

**Переваги використання  
акустичного діагностичного  
модуля для ідентифікації режимів  
та інтенсивності нестационарного  
двофазного охолодження в  
рідинах.**

**Москаленко А.А., Разумцева О.А.,**

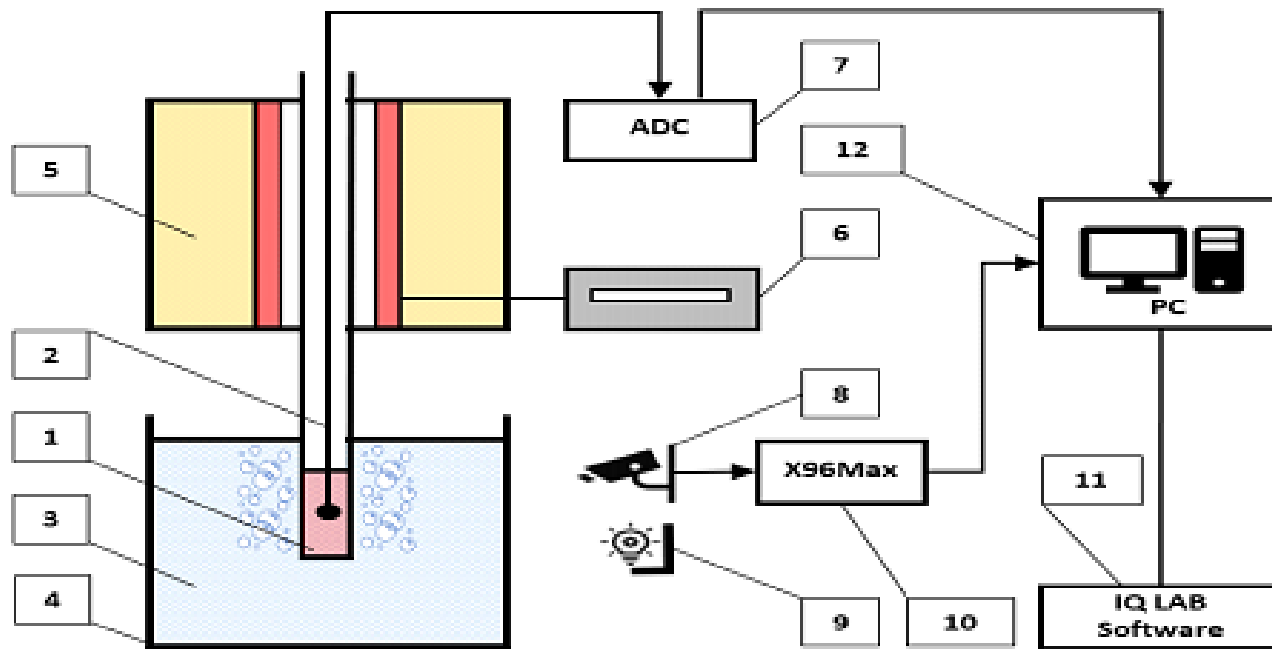
**Проценко Л.Н.**

**Відділ ТГЕТУ**

Апаратно-програмний комплекс для дослідження термоакустичних характеристик процесу охолодження.



