

УДК 628.16.086.4

## Вплив магнітної обробки на питому теплоту пароутворення води

Е.С. Малкін<sup>1</sup>, І.Е. Фуртат<sup>2</sup>, Н.О. Коваленко<sup>3</sup>, А.В. Сепік<sup>4</sup>

<sup>1</sup>д.т.н., професор, Київський національний університет будівництва та архітектури, saodhar@gmail.com

<sup>2</sup>к.т.н., доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», i.e.furtat@gmail.com

<sup>3</sup>аспірант, Київський національний університет будівництва та архітектури

<sup>4</sup>магістрант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», sepik.a.v@gmail.com

*В роботі наведена методика проведення експериментальних досліджень з визначення питомої теплоти пароутворення омагніченої води за допомогою високочастотного електромагнітного імпульсного апарату «Іліос-М», а також результати аналізу цих експериментів.*

*Ключові слова: магнітна вода, питома теплота випаровування води, електромагніт, високочастотний імпульсний магніт.*

**Вступ.** Сьогодні вода є найпоширенішим теплоносієм. Таке широке застосування вона отримала завдяки високим значенням теплоємності, низькій вартості та доступності. Разом з тим, актуальним залишається подальше підвищення ефективності застосування води в якості теплоносія [1]. В цій роботі увага зосереджена на визначенні значень питомої теплоти пароутворення води при її омагніченні.

Питоною теплотою пароутворення називають кількість теплоти, яку необхідно надати одиниці маси речовини в рівноважному ізобарно-ізотермічному процесі для перетворення її в пару при температурі кипіння, або ж кількість теплоти, яка виділяється при конденсації речовини води. Найбільш ефективним в теплоенергетиці є пароконденсатний процес, в ході якого вода спочатку випаровується, потім виконує своє технологічне призначення і в завершенні циклу – конденсується. Найбільша частина енергії підводиться до води для її випаровування і витрачається на розрив зв'язків між молекулами води [2]. Внаслідок впливу магнітного поля на спіни протонів молекул води утворюється нерівноважна форма води зі зменшеною енергією зв'язків між молекулами, що призводить до зменшення питомої теплоти пароутворення та збільшення поверхневого натягу води. В результаті для генерування пари з омагніченої води потрібна менша кількість теплової енергії, ніж у випадку використання аналогічної кількості неомагніченої води, що призводить до економії первинних енергоресурсів [3].

**Опис експерименту.** Принципова схема стенду для проведення експерименту показана на рис. 1. Принцип дії установки наступний.

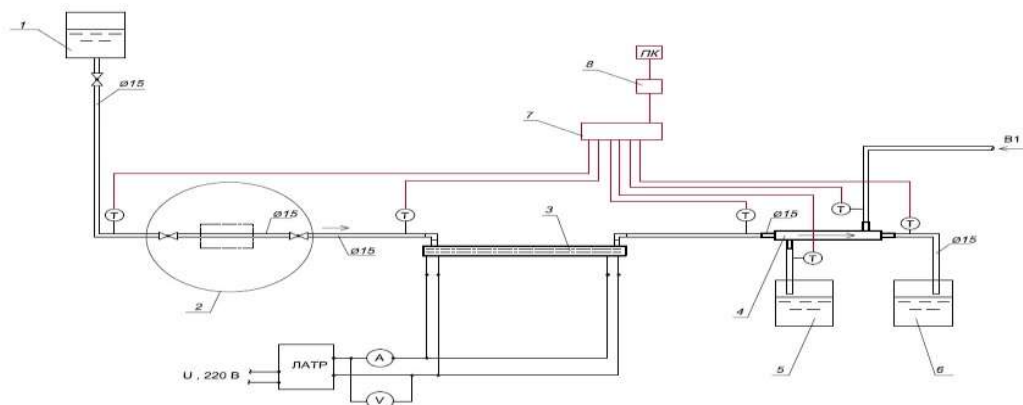


Рисунок 1. Принципова схема стану для проведення експерименту:

1 – ємність для води об'ємом  $V = 20$  л; 2 – електромагнітний імпульсний апарат «Іліос-М»; 3 – електричний водонагрівач потужністю  $N = 1$  кВт; 4 – теплообмінник типу «труба в трубі»; 5 – ємність для охолоджуючої води; 6 – ємність для конденсату; 7 – вимірювач температури; 8 – інтерфейс типу RS-485 для зчитування даних на ПК; Т – датчик для вимірювання температури; ПК – персональний комп'ютер.

