

УДК 669.14: 178

КОРЕЛЯЦІЯ МІЖ ТИСКОМ, АМПЛІТУДАМИ ПОТЕНЦІАЛУ ТА СТРУМУ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ ОСЦИЛЯЦІЙ В УМОВАХ КАВІТАЦІЇ

О. І. БАЛИЦЬКИЙ¹, Я. ХМСЛЬ², Л. ДОРОБЧИНСЬКИЙ²

¹ Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів;

² Морська академія, Щецин, Польща

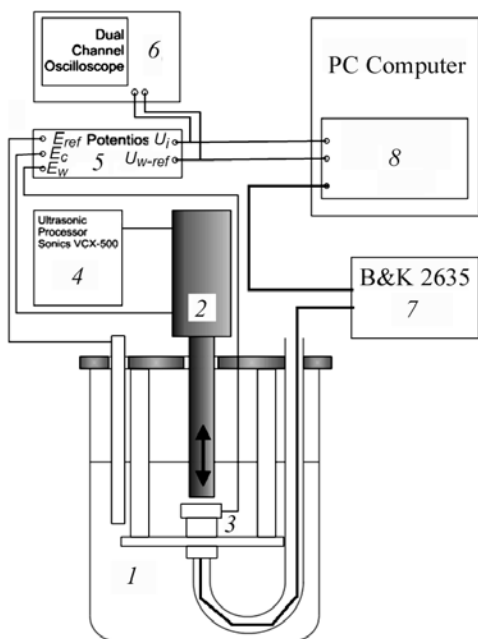
За методикою адаптаційної медіальної фільтрації з вихідного електрохімічного сигналу виділено складники, які можна ідентифікувати як імпульси тиску в умовах кавітації під час випроб на вібраційній установці. Встановлено часові залежності імпульсів тиску і виділених електрохімічних сигналів за кавітації, коли заданий потенціал.

Ключові слова: наводнювання за кавітаційного руйнування, імпульси тиску, електрохімічні сигнали.

Методика адаптаційної медіальної фільтрації електрохімічних сигналів, що реєструють в умовах кавітації, описана раніше [1]. За нею з вихідного сигналу вдається виділити складну швидкозмінну компоненту, в якій переважає аперіодичний складник, що проявляється в нерегулярній загасальній хвилі, причому тривалість нерегулярного імпульсу можна наближено визначити як 1/4 тривалості основної хвилі (близько 12 μ s). Зміна відносної амплітуди сигналу цього складника свідчить про якісну структурну подібність перебігу змін тиску, зареєстрованих п'єзоелектричними давачами в ідентичних умовах кавітаційного навантаження. Ця тенденція спостерігається і під час генерації основних імпульсів, зокрема за перебігу основного імпульсу, коли присутні упереджувальні [1]. Щоб встановити взаємозв'язок цього складника з імпульсами тиску, використовували модифіковану корозійно-кавітаційну установку з нерухомим зразком [2].

Методика експерименту. Робочим електродом у триелектродній комірці (рис. 1) служила мембрана п'єзоелектричного давача 603В фірми Kistler, що реєструє зміни тиску. Давач змонтували у спеціальній оправці на місці експериментального зразка, який знаходився в реєстраційному колі, з допомогою пристрою Vuel&Kjaer typ 2635. Застосовували аналогові фільтри: верхній $f_g = 0,2$ Hz; нижній $f_d > 100$ kHz. Чутливість давача регулювали від 10 до 1000 mV/bar залежно від амплітуди реєстрованих імпульсів. Сигнали від електродного потенціалу E та напруги $U(i)$ фіксували з відповідних виходів потенціостата EP-20a за допомогою карти перетворювачів A/D Advantech PCI-1714. Випробовували за частоти 1 MHz/канал. Зареєстровані сигнали піддавали off-line аналізу в середовищі Matlab. Вимірювали за напіввільного затискання зразка [2]: відстань між фронтальною поверхнею концентрації коливаний і давача тиску 5 mm, відносна амплітуда коливаний 25; 50; 75; 100 і 125 μ m, що відповідає поверхневим густинам потужності 0,24; 5,4; 22,6; 55,9 і 102 kW/m², робоче середовище – демінералізована вода з провідністю нижче 0,1 μ S/m і розчин NaCl 30 g/dm³ (Open Circuit Potential (OCP)).