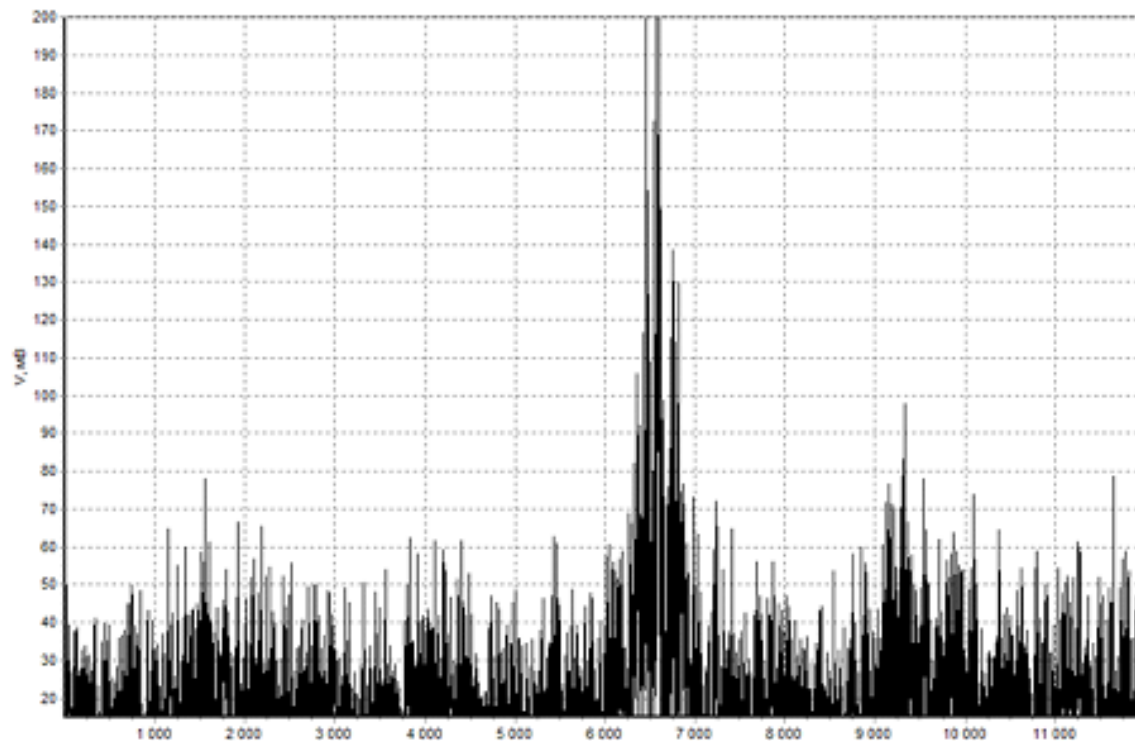
# Схема для термо-акустичної діагностики



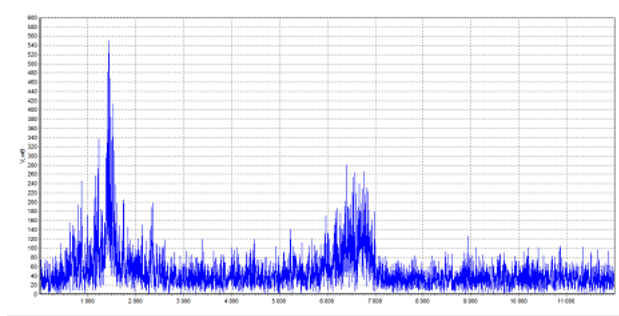
1 - термозонд; 2 - контрольна термопара; 3 - охолоджуюча рідина; 4 - прозора скляна ємність; 5 - нагрівальна піч; 6 - терморегулятор; 7 - аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 8 - веб-камера; 9 - підсвічування веб-камери; 10 - відеоадаптер; 11 - програма для обробки даних (IQ Lab); 12 - комп'ютер

- **Мета:** експериментальне підтвердження обґрунтованості використання діагностичного акустичного модуля для безконтактного визначення режимів та їх тривалості в процесах високофорсованого двофазного охолодження в рідинах та розчинах.