Таблиця 1

Характеристика режимів роботи

Етап	Режим омагнічення води установкою «Іліос-М»	Напруженість сигналів з резистивного датчика КМЗ 10С, Тл	Сигнали				
			кількість імпульсів в пакеті	характер пакету	періоди, мс	інтервал між пакетами, мс	тривалість імпульса, с
I	Омагнічення відсутнє	—	—	—	—	—	—
II	«Захист-1»	0,23...0,43	4	2 через 2	60 та 400	1500	80
III	«Захист-2»	0,23...0,43	8	4 через 4	40 та 300	1800	40
IV	«Очистка-1»	0,23...0,43	8	8	75	1500	80
V	«Очистка-2»	0,23...0,43	16	16	20	1300	35

Вода з ємності (1) проходить через електромагнітний імпульсний апарат «Іліос-М» (2). Для створення магнітного поля в цьому приладі застосовуються резистивні датчики КМЗ 10С. Даний апарат в залежності від умов експерименту може бути вимкненим і неомагнічувати воду, так і увімкненим — для омагнічення води з певними параметрами магнітного поля.

Далі потік проходить через електричний водонагрівач (3), в якому відбувається повне випаровування води за заданої температури. Потужність

електричного водонагрівача регулюється за допомогою ЛАТР-1. Визначення потужності водонагрівача відбувається в залежності від показань амперметра та вольтметра.

Утворена в результаті нагріву водяна пара потрапляє до теплообмінника типу «труба-в-трубі» (4), який виконує функцію конденсатору. Пара проходить через центральний канал, а вода для охолодження — через кільцевий. В цьому теплообміннику відбувається конденсація пари.

Отриманий конденсат потрапляє до ємності для конденсату (6), а вода для охолодження — до ємності для охолодженої води (5).

Значення температури вимірюються в 6 точках:

- між ємністю (1) та електромагнітним імпульсним апаратом «Іліос-М» (2);
- між електромагнітним імпульсним апаратом «Іліос-М» (2) та електричним водонагрівачем (3);
- електричним водонагрівачем (3) та теплообмінником типу «труба-в-трубі» (4);
- після виходу конденсату з теплообмінника типу «труба-в-трубі» (4);
- до входу води для охолодження до теплообмінника типу «труба-в-трубі» (4);
- після виходу води для охолодження до теплообмінника типу «труба-в-трубі» (4).

Датчики температури під'єднані до вимірювача температури, інформація з якого поступає через інтерфейс зв'язку (перетворювач) до системи збору даних (ПК).

Була проведена серія з 5 експериментів, за яких змінювались характеристики роботи установки «Іліос-М», як показано в табл. 1.

Методика визначення питомої теплоти пароутворення наступна.

Потужність  $N$ , яка подається на електронагрівач, визначаємо за формулою

$$N = U \cdot I \quad (1)$$

де  $I$  — сила електричного струму, А;

$U$  — напруга електричного струму, В.

Кількість теплоти  $Q$ , кДж, що передається від водопровідної води до її випаровування визначаємо з рівняння:

$$Q = Q_{\text{нагр}} + Q_{\text{випр}} \quad (2)$$

де  $Q_{\text{нагр}}$  — кількість теплоти, яка була підведена до води для досягнення нею температури кипіння:

$$Q_{\text{нагр}} = c_p \cdot m(t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}}) \quad (3)$$

де  $c_p$  — питома теплоємність води, кДж/(кг·°С), теплоємність визначена згідно методики, наведеної в [4].

$m$  — масова витрата води, = 0,0003 кг/с;

$t_{\text{вх}}, t_{\text{вих}}$  — температура відповідно води на вході та пари на виході (температури кипіння води),  $t_{\text{вх}} = 17,7^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{вих}} = 105^\circ\text{C}$ .

$Q_{\text{вип}}$  — кількість теплоти, яка була підведена до води при температурі насичення для утворення насиченої водяної пари:

$$Q_{\text{вип}} = r \cdot m \quad (4)$$

де  $r$  — питома теплота пароутворення води, кДж/(кг).

