**Експеріментальне дослідження шумів кипіння для діагностики кризи кипіння стендах при різних умовах**

**Experimental study of boiling noise to diagnose a crisis of boiling stands under different conditions**

Науковий керівник: Д.т.н.,проф. кафедри атомних електричних станцій

Корольов О.В., магістр Щедрова Н. О.

Scientific adviser: Doctor of Technical Sciences, Prof. Department of Nuclear Power Plants

 Korolyov O., Master Shchedrova N.

**Анотація:** У даній роботі наведена криза кипіння, розрахована за формулою Куттателадзе відрізняється приблизно в 2 рази. Криза кипіння, виміряна по перепалу дроту виявляється значно вище розрахованого за формулою Куттателадзе. Це показує нобхідність уточнення розрахунку кризи кипіння і корегування умов АЗ5.

**Ключові слова:** перепал дроту,тепловий потік,АЗ5,криза кипіння.

**Annotation**: Chris boiling of water, calculated by the formula Kuttateladze is 2 times different. Crisis boiling, measured by burning the wire, shows a much larger number than the calculated by the formula Kuttateladze. This shows the need to clarify the calculation of crisis boiling and adjustment of AZ 5 conditions.

**Keywords:** wire burn, heat flow, AZ5, boiling crisis.

Аномальні режими кипіння теплоносія в теплових і ядерних енергоустановках, наприклад, кризу кипіння, часто досліджують і моделюють на електрично обігріваємому дроті або трубці. При цьому експериментальне вивчення шумової діагностики цих режимів, також часто проводяться так само. Звісно ж важливим і доцільним є дослідити акустичні характеристики шумів кипіння на електрично обігріваємому дроті, для того щоб з шумів кипіння можна було б діагностувати кризу кипіння.

Для проведення таких досліджень була зібрана експериментальна установка, що дозволяє вивчати особливості шумовиникнення при кипінні в обсязі теплоносія на дроті, що обігрівається випрямленою або акумуляторним струмом. Принципова схема установки представлена ​​на рис 1.

При дослідженні застосовувалися два види гріє струму: випрямленний доданими мостом на базі діодів В50, незгладжені (пульсуючий) струм, і постійний струм від свинцево-кислотного акумулятора, 12 В; 6,5 Ач (Hitachi), що підключається замість діодного моста.



Рис. 1. Принципова схема установки для дослідження шумів кипіння:

1— ніхромовий дріт  0,2 мм; 2— стійки кріпления дроту; 3— рівень теплоносія (води); 4— текстолитова плита; 5— кювета; 6— діодний міст; 7— понижуючий трансформатор; 8— автотрансформатор;9— вольтметр; 10 — амперметр

В якості теплоносія використовувалися: водопровідна вода, дистильована вода (конденсат атмосферної вологи) і дистилят, знесоленої на іонообмінних фільтрі. Температура води в кюветі вимірювалася ртутним термометром з точністю 0,5 0С.

В експерименті використовувалися три кювети з різними габаритами: плексіглассовая - з товщиною стінки 1,0 мм, розмірами 120 х 55 х 80; силумінова - з товщиною стінки 1,0 мм, розмірами 140 х 55 х 70; пластикова з товщиною стінки 0,3 мм і розмірами 130 х 80 х 70.

Напруга і струм вимірювалися мультиметром М838-В і М830-В, з точністю  0,1 В і  0,01 А.

Шуми кипіння фіксувалися конденсаторним мікрофоном вищого класу МФК-003 з робочим діапазоном 20-20000 Гц на персональний комп'ютер через звукову карту SВ16 Creative СТ 2700. Тривалість реєстрації звукового сигналу на кожному режимі становила 2-3 с. Мікрофон розміщувався на поролоновій підставці в 100 мм від краю кювети, вісь мікрофона була перпендикулярна осі дроту.