Результати та їх обговорення. Існує тісний зв'язок між появою піків імпульсів тиску і піків сигналів потенціалу і струму: понад 90% імпульсів тиску супроводжуються змінами потенціалу (і струму). З їх ростом збільшується також потужність кавітаційного навантаження. Незаперечним є те, що інтерпретовані



вище зміни потенціалу (і струму) зумовлені імпульсами тиску. Визначення положень максимумів піків після встановлення запізень у колах сигналів порядку $1 \mu\text{s}$ або менше (рис. 2).

Рис. 1. Схема дослідної установки:
 1 – робоча комірка; 2 – збуджувач;
 3 – давач тиску; 4 – живлення збуджувача;
 5 – потенціостат з виходами E_{ref} , E_c , E_w ;
 6 – двоканальний осцилограф;
 7 – підсилювач; 8 – конвертер AD/DA.

Fig. 1. Diagram of testing facility: 1 – test chamber; 2 – exciter; 3 – pressure sensor; 4 – ultrasonic processor; 5 – potentiostat with E_{ref} , E_c , E_w ; 6 – dual channel oscilloscope; 7 – charge coupled amplifier; 8 – AD/DA converter.

Амплітуда змін струму залежить від електропровідності рідини. В дистильованій воді з провідністю нижче $0,1 \mu\text{S/m}$ амплітуда осциляцій струму була на межі похибки, що реєструють пристрої з роздільною здатністю 10 nA . Незалежно від електрохімічних умов з'являються імпульси потенціалу катодної поляризації, причому інтенсивність їх появи синхронна посиленню катодної поляризації. Такі імпульси зафіксовані і за анодної поляризації, а їх зміна зумовлена адсорбцією водню на об'єкті, який є анодом.

Зауважимо, що статистичний розподіл опорних імпульсів електричного потенціалу і струму залежить

від розподілу імпульсів тиску. Заряджені електричні частинки (іони) внаслідок дії мікропотоків і кавітаційних хвиль можуть переміщатися [3]. Склад іонів змінюється спонтанно. Крім того, можливі локальні флуктуації концентрації на молекулярному рівні [4]. Тому в електролітах необхідно реєструвати зміну знака і значення заряду, який переносять пришвидшені кавітаційним імпульсом іони. В умовах вимушеної поляризації можлива зміна їх знака.

Значна кількість імпульсів струму і потенціалу безпосередньо не по-

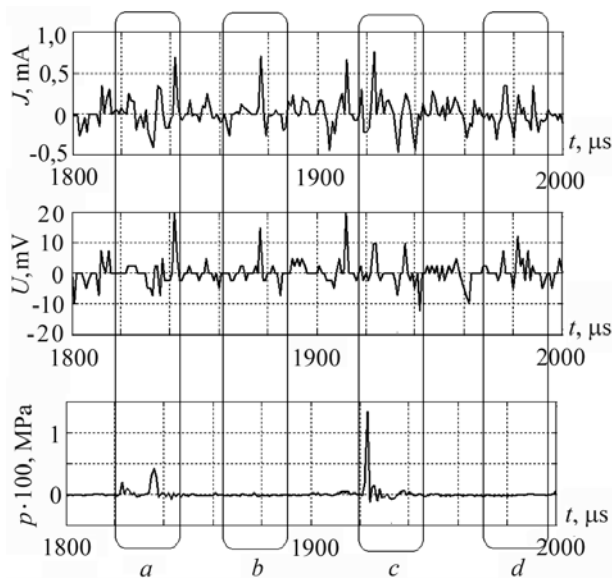


Рис. 2. Типові залежності імпульсів струму, потенціалу і тиску в умовах ОСР: *a, c* – близькі імпульси; *b, d* – далекі.

Fig. 2. Typical dependences of current pulses, potential and pressure in OCP conditions: *a, c* – close pulses; *b, d* – far pulses.

