

## **ВІДГУК**

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора  
Древецького Володимира Володимировича на дисертаційну роботу  
Чуйко Мирослави Михайлівни на тему «Контроль змочування рідинами твердих  
тіл імпедансним методом», подану на здобуття наукового ступеня кандидата  
технічних наук за спеціальністю 05.11.03 – прилади і методи контролю та  
визначення складу речовин

### **Актуальність дисертаційної роботи**

Сучасні технологічні процеси широко використовують явища, які виникають на поверхні твердих тіл при їх контакті з рідинами в газовому середовищі. Така фізико-хімічна властивість як змочуваність дає змогу оцінити гідрофобність та гідрофільність твердих тіл та вибрати оптимальні умови екстрагування, розчинення і подрібнення в хімічній, фармацевтичній та харчовій промисловості. Змочування грає важливу роль в металургійній, текстильній промисловостях, при нанесенні лакофарбових покриттів, просочуванні матеріалів. склеюванні, флотації і розділенні твердих тіл. В той же час відсутні експрес-методи і прилади з високими метрологічними характеристиками, які дозволяють контролювати розтікання рідини поверхнею твердого тіла, а тому тема дисертаційної роботи Чуйко М.М. беззаперечно є актуальною.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Напрямок роботи є складовою частиною тематичного плану наукових досліджень Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ) та кафедри «Методи та прилади контролю якості і сертифікації продукції» за комплексною цільовою програмою «Науково-організаційні засади нарощування видобутку вітчизняних нафти і газу, їх транспортування та диверсифікація постачання для підвищення енергетичної безпеки України» (№ 0115U007099)

### **Короткий аналіз змісту дисертаційної роботи**

Дисертація складається із анотації, вступу, п'яти розділів основної частини, загальних висновків, списку використаних джерел із 104 джерел та 7 додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 140 сторінок.

У **вступі** розкрито стан наукової проблеми та її значущість, обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, показано зв'язок вибраного напрямку досліджень з науковими програмами, планами, темами, сформувано мету та задачі досліджень, визначено об'єкт та предмет досліджень, наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів для контролю процесу змочування результатах та в публікаціях.

У **першому** розділі розглянуто існуючі методи контролю параметрів, які впливають на процес змочування, а саме – крайового кута змочування (ККЗ) та поверхневого натягу (ПН) рідин та твердих тіл. Відзначено основну перевагу фізико-механічних методів визначення ККЗ – можливість автоматизувати процес вимірювання, однак відмічено, що завжди існує методична невизначеність. Проаналізовано статичні і динамічні методи та прилади для вимірювання ПН рідин та вказано на труднощі визначення ПН твердих тіл, оскільки під час вимірювань їх необхідно руйнувати, або переводити в рідкий стан.

Під час контролю процесу розтікання рідин по поверхні твердого тіла відбувається їх взаємодія, причому стан поверхні в значній мірі визначає характер цього процесу. Визначення ККЗ та ПН рідин не дає можливість оцінити в повній мірі, як поведе себе рідина на реальній твердій поверхні, а тому запропоновано застосувати комплексну оцінку ступеня змочування шляхом експрес-контролю швидкості розтікання рідини поверхнею твердого тіла, що досліджується оскільки вона залежить комплексно від замочуваності поверхні, ПН рідини і твердого тіла, в'язкості рідини та шорсткості самої поверхні.

**Другий** розділ дисертаційної роботи присвячено визначенню залежності між поверхневими властивостями всіх контактуючих фаз і діелектричною проникністю середовища в якому знаходиться система «тверде тіло-рідина-газ», що дозволило розробити математичну модель процесу розтікання. На основі теорії Дюпре і Юнга для теоретичного обґрунтування імпедансного методу контролю розтікання рідин поверхнею твердого тіла встановлено взаємозв'язок діелектричних та поверхневих властивостей рідин-діелектриків на які діють дисперсійні сили міжмолекулярної взаємодії на поверхні тверде тіло-рідина. З урахуванням робіт Клаузіуса-Мосотті, який описав зв'язок між поляризованістю речовини та її діелектричною проникливістю в дисертаційній роботі отримана залежність, яка адекватно описує взаємозв'язок між ККЗ та ПН рідини і її діелектричними властивостями, що теоретично обґрунтовує метод контролю ступеня змочування за діелектричними властивостями рідини і твердого тіла.