Візуальні спостереження при обігріві випрямленою струмом показали, що в цьому випадку виникає характерний звук щодо великої інтенсивності. Підвищення температури води при постійному тепловому потоці веде до посилення звуку. Однак, з досягненням температури 75 ... 80 ° С інтенсивність звуку починає знижуватися, а при температурах
80 ... 100 оС характерний звук практично зникає і стає схожим на звук поверхневого кипіння в побутовому кип'ятильнику, де нагрівач відділений від теплоносія шаром бульбашок поглинаючих звук.

При зростанні струму від нуля до максимального значення відбувається коливальний рух дроту під впливом зростання електродинамічної сили .При досягненні струмом максимального значення починається бурхливий ріст бульбашок, який триває ще деякий час, поки відбувається посилення коливального руху дроту. Зі зменшенням струму підводиться до дроту теплова потужність падає і бульбашки зникають.

Дослідження залежності амплітуди усередненого по вибірці акустичного сигналу від температури води (рис. 2.) показало, що криві мають максимум при температурах 55-700С.

![](data:application/x-msmetafile;base64...)

Рис. 2. Амплітуда акустичного сигналу в залежності від температури води в кюветі: 1, 2 - відповідно, водопровідна і дистильована вода в плексіглассовій кюветі; 3, 4 - дистильована вода в силуміновій і в тонкій пластиковій кюветі.

Це дослідження є дуже важливим для діагностики кризи кипіння. Як можна бачити з рис.4.2, максимального значення акустичний сигнал кипіння досягає за 40 - 20 С до початку кипіння. Тому необхідним критерієм наближення до кризи кипіння, є зниження шуму кипіння, після досягнення нею максимуму.

Таким чином, проведеним дослідженням встановлено істотний вплив виду обігріву поверхні теплообміну на процеси кипіння і виникають при цьому шуми. Отже, при моделювання процесів теплообміну на поверхнях нагріву, що обігріваються змінним або випрямлення незгладжені струмом, необхідно враховувати додаткові ефекти, які не спостерігаються в реальних установках.

**Висновки:**

- Граничні величини теплових потоків становили 2,5-3,0 МВт / м2; при цьому коефіцієнти тепловіддачі досягали значень 0,2-0,4 МВт / м2, що майже на порядок перевищує значення, отримані при паровому обігріві.

- Перші появи звуку кипіння спостерігалися поблизу точки перелому кривої, при температурному напорі 5-6 0С. Подальше збільшення теплового потоку вели до зростання рівня шуму і зростанню крутизни кривої кипіння, це співпало з раніше проведеними дослідженнями.

- Істотний розкид експериментальних точок обумовлений наявністю тертя в вузлі передачі механічного натягу дроту через сальник. Аналіз ситуації показує, що найкращим варіантом такої схеми вимірювання повинна бути конструкція з важільним передавальним механізмом.

**Список використаних літературних джерел**

1. Королев А. В. Литвин А. Н., Исследование шумов кипения на электрически обогреваемой проволоке / // Инж. физ. журн., 2002. — Т.75. — № 5. — С.21-24

2. Королев А. В. Влияние электродинамических сил на электрически обогреваемый канал // Труды ОНПУ. — 2005. — вып.2 (24). — C. 114-124

3. Королев А. В. Особенности теплобмена на электрически обогреваемой проволоке в воздухе // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Одесса, 2000. — Вып. 3(12) — С. 80 — 83.

4. Герлига В. А., Прохоров Ю. Ф., Шмаков А. А. О звуковых колебаниях в обогреваемых каналах // Теплофиз. высок. температур. 1971. т.9. №5.  с.10841086.

5. Несис Е. И., Несис О. Е. Резонансные колебания давления при кипении // ИФЖ. — 1988. — т.55.— № 4.— С. 673 - 690.

6. Boure J. A., Bergles A. E., Tong L. S. Review of two phase flow instabilities // Nucl. Eng-ng and Design — №25. — 1973. — P. 165-192.

7. Королев А. В. Литвин А. Н. Причины возникновения термоакустических колебаний в обогреваемых каналах // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Одесса, 1999. – вып.2(8) — C.123-126.