні дані та апроксимаційна залежність зміни імпедансу від часу при розтіканні рідин по діелектрику (скло)

Згідно отриманих графіків та значень параметрів a, b, c можна зробити наступні висновки:

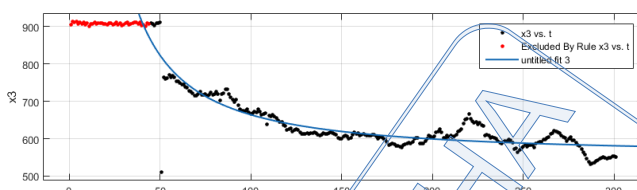
- значення вільного коефіцієнта c відповідає значенню імпеданса сухого зразка.
- зменшення величини відношення коефіцієнтів a/b відповідає зменшенню крайового кута змочування, тобто зростає степінь змочування рідиною поверхні твердого тіла.

Отже, за значеннями кута нахилу лінійних апроксимаційних залежностей та коефіцієнтів степеневих залежностей робиться висновок про степінь змочування рідиною поверхні твердого тіла.

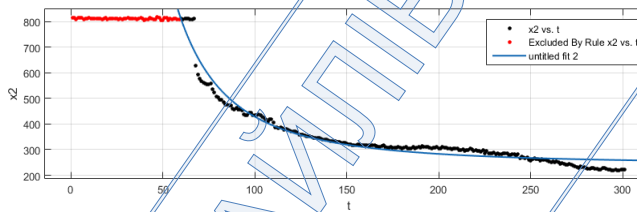
Результати роботи були апробовані в науково-дослідному і проектному інституті ПАТ «Укрнафта» та використані в навчальному процесі кафедри МПКЯ і СП ІФНТУНГ при проведенні студентами лабораторних та науково-дослідних робіт.

ВИСНОВКИ

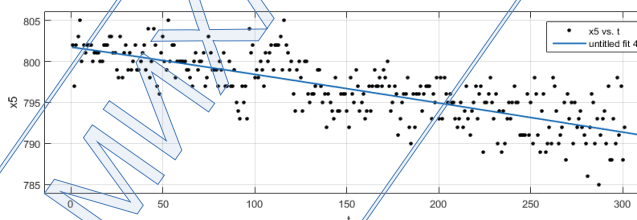
У результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень вирішена важлива науково-прикладна задача, яка полягає в розробленні імпедансного методу та приладу для дослідження змочувальних властивостей при розтіканні рідини поверхнею твердого тіла. При цьому отримані такі основні результати:



вода



розчин ПАР



спирт

Рисунок 9 – Експериментальні дані та апроксимаційна залежність зміни імпедансу від часу при розтіканні рідин провідною пластинною (нержавіюча сталь)

- на основі проведеного аналізу відомих методів контролю параметрів змочуваності (крайового кута змочування, поверхневого натягу рідин та твердих тіл) встановлено, що для кількісної оцінки ступеня змочуваності доцільно проводити експрес-контроль в динамічному режимі в процесі розтікання рідини поверхнею твердого тіла;

- розроблено математичну модель процесу змочування рідиною поверхні твердого тіла з врахуванням поверхневих властивостей всіх контактуючих фаз і встановлено зв'язок швидкості розтікання рідини з поверхневими властивостями всіх контактуючих фаз;

- на основі розробленої математичної моделі процесу змочування рідиною поверхні твердого тіла при розташуванні системи «тверде тіло-рідина-газ» у ємнісній комірці встановлена залежність зміни її параметра – імпедансу при розтіканні рідини поверхнею як діелектричного, так і провідного твердого тіла;

- розроблено метод експрес-контролю для визначення ступеня змочуваності при розтіканні рідини поверхнею твердого тіла на основі динаміки зміни імпедансу ємнісної комірки;

- розроблено методику проведення контролю та систему градації для інтерпретації результатів вимірювання динаміки зміни імпедансу в процесі розтікання;

- розроблено та виготовлено прилад для контролю ступеня змочуваності рідиними поверхнями твердих тіл імпедансним методом, який дозволяє здійснювати підбір рідини з оптимальними змочувальними характеристиками відносно контрольованого зразка твердого тіла;