Дисертантом здійснено моделювання зміни електричних параметрів запропонованої ємнісної комірки в якій досліджується процес розтікання рідини по твердому тілу. Досліджено вплив поверхневої нерівності і жорсткості на процес розтікання, що приводять до гістерезису змочування, а також проаналізовано вплив ПН і в'язкості рідини на динаміку процесу її нанесення на поверхню твердого тіла (відскок). Автором запропонована 5-ти бальна система ранжування рідин за їхніми змочувальними властивостями. Згідно з запропонованим імпедансним методом градація рідин здійснюється шляхом розбиття діапазону кута нахилу лінеаризованих апроксимованих залежностей імпедансу в часі при розтіканні рідин. Слід відмітити, що така градація справедлива для різних рідин і одного і того ж твердого тіла, причому для твердих тіл з високим значенням діелектричної проникності даний метод застосовувати <sup>недоцільно</sup> приладу ВСЗ-1, що призначений для експрес-методу контролю процесу

змочування та розтікання рідин поверхнями твердих тіл. Подано опис методики вимірювання та інтерпретації результатів. Детально описано структурну схему приладу і його конструкцію, а також етапи проведення експрес-контролю імпедансним методом розтікання рідин по підготовленим зразкам твердих тіл.

**Четвертий** розділ присвячений аналізу впливів різноманітних факторів на процес вимірювання імпедансу ємнісної комірки, встановлено інструментальні та методичні складові розробленого пристрою ВСЗ-1 призначеного для контролю розтікання рідини по твердому тілу. Найбільший вплив на сумарну стандартну невизначеність має складова, пов'язана з невизначеністю вимірювань в ємнісній комірці, а тому є важливим дотримуватись заданих конструктивних розмірів комірки та правильного розташування в ній зразка твердого тіла.

Показано, що величина сумарної стандартної невизначеності склала 3,03%, що дає підстави стверджувати про достовірність отриманих результатів контролю процесу розтікання рідин

В **п'ятому** розділі наведено результати лабораторних досліджень змочувальних властивостей чистих рідин (дистильованої води, етилового спирту та 1% розчину поверхнево активного розчину) по відношенню до скла, склотекстоліту, нержавіючої сталі та металочерепиці з використанням приладу ВСЗ-1, що реалізує імпедансний метод. Здійснено ранжування рідин за значеннями кутів нахилу апроксимованих залежностей зміни імпедансу вимірювальної комірки в часі. Дані криві описані степеневою залежністю зміни імпедансу в часі виду  $Z(t) = at^b + c$ . На основі експериментів зроблено висновок, що значення коефіцієнта  $c$  відповідає значенню імпедансу сухого зразка твердого тіла, а зменшення величини відношення коефіцієнтів  $a/v$  відповідає зменшенню ККЗ і зростанню відповідно змочуванню рідиною поверхні твердого тіла.

В **додатках** наведено алгоритм роботи пристрою ВСЗ-1 та його програмне забезпечення, а також акт апробації результатів дисертаційної роботи Чуйко М.М. в НДіПУ ПАТ «Укрнафта» від 08.12.2017 р. і акт використання у навчальному процесі ІФНТУНГ.

## **Наукова новизна роботи**

Полягає в наступному:

- вперше встановлена залежність між крайовим кутом змочування, поверхневим натягом рідини і її діелектричними властивостями при розтіканні поверхнею твердого тіла, що дає можливість здійснювати контроль розтікання рідини за зміною електричних параметрів системи «рідина-тверде тіло»;

- вперше розроблено експрес-метод контролю ступеня змочування рідиною поверхні твердого тіла за вимірним значенням імпедансу ємнісної комірки з досліджуваною системою «рідина-тверде тіло-газ»;

набув подальшого розвитку статистично-регресійний метод визначення ступеня змочування твердих тіл як функції електричних параметрів, що дає рідин за їх змочувальними властивостями.