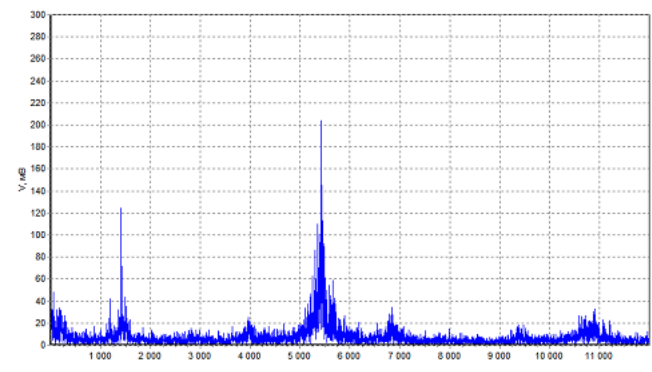
1. В експериментах використовувався термозонд в формі циліндра з Cr-Ni сплаву Inconel  $D = 12,7$  мм;  $H = 60$  мм, в центрі якого вмонтована хромель-алюмелієва термопара типу K, згідно вимогам міжнародного стандарту International Standards Organization ISO 9950.
2. Акустичний сигнал вимірювався датчиком акустичного сигналу погрузного типу (гідрофону), виготовленого з п'єзокераміки ЦТС.
3. Масив термометричних та акустичних даних записується в пам'ять комп'ютера для подальшої обробки за допомогою розробленої в ІТТФ програми IQLab (Версії 2.0). Вона призначена для:
  - розв'язання одновимірних, нелінійних, прямих і обернених завдань теплопровідності в твердих тілах класичної форми при симетричних і несиметричних граничних умовах;
  - визначення інтенсивності шуму за двома алгоритмами. По першому експрес-методу значення інтенсивності шуму фіксується практично в реальному масштабі часу без проведення частотного аналізу спектра шуму і є широкосмуговою сумарною потужністю шуму кипіння. Другий метод використовує результати обробки вхідного сигналу від гідрофону за допомогою швидкого перетворення Фур'є (ШПФ), яке дозволяє розкласти шум в залежність  $A = F(f)$  і отримати графіки АЧХ сигналу для будь-якого часового відрізка процесу охолодження зразка.



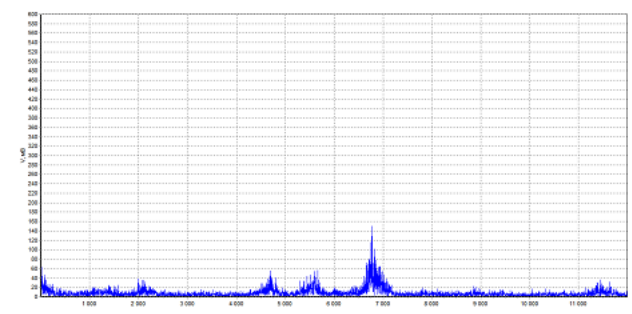
АЧХ акустичного шуму кипіння охолоджуючої рідини на поверхні зразка, який охолоджувався у сольовому розчині.



а)



б)



в)

Спектральні характеристики шуму на різних стадіях кипіння:

а) розвинене кипіння; б) зменшення інтенсивності кипіння; в) завершальна стадія кипіння.

# Переваги використання акустичного сигналу для ідентифікації режимів кипіння на поверхні охолоджувального термозонда.

- - можливість дистанційного вимірювання;
- - практична безінерційність вимірюваного сигналу по відношенню до джерела шуму на поверхні зразка;
- - висока чутливість: гідрофон виявляє початок і кінець кипіння на рівні активності одиничного центру пароутворення.



# Висновки

- 1. Акустична діагностика дозволяє реєструвати двофазний теплообмін на поверхні дослідного термозонду в режимі реального часу.
- 2. Використання акустичного модуля дозволяє записувати акустичні сигнали синхронно з початком і кінцем режимів кипіння на поверхні теплового зонда.
- 3. Частотно-амплітудний аналіз змін шуму при кипінні дозволяє визначати наступні фази і характеристики процесу: а) наявність та тривалість режиму вибухового скипання; б) початок формування плівкового режиму кипіння; в) руйнування парової плівки на поверхні зразка і перехід до режиму бульбашкового кипіння; г) встановлення розвиненого бульбашкового режиму кипіння, під час якого амплітуда сигналу зростає в 5 - 10 разів; д) закінчення режиму інтенсивного кипіння на поверхні термозонда і перехід до режиму конвективного теплообміну, в якому акустичний шум відсутній.
- 4. Результати термометричних вимірювань та розрахунки теплофізичних показників тепловіддачі шляхом рішення оберненої задачі теплопровідності, з допомогою встановленої програми IQLab, підтверджують взаємозв'язок результатів акустичного і термометричного методів.
- 5. Попередні випробування в умовах промислового виробництва підтверджують реальну ймовірність подальшої заміни традиційного термометричного методу на безконтактний акустичний для визначення на практиці охолоджуючої здатності рідин.

Дякуємо за увагу