- здійснено метрологічний аналіз розробленого приладу для контролю ступеня змочуваності рідиними поверхнями твердих тіл, розраховане значення відносної невизначеності приладу, яке складає 3,03% і підтверджує доцільність його практичного застосування;

- проведені лабораторні випробування розробленого приладу, здійснено контроль ступеня змочуваності чистими рідинами та розчинами різної концентрації при їх розтіканні поверхнями провідних та діелектричних твердих тіл.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Чуйко М.М., Витвицька Л.А., Витвицький З.Я. Аналіз особливостей вимірювання поверхневого натягу твердих тіл. *Методи та прилади контролю якості*. 2008. №20. С. 36 – 40. (Особистий внесок – брала участь у зборі та аналізі джерел інформації).

2. Витвицька Л.А., Рижан Г.І., Чуйко М.М. Метод експрес контролю поверхневого натягу твердих тіл. *Методи та прилади контролю якості*. 2009. №22. С. 43 – 45. (Особистий внесок – брала участь в узагальненні результатів досліджень).

3. Чуйко М.М., Витвицька Л.А. Ємнісний метод комплексної оцінки якості пенетрантів при капілярній дефектоскопії деталей нафтогазового обладнання. *Науковий вісник Івано-Франківського національного університету нафти і газу*.

2011. №1(27). С. 61 – 65. (Особистий внесок – брала участь в проведенні експерименту, узагальненні результатів та підготовці статті).

4. Чуйко М.М., Витвицька Л.А. Метод оцінки змочуваності рідинами твердих поверхонь при капілярній дефектоскопії. *Праці Луганського відділення Міжнародної академії інформатизації*. – №3(25). 2011. С. 128 – 131. (Особистий внесок – брала участь узагальненні результатів та підготовці статті).

5. Чуйко М.М. Метрологічний аналіз пристрою для контролю ступеня змочуваності твердих тіл рідиною при капілярній дефектоскопії. *Системи обробки інформації*. 2013. №8(115). С. 120 – 125.

6. Чуйко М.М., Витвицька Л.А. Експрес-контроль змочувальних властивостей системи «тверде тіло – рідина – газ» ємнісним методом. *Методи та прилади контролю якості*. 2015. №2(35). С. 42 – 47. (Особистий внесок – брала участь в проведенні експерименту, узагальненні результатів та підготовці статті).

7. Чуйко М.М., Витвицька Л.А. Пристрій контролю ступеня змочуваності рідинами поверхонь твердих тіл. *Метрологія та прилади*. 2014. №1 (45). С. 234 – 238. (Особистий внесок – брала участь в розробці приладу та підготовці статті).

8. Чуйко М.М., Витвицька Л.А. Применение концепции неопределенности для установления достоверности контроля процесса смачивания жидкостями твердых тел. *Метрология и приборостроение*. 2018. №1. С. 33 – 36. (Особистий внесок – брала участь в узагальненні результатів та підготовці статті).

9. Chuiko M.M., Vytvytska L.A., Stankovska I.M. Quality control of surfactants for oil and gas extraction intensification. *Journal of Hydrocarbon Power Engineering*. 2017. Vol. 4, Issue 1. P. 43 – 48. (Особистий внесок – брала участь в проведенні експерименту узагальненні результатів та підготовці статті).

10. Пат. 97595 U Україна, МПК(2012.01) G01N 13/00. Спосіб контролю змочуваності рідиною поверхні твердого тіла. Чуйко М.М., Витвицька Л.А.; заявник і патентовласник Івано-Франківський націон. Техн. ун-т нафти і газу. № а201015707; заявл. 27.12.2010; опубл. 27.02.2012, Бюл. №4. (Особистий внесок – брала участь в патентному пошуку, та оформленні патенту).