**Необхідний ступінь достовірності та обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій,** отриманих автором, забезпечено аналізом літературно-довідкового матеріалу, використанням сучасних методів наукового дослідження. Математичне і фізичне моделювання процесів змочування та розтікання рідин поверхнями твердих тіл здійснювалось на основі теорії капілярності Лапласа, молекулярної теорії провідників і діелектриків, теорії електричних полів та теорії механіки рідин. Аналіз експериментальних даних здійснювався із застосуванням методів теорії вимірювань, регресійного аналізу, математичної статистики і теорії ймовірностей.

**Рівень новизни результатів дисертаційної роботи:** результати є новими, що підтверджується науковою новизною роботи та отриманими автором нових знань про процеси, які відбуваються при розтіканні рідин поверхнею твердих тіл, які узгоджуються з сучасним теоретичним рівнем уявлень про фізико-хімічну взаємодію поверхонь твердого тіла з нанесеною на нього рідиною в газовому середовищі.

### **Практичне значення роботи**

Практична цінність результатів наукових досліджень полягає в наступному:

- розроблено та виготовлено прилад ВСЗ-1 для експрес-контролю ступеня змочування рідинами поверхні твердих тіл на основі імпедансного методу, який захищений патентами на винахід та на корисну модель України;
- розроблено методика оцінки інтенсивності процесу змочування і розтікання та градацію рідин за їх змочувальними властивостями;
- наукові результати використані в навчальному процесі ІФНТУНГ при проведенні лабораторних та науково-дослідних робіт.

**Значення одержаних результатів для науки й практики та рекомендації щодо їх можливого використання.** Результати роботи можуть бути використані для контролю змочуваності ПАР зразків нафтоносних порід для інтенсифікації нафтогазовидобутку, для оцінки змочуваності поверхні тканин та матеріалів з пластику при їх фарбуванні, а також в хімічній, гірничозбагачувальній та інших галузях промисловості

### **Повнота публікацій**

За темою дисертаційної роботи опубліковано: 27 наукових праць, серед них 9 статей у фахових наукових виданнях; 2 публікації у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз; 1 публікація – закордонна (Білорусія); 1 патент України на винахід і 1 патент України на корисну модель; 16 публікацій у збірниках доповідей на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних дослідження. Апробацій та публікацій достатньо.

## **Особистий внесок здобувача**

Дисертаційна робота є особистим науковим доробком здобувача. Особистий внесок здобувача полягає у визначенні мети і задач роботи, проведенні теоретичних та експериментальних досліджень з формуванням відповідних висновків, в тому числі здійснення математичного моделювання, розроблення методу контролю і приладу для дослідження динаміки процесу змочування і розтікання рідин поверхнями твердого тіла та розробка системи ранжування рідин за їхніми змочувальними властивостями.

## **Оцінка змісту дисертації, її завершеності та оформлення**

Зміст дисертації розкриває вирішення поставленої мети, задач і завдання. Робота має характер завершеної наукової праці. Текстова частина має достатні і правильно зроблені посилання на літературні джерела. Дисертація і автореферат належним чином оформлені і проілюстровані таблицями та графічним матеріалом.

Робота написана грамотно, побудована в логічній послідовності, викладений матеріал систематизовано та переконує в достовірності приведених теоретичних та експериментальних даних.

Оформлення дисертаційної роботи відповідає вимогам ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення»

Зміст та структура автореферату ідентично відображають викладені у дисертації етапи проведення досліджень, основні наукові результати та висновки.

## **Відповідність паспорту спеціальності**

Дисертаційна робота відповідає паспорту наукової спеціальності 05.11.13 – прилади і методи контролю та визначення складу речовин, зокрема пп. 1, 6, 11 напрямів досліджень.

## **Недоліки та зауваження**

1. В розділі 1 необхідно було б привести класифікації відомих методів визначення крайового кута змочування, поверхневого натягу рідин і поверхневого натягу твердих тіл, а також приділити увагу автоматичним приладам для вимірювання вказаних параметрів

2. В розділі 2 (рис. 2.3) приведена еквівалентна схема міжелектродного простору вимірювальної комірки без пояснення, що представляють собою блоки 1, 2 і 3.