Втрати в оточуюче середовище  $\Delta$  визначаємо як різницю між потужністю електронагрівача та необхідною кількістю теплоти, що проходить через поверхню:

$$\Delta = N - Q \quad (5)$$

При визначенні  $\Delta$  приймаємо значення кількості теплоти, яка була підведена до неоманічної води,  $Q$  за значень питомої теплоємності води та питомі теплоти пароутворення води, що відповідають даним з довідкової літератури. В наступних дослідженнях з оманичною водою приймається, що втрати в навколишнє середовище є такими ж самими, як й при проведенні експерименту з неоманічною водою. В розрахунках  $\Delta = 50$  Вт.

Для визначення питомої теплоти пароутворення оманичної води підводимо до неї за допомогою електронагрівача ту ж саму кількість теплоти, що і до неоманічної. З формули (4) розраховуємо питому теплоту пароутворення, враховуючи втрати в оточуюче середовище:

$$r = \frac{Q_{\text{вип}}}{m} \quad (6)$$

Отримані дані представлені в табл. 2. Їх графічне порівняння представлення надано на рис. 2. Найбільше зниження питомої теплоти пароутворення спостерігалось за режиму роботи «Очистка-2» апарату «Іліос-М». В табл. 3 наведені додаткові дані по питомій теплоємності води та потужності електронагрівачів під час експерименту.

Таблиця 2

Порівняння значень питомої теплоти пароутворення неоманічної та оманичної води

№ виміру	Питома теплота пароутворення при різних режимах магнітної обробки води в апараті «Іліос-М», кДж/кг				
	Необроблена вода	Режим «Очистка-2»	Режим «Очистка-1»	Режим «Захист-2»	Режим «Захист-1»
1	2	3	4	5	6
1	2234,3	2011,2	2061,0	2068,1	2075,2
2	2237,9	2032,5	2061,0	2068,1	2082,3
3	2222,7	2018,3	2053,9	2061,0	2089,5
4	2251,4	2025,4	2061,0	2061,0	2096,6
5	2261,5	1989,8	2046,8	2061,0	2075,2
6	2250,1	2018,3	2053,9	2061,0	2075,2
7	2222,3	2025,4	2061,0	2061,0	2082,3
8	2226,2	2018,3	2068,1	2068,1	2082,3

продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6
9	2249,7	2018,3	2068,1	2068,1	2082,3
10	2239,8	2018,3	2068,1	2068,1	2082,3
11	2253,4	2025,4	2061,0	2061,0	2075,2
12	2236,9	2025,4	2061,0	2061,0	2075,2
13	2237,6	2025,4	2061,0	2061,0	2075,2
14	2223,8	2011,2	2068,1	2068,1	2082,3
15	2235	2025,4	2075,2	2075,2	2096,6
16	2239,2	2025,4	2075,2	2075,2	2096,6
17	2258,1	2025,4	2075,2	2075,2	2096,6
18	2254,6	2018,3	2061,0	2061,0	2082,3
19	2261,7	2018,3	2061,0	2061,0	2082,3
20	2229,8	2018,3	2061,0	2061,0	2082,3

Примітки: під час експерименту була застосована вода з центральної міської мережі м. Києва у Солом'янському районі.