11. Пат. 64013 U Україна, МПК(2011.01) G01N 13/00. Пристрій для контролю змочуваності рідиною поверхні твердого тіла. Чуйко М.М., Витвицька Л.А.; заявник і патентовласник Івано-Франківський націон. Техн. ун-т нафти і газу. № и2011 04224; заявл. 07.04.2011; опубл. 25.10.2011, Бюл. №20. (Особистий внесок – брала участь в патентному пошуку, проведенні експериментальних досліджень та оформленні патенту).

12. Витвицька Л.А., Чуйко М.М. Конструктивні та методичні особливості приладу для вимірювання ступеня змочуваності нафтогазоносних порід. *Приладобудування 2008: стан і перспективи*: зб. тез доп. 7-ї міжнар. наук.-техн. конф., 22–23 квітня 2008р. Київ, 2008. С. 148.

13. Чуйко М.М., Витвицька Л.А., Боднар Р.Т. Метод експрес-аналізу поверхневого натягу нафтоносних порід для інтенсифікації нафтогазовидобутку. *Нафтогазова енергетика: проблеми та перспективи*: міжнар. анотації наук.-техн. конф., 20–23 жовтня 2009р. Івано-Франківськ, 2009. С. 108.

14. Чуйко М.М. Визначення поверхневого натягу твердих тіл на межах розділу твердого тіла з рідиною і газом. *КМН-2009*: зб. тез доп. XXI наук.-техн. конф. мол. наук. і спец., 28-30 жовтня 2009р. Львів, 2009. С. 66-68.

15. Чуйко М.М. Метод комплексної оцінки якості пенетрантів при капілярній дефектоскопії. *Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні*: зб. тез доп. 6-ї наук.-практ. конф. студ., асп., і мол. уч., 24 листопада 2010р. Київ, 2010. С. 80.

16. Чуйко М.М., Витвицька Л.А. Контроль змочуваності нафтоносних порід водними розчинами ПАР. *Підвищення ефективності буріння свердловин та інтенсифікації нафтогазовидобутку на родовищах України*; тези доп. наук.-техн. конф., 16–18 листопада 2010р. Івано-Франківськ, 2010. С. 222–224.

17. Витвицька Л.А., Чуйко М.М. Ємнісний метод комплексної оцінки якості дефектоскопічних рідин. *Приладобудування 2011: стан і перспективи*: зб. тез доп. 10-ї міжнар. наук.-техн. конф., 19–20 квітня 2011р. Київ, 2011. С. 196-197.

18. Чуйко М.М., Витвицька Л.А. Метод експрес-аналізу змочувальних властивостей рідин. *Радиоелектроника и молодежь в 21 веке*: сб. матеріалов 16 межд. молод. форуму, 17–19 апреля 2012г. Харків, 2012. С. 232–233.

19. Чуйко М.М., Витвицька Л.А. Витвицький З.Я. Пристрій експрес-контролю змочуваності рідинами твердих поверхонь ємнісним методом. *Приладобудування: стан і перспективи*: зб. тез доп. 12-ї міжнар. наук.-техн. конф., 23–24 квітня 2013р. Київ, 2013. С. 227–228.

20. Чуйко М.М. Удосконалений метод та пристрій контролю якості пенетрантів при капілярній дефектоскопії. *Нафтогазова енергетика 2013*: матер. міжнар. наук.-техн. конф., 7–11 жовтня 2013р. Івано-Франківськ, 2013. С. 274–275.

21. Чуйко М.М., Витвицька Л.А. Контроль поверхневих властивостей твердих тіл ємнісним методом. *Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазовпромислового обладнання*: збір. матер. доп. 7-ї міжнар. наук.-техн. конф., 25-28 листопада 2014р. Івано-Франківськ, 2014. С. 252–256.

22. Чуйко М.М., Витвицька Л.А. Метод контролю якості змочування рідинами твердих тіл. *Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання*: зб. тез. доп. 5-ї наук.-практ. конф. студ., і мол. уч., 24–25 листопада 2015р. Івано-Франківськ, 2015. С. 227–228.