3. В розділі 2.3. (стор. 63) невірно пояснено будову вимірювальної комірки – «області А, Б, Д, Г з'єднані між собою паралельно і представляють собою

послідовно з'єднані набори конденсаторів та резисторів шару повітря, рідини та твердого тіла».

4. В розділі 2.3. (стор. 64) представлена загальна еквівалентна електрична схема вимірювальної комірки та її спрощений варіант для діелектричного і провідного твердого тіла, але не вказано яким чином вони використовуються в дисертаційних дослідженнях. Крім того, рівняння 2.34 і 2.35 записані невірно.

5. В дисертації (стор. 4, 6, 76, 77) «оцінку ступеня змочування імпедансним методом пропонується здійснювати за кутами нахилу кривих розтікання». Мабуть автор мав на увазі «апроксимованих лінійною залежністю кривих зміни в часі імпедансу вимірювальної комірки» з зразками рідини і твердого тіла.

6. В розділі 2 запропоновано ступінь змочуваності оцінювати 5-бальною системою, але не вказано для яких діапазонів кута нахилу апроксимованих кривих зміни імпедансу вимірювальної комірки бали відповідають.

7. В розділі 3 (стор. 90) вказано, що для підготовки приладу ВСЗ-1 до вимірювань його необхідно встановити горизонтально «за допомогою рівня». Що це за конструктивний елемент і яка його точність в різних напрямках площини нижньої обкладинки вимірювальної комірки?

8. Для вимірювань імпедансу системи «повітря-рідина-тверде тіло» експериментально вибрана частота 3 кГц (рис. 3.2 стор. 85). З пояснення не зрозуміло чи при проведенні експериментів між обкладинками конденсатора вносилось одне і теж тверде тіло, чи різні? На погляд автора, чим викликані пульсації миттєвих значень імпедансу?

9. В розділі 3 вказано, що рідина подається у вимірювальну комірку шприцом, який переміщується кроковим двигуном, отже з певною дискретністю. Чи формується при цьому крапля і чи ця дискретність змінюється з урахуванням в'язкості та густини рідини?

10. На стор. 86 (розділ 3.2) вказано, що необхідно перед початком вимірювань задати вихідні параметри в т.ч. «крок зміни частоти», що має на увазі автор?

11. В роботі не вказано скільки часу займає дослідження розтікання одного зразка рідини по поверхні твердого тіла за допомогою приладу ВСЗ-1.

12. В розділі 3 не вказано, які геометричні розміри електродів конденсатора вимірювальної комірки ВСЗ-1.

13. У розділі 5 (стор. 111) на основі експериментальних досліджень здійснено оцінку змочуваності рідинами поверхонь твердих тіл у балах (табл. 5.1) однак не зазначено яке співвідношення між кутом нахилу апроксимованих кривих зміни імпедансу вимірювальної комірки в часі і балами застосовано.

14. В розділі 5 дисертаційної роботи (стор 109, 110, рис. 5.5-5.8) та в авторефераті (стор. 12, рис. 6, 7) на графіках не вказано для яких рідин отримана певна крива зміни імпедансу в часі.

## Загальний висновок

В той же час, незважаючи на вказані зауваження дисертаційна робота Чуйко Мирослави Михайлівни на тему: «Контроль змочування рідинами твердих тіл імпедансним методом» є завершеною науковою роботою, яка вирішує важливе науково-практичну задачу – розроблення імпедансного методу та приладу для контролю змочувальних властивостей при розтіканні рідини поверхнею твердого тіла.

За своєю актуальністю, новизною і практичним значенням, достовірністю результатів досліджень, дисертаційна робота відповідає вимогам до робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, зокрема пп.9 та 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року, а її автор Чуйко Мирослава Михайлівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.13 – прилади і методи контролю та визначення складу речовин.

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри автоматизації,  
електротехнічних та комп'ютерно-  
інтегрованих технологій Національного  
університету водного господарства  
та природокористування  
д.т.н., професор

В.В. Древецький

Підпис Древецького В.В.  
засвідчую

*Заступник начальника  
кафедри  
09.11.13р.*



*В.В. Древецький*

*Відрук надійшов до спеціалізованої  
вченої ради Д 20.052.03 09.11.13р.  
Чесний секретар *[Signature]* /В.Трощак/*