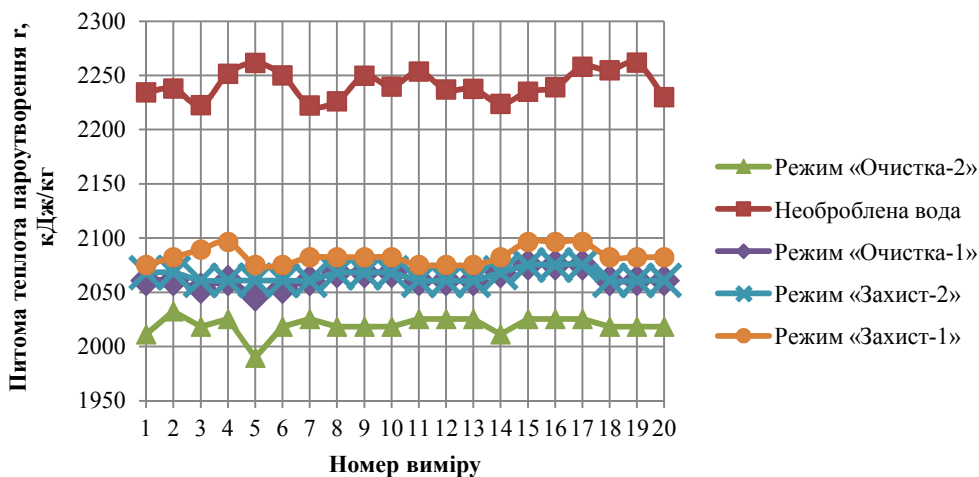


Рисунок 2. Порівняння значень питомої теплоти пароутворення неомінералізованої та мінералізованої води

Таблиця 3

Порівняння значень питомої теплоти пароутворення неомінералізованої та мінералізованої в режимі «Очистка-2» води

№ виміру	Питома теплоємність $c_p$ , кДж/(кг·К)		Потужність електронагрівача N, Вт	
	Необроблена вода	Режим «Очистка-2»	Необроблена вода	Режим «Очистка-2»
1	2	3	4	5
1	4,182	3,841	827	737
2	4,181	3,839	828	743
3	4,183	3,833	824	739
4	4,179	3,834	832	741

продовження табл. 3

1	2	3	4	5
5	4,177	3,838	835	730
6	4,177	3,834	832	739
7	4,180	3,837	824	741
8	4,182	3,841	825	739
9	4,181	3,839	832	739
10	4,180	3,833	829	739
11	4,179	3,834	833	741
12	4,178	3,838	828	741
13	4,178	3,834	828	741
14	4,180	3,837	824	737
15	4,183	3,841	828	741
16	4,181	3,839	829	741
17	4,180	3,833	834	741
18	4,179	3,834	833	739
19	4,178	3,838	836	739
20	4,178	3,834	826	739

**Висновки.** При омагніченні води електромагнітним імпульсним апаратом «Іліос-М», були отримані значення питомої теплоти пароутворення води менші на 6...10% від значень питомої теплоти пароутворення для звичайної неомагніченої води, в залежності від режиму роботи електромагнітного імпульсного апарату «Іліос-М». Найбільша різниця між значеннями питомої теплоти пароутворення омагніченої води та значеннями питомої теплоти пароутворення для звичайної неомагніченої води отримані при режимі роботи електромагнітного імпульсного апарату «Іліос-М» «Очистка-2», який забезпечує найбільш високу частоту імпульсів.

#### Література

1. *Классен В. И.* Омагничивание водных систем / В. И. Классен – М. : Химия, 1982. – 296 с.
2. *Миненко В. И.* Магнитная обработка водно-дисперсных систем / В. И. Миненко. – К. : Техніка, 1970. – 168 с.
3. *Очков В. Ф.* Магнитная обработка воды: история и современное состояние // Энергосбережение и водоподготовка. – 2006. – № 2 – С. 66–72.
4. *Малкін Е. С.* Зміна питомої теплоємності води під дією магнітного поля / Е. С. Малкін, І. Е. Фуртат, Н. О. Коваленко, А. Ю. Ардашнікова // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. – Вип. 17. – С. 101–106.

#### Влияние магнитной обработки на удельную теплоту парообразования воды

Э.С. Малкин, И.Э. Фуртат, Н.А. Коваленко, А.В.Сепик

*В работе представлена методика проведения экспериментальных исследований по определению удельной теплоты парообразования омагниченной воды, а так же результаты анализа этих экспериментов.*

*Ключевые слова: магнитная вода, удельная теплота испарения воды, электромагнит, высокочастотный импульсный магнит.*

### **Influence of magnetic treatment on the specific heat of vaporization of water**

E. Malkin, I. Furtat, N. Kovalenko, A. Sepik.

*The paper presents a methodology for conducting experimental studies to determine the specific heat of vaporization of magnetic water as well as the analysis of these experiments.*

*Keywords: magnetic water, specific heat of vaporization of water, electromagnet, high frequency pulsed magnet.*

Надійшла до редакції 13.06.2014 р.