23. Чуйко М.М., Витвицькая Л.А. Применение концепции неопределенности для установления достоверности контроля процесса смачивания жидкостями твердых тел. *Неопределенность измерений: научные, законодательные, методические и прикладные аспекты*: сборник докладов 8-го междунар. науч.-техн. семинара, 13-14 апреля 2016г. Минск, Беларусь, 2016. С. 136–139.

24. Чуйко М.М., Витвицька Л.А. Контроль змочуваності рідинами поверхонь твердих тіл імпедансним методом. *Неруйнівний контроль та технічна діагностика*: зб. тез. доп. 8-ї нац. наук.-техн. конф. і вист., 22-24 листопада 2016р. Київ, 2016. С. 227–228.

25. Чуйко М.М., Витвицька Л.А. Контроль якості поверхнево-активних речовин, використуваних для інтенсифікації нафтогазовилучення. *Нафтогазова*

енергетика 2017: матер. конф. 6-ї міжнар. наук.–техн. конф., 15–19 травня 2017р. Івано-Франківськ, 2017. С.

26. Чуйко М.М., Витвицькая Л.А. Применение концепции неопределенности при контроле поверхностных свойств твердых тел на границе их контакта с жидкостями и газами. *Неопределенность измерений: научные, нормативные, , прикладные и методические аспекты*: тезисы докладов XIV межд. науч.-техн. семин., 8 сентября 2017г. Созополь, Болгария, 2017. С. 98-99.

27. Витвицька Л.А., Чуйко М.М. Імпедансний метод для контролю ефективності оброблення привибійних зон свердловин розчинами ПАР. *Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання*: збір. матер. доп. 7-ї міжнар. наук.–техн. конф., 14-16 листопада 2017 р. Івано-Франківськ, 2017. С. 185.

АНОТАЦІЯ

Чуйко М. М. Контроль змочування рідинами поверхонь твердих тіл імпедансним методом. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.13 «Прилади і методи контролю та визначення складу речовин». – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2018.

Дисертаційна робота присвячена розробленню методу та приладу для проведення експрес-контролю ступеня змочування рідиною поверхні твердого тіла для комплексної оцінки змочувальних властивостей досліджуваної системи «тверде тіло - рідина – газ».

На основі аналізу існуючих методів вимірювання поверхневих натягів рідин, твердих тіл та крайового кута змочування встановлено основні підходи для можливості визначення кількісної оцінки параметрів, що характеризують взаємодію контактуючих фаз при змочуванні рідиною поверхні твердого тіла. У роботі запропоновано застосовувати комплексну оцінку якісних параметрів змочування на основі швидкості розтікання рідини поверхнею досліджуваного тіла, а саме за швидкістю зміни площі розтікання, так як дана фізична величина залежить від змочування рідиною поверхні твердого тіла, поверхневого натягу рідини і твердого тіла, в'язкості рідини, а також від стану поверхні твердого тіла.

Розроблено математичну модель процесу змочування рідиною поверхні твердого тіла на основі залежності крайового кута змочування від поверхневого натягу та діелектричних властивостей рідини при її розтіканні поверхнею твердого тіла, що дає можливість реалізувати процес контролю змочування та розтікання за зміною електричних параметрів досліджуваної системи.

Запропоновано здійснювати оцінювання ступеня змочування рідиною поверхні твердого тіла за бальною шкалою, що забезпечує ранжування рідин за їхніми змочувальними властивостями. Бали визначаються за кутами нахилу лінеаризованих апроксимованих залежностей зміни імпедансу в часі при розтіканні рідини.

Для реалізації запропонованого методу контролю розроблено конструкцію та виготовлено прилад, котрий здійснює експрес-контроль ступеня змочування.

Здійснено метрологічний аналіз розробленого приладу на основі концепції невизначеності, в ході якого проаналізовано фактори впливу на процес вимірювання імпедансу для контролю ступеня змочування, і проведені його лабораторні випробування шляхом контролю процесу змочування та розтікання рідин поверхнями твердих тіл.

Ключові слова: ступінь змочування, розтікання, крайовий кут змочування, рідина, тверде тіло, поверхня, імпеданс, ранжування.