в'язані з імпульсами тиску, які, можливо, викликані механічними ефектами. Спостерігаються також деякі зміни потенціалу, які не можна безпосередньо пов'язати зі змінами тиску. Піки від цих змін становлять близько 30% від виділених з вихідних сигналів. Генеза тих змін вимагає окремих досліджень. Одним з можливих пояснень є особливості геометричних характеристик застосованої установки з кавітаційним блоком, а тому можливі різні інтерференції між падаючими і відбитими хвилями.

Амплітуди змін тиску можуть знаходитися у визначених межах завод [2], однак через відносно вищу масу переміщуваної рідини можуть і вийти за межі реєстрації. Амплітуда змін потенціалу досягає значень, визначених за відомою моделлю [3].

ВИСНОВКИ

Аналіз кореляції сигналів тиску і потенціалу виявив, що не існує суттєвого запізнення між вимушеним сигналом тиску, а отже, і сигналами потенціалу та струму. Узгодженість положення періодів сигналів спостерігається в часових вікнах, не довших ніж 12 μ s. Це спостерігається незалежно від електрохімічних умов, але має передовсім якісний характер. Перешкодою у встановленні кількісних залежностей є змінний і непередбачуваний склад іонів.

Незалежно від електрохімічних умов змінюються характер і амплітуда імпульсів потенціалу і з'являється можливість появи катодної поляризації. Механізм поведінки водню (в експериментах у дистильованій воді за кавітації) подібний до механізмів його абсорбції і дифузії в поверхневих шарах, що спостерігається в розчинах кислот [5], причому під час ерозійно-кавітаційного процесу поверхня очищається і формуються ділянки ювенільної поверхні. Очищена поверхня може бути покрита моношаром іонів водню або водню *in statu nascendi*.

Імпульси потенціалу з катодною поляризацією з'являються незалежно від електрохімічних умов, причому імовірність їх появи росте зі збільшенням потенціалу катодної поляризації. Значна кількість таких імпульсів зареєстрована за анодної поляризації. Тому, можливою, є часткова поляризація і абсорбція водню на об'єкті, який номінально є анодом.

РЕЗЮМЕ. С помощью адаптационной медиальной фильтрации из исходного электрохимического сигнала выделены шумы, которые можно идентифицировать как импульсы давления в условиях кавитации при испытаниях на вибрационной установке. Установлены временные зависимости импульсов давления и выделенных электрохимических сигналов в условиях кавитации при заданном потенциале.

SUMMARY. Applying the method of adaption medial filtration from the initial electrochemical signal the noises are selected, which can be identified as pressure pulses under cavitation when testing on the vibration devices. Time dependences of the pressure pulses and extracted electrochemical signals under cavitation at the given potential are established.

1. *Балицький О. І., Хмель Я., Добровичський Л.* Аналіз електрохімічних осциляцій в умовах вібраційної кавітації // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2011. – **47**, № 1. – С. 24–28.
(*Balyts'kyi O. I., Chmiel J., and Dorobczynski L.* Analysis of electrochemical oscillations in vibration cavitation conditions // *Materials Science.* – 2011. – **47**, № 1. – P. 21–25.)
2. *Badania zużycia korozyjno-kawitacyjnego na stanowisku wibracyjnym ze spoczywającą próbką / J. Chmiel, J. Steller, A. Krella, W. Janicki // Problemy eksploatacji.* – 2010. – № 1 (76). – P. 91–100.
3. *Chincholle L. and Goby F.* Etude de la charge électrique des bulles de cavitation. Application eventuelle a la detection du seuil de cavitation. IAHR&SHF Symposium "Two Phase Flow and Cavitation in Power Generation". – Grenoble, 1976. – P. 138–144.
4. *Sinaiski E. G. and Zaichik L. I.* Statistical Microhydrodynamics, Wiley-VCH, ISBN 978-3-327-40656-2. – 2008. – 470 p.
5. *Chmiel J. and Lunarska E.* Effect of cavitation on absorption and transport of hydrogen in iron // *Solid state phenomena.* – 2012. – № 183. – P. 25–30.

Одержано 07.06.2012