АННОТАЦІЯ

Чуйко М. М. Контроль смачивания жидкостями поверхностей твердых тел импедансным методом. - Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля и определения состава веществ». - Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2018.

Диссертационная работа посвящена разработке метода и прибора для проведения экспресс-контроля степени смачивания жидкостью поверхности твердого тела для комплексной оценки смачивающих свойств исследуемой системы «твердое тело - жидкость - газ».

На основе анализа существующих методов измерения поверхностного натяжения жидкостей, твердых тел и краевого угла смачивания установлены основные подходы к возможности определения количественной оценки параметров, характеризующих взаимодействие контактирующих фаз при смачивании жидкостью поверхности твердого тела. В работе предложено применять комплексную оценку качественных параметров смачивания на основе скорости растекания жидкости поверхностью исследуемого тела, а именно по скорости изменения площади растекания, так как данная физическая величина зависит от смачивания жидкостью поверхности твердого тела, поверхностного натяжения жидкости и твердого тела, вязкости жидкости, а также от состояния поверхности твердого тела.

Разработана математическая модель процесса смачивания жидкостью поверхности твердого тела на основе зависимости краевого угла смачивания от поверхностного натяжения и диэлектрических свойств жидкости при ее растекании поверхностью твердого тела, что позволяет реализовать процесс контроля смачивания и растекания по изменению электрических параметров исследуемой системы.

Предложено осуществлять оценку степени смачивания жидкостью поверхности твердого тела по балльной шкале, обеспечивает ранжирование жидкостей по их смачивающим свойствам. Баллы определяются по углам наклона линеаризованных аппроксимированных зависимостей изменения импеданса во времени при растекании жидкости.

Для реализации предложенного метода контроля разработана конструкция и изготовлен прибор, который осуществляет экспресс-контроль степени смачивания.

Осуществлен метрологический анализ разработанного прибора на основе концепции неопределенности, в ходе которого проанализированы факторы, влияющие на процесс измерения импеданса для контроля степени смачивания и проведены его лабораторные испытания путем контроля процесса смачивания и растекания жидкостей поверхностями твердых тел.

Ключевые слова: степень смачивания, растекания, краевой угол смачивания, жидкость, твердое тело, поверхность, импеданс, ранжирование.

ANNOTATION

Chuiko M.M. Control of wetting surfaces of solids by impedance method. – Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

Dissertation for obtaining the scientific degree of the candidate of technical sciences on the specialty 05.11.13 "Instruments and methods control and determination of substances composition". – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2018.

The dissertation is devoted to the development of a method for express-control of the degree of wetting a solid surface with liquid for the complex evaluation of the wetting properties of the investigated system "solid - liquid - gas".

Based on the analysis of existing methods for measuring the surface tensions of liquids, solids and the Contact Angle, the main approaches for determining the quantitative estimation of parameters characterizing the interaction of contact phases during wetting the solid surface are determined. The paper proposes to use a complex assessment of the wetting qualitative parameters on the basis of the fluid spreading velocity over the solid surface being examined, namely, the rate of change in the spreading area, since this physical quantity depends on wetting the solid surface, the surface tension of the liquid and solids, the viscosity of the liquid, as well as on the state of the solid surface.

Developed was, the mathematical model of the wetting process the solid surface with liquid on the basis of the dependence of the Contact Angle on the liquid surface tension and the dielectric properties upon its spreading over the solid surface, which makes possible to implement the control of wetting and spreading by changing the electrical parameters of the system under study.

It is proposed to evaluate the degree of wetting solid surface with liquid according to grading scale, which provides a ranking of liquids according to their wetting properties. The points are determined due to the angles of the linearized approximated dependencies of the change in impedance in time when the fluid is spreading.

In order to implement the proposed method of control, a design and manufacture of the device was developed.

A metrological analysis of the developed instrument on the basis of the concept of uncertainty was carried out, during which the influence factors on the impedance measurement process were analyzed for controlling the degree of wetting and laboratory testing of instrument by control the wetting and spreading process the solid surface with liquid.

Key words: degree of wetting, spreading, wetting angle, liquid, solid, surface, impedance, ranking.