



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-25

УДК 537.528

В. Б. Гулевський, к.т.н.

ORCID: 0000-0003-1434-9724

Ю. О. Постол, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-0749-3771

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

e-mail: vadym.hulevskyi@tsatu.edu.ua

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ КАВІТАЦІЙНОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРУ

Анотація. Основними проблемами в теплоенергетичній галузі протягом багатьох років залишається низька енергоефективність, надійність і неекономічність пристроїв отримання теплової енергії. Широке застосування електроенергії для електрифікації теплових процесів не завжди визначається грамотним рішенням застосування електричного нагріву, що не дозволяє отримати максимальний економічний ефект [1, 2]. Вирішення цього питання протягом тривалого часу знаходиться в центрі уваги фахівців теплоенергетичного профілю. Однак їх підходи до підвищення енергоефективності інженерних систем істотно відрізняються.

Науково-технічний прогрес визначається розвитком високих технологій, які забезпечують, з одного боку, отримання нових матеріалів і виробів, а з іншого – зниження енерго- та ресурсовитрат, підвищення екологічних показників виробництва. Одним з приладів, робота якого заснована на новому принципі отримання теплової енергії, є кавітаційний теплогенератор. Кавітаційний теплогенератор – спеціальний пристрій, у якому застосовується ефект нагрівання рідини кавітаційним способом. Тобто це ефект, при якому утворюються мікроскопічні бульбашки пари в областях локального зменшення тиску у воді [3]. Останнім часом виробництво таких агрегатів освоюють багато виробників і вони все більше з'являються на вітчизняному ринку. Для того, щоб здійснити технологічний прорив у цій сфері – необхідно різко знизити втрати електроенергії у відомих кавітаційних теплогенераторах. На відміну від традиційних технологій отримання кавітаційних бульбашок, заснованих на безперервному споживанні електроенергії, електроімпульсна технологія дозволяє підвищити параметри електричних впливів (напруженість поля, щільність струму, миттєву потужність) і, як наслідок, значно інтенсифікувати процеси, зменшити енерговитрати [4, 5, 6].



Ключові слова. Кавітаційний теплогенератор, електроімпульсна технологія, електричний розряд, теплоенергетична галузь.

Постановка проблеми. Проблема розробки або удосконалення кавітаційного теплогенератора, який забезпечує даний технологічний процес з максимальним використанням можливості установки та без споживання зовнішньої електроенергії на роботу насоса та ін., залишається одним із найбільш актуальних виробничих завдань. Основне завдання реконструкції - енергозбереження та енергоефективність тепловиділення в рідині, вдосконалення або заміна обладнання.

Аналіз останніх досліджень. Кавітаційний теплогенератор дозволяє створити процес, під час якого у рідині створюються бульбашки. Принцип дії кавітаційного теплогенератора полягає в ефекті нагрівання за рахунок перетворення механічної енергії на теплову [3]. Якщо розглядати цей процес, то його можна порівняти із закипанням води. Однак при кавітації спостерігається локальне падіння тиску, що призводить до появи бульбашок. У тепловому генераторі формуються вихрові потоки, внаслідок них відбувається розрив кавітацій бульбашок, що призводить до нагрівання рідини. Нагрівання призводить до різкого зниження тиску рідини. Отримана енергія виходить досить дешевою, вона добре підходить для опалення приміщень. Для таких установок зазвичай потрібно приблизно в 1,5 рази менше електричної енергії, ніж це необхідно для радіаторних та інших систем. При цьому нагрівання рідини здійснюється у замкнутій системі.

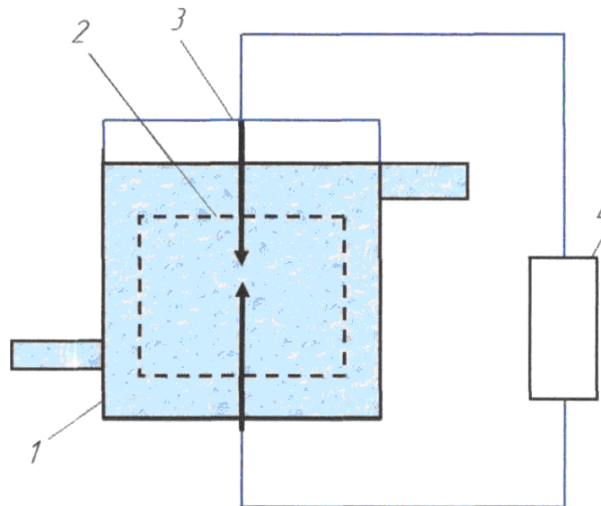
Утворення кавітаційних бульбашок, заснованих на використанні ефекту Юткіна, дозволяє радикально вдосконалити та спростити кавітаційний теплогенератор, оскільки стає взагалі непотрібним електродвигун насоса. Протікання електричного розряду в рідині (електрогідравлічного удару) викликає складний комплекс явищ: іонізацію та розкладання молекул у плазмі каналу та біля нього, світлове випромінювання каналу розряду, ударні хвилі, інтенсивне ультразвукове випромінювання, утворення та пульсацію газового міхура, кавітаційні процеси. У місці виникнення розряду миттєво утворюється тиск в десятки і сотні тисяч атмосфер. Мікроскопічний канал, по якому проскакує іскра, має надзвичайно велику щільність енергії, миттєва потужність досягає колосальних величин. Так, наприклад, від установки потужністю всього в 0,5 кВт можна отримати миттєву потужність в 100 тис. кВт і більше. Вода, що оточує іскру, з величезною швидкістю розлітається в сторони, створюючи перший гідравлічний удар. Утворюється порожнеча - порожнина, яка відразу заповнюється водою; виходить ще один потужний гідравлічний удар – кавітація [7, 8].

Формування мети статті. Основне завдання реконструкції кавітаційного теплогенератора – енергозбереження та енергоефективність при споживанні теплової енергії, вдосконалення або заміна обладнання.

Основна частина. В даний час у техніці широко використовуються конструкція електрокавітаційного нагрівача, яка містить лише три основних простих безконтактних елементи – ємність з рідиною, електричний розрядник та кавітатор, який складається з пластин або дисків.

Прийняття рішення на користь оптимальної конструкції базується на вдосконаленні пристрою, в якому шляхом введення в систему нових конструктивних елементів [9].

Конструкція пояснюється рисунком 1 на якому зображено схему пристрою.



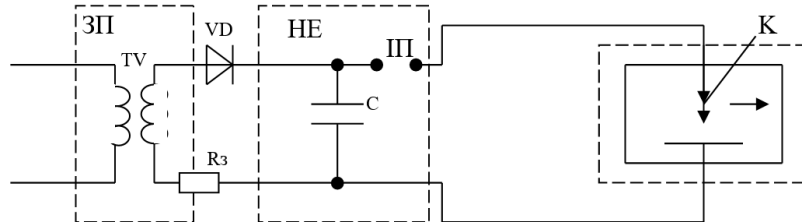
1– теплоізольована ємність з рідиною, 2– замкнутий перфорований елемент, 3– електроди, 4 –високовольтний імпульсний генератор.

Рисунок 1. Електрокавітаційний нагрівач

Пристрій працює таким чином. Теплоізольовану ємність з рідиною 1 заповнюють водою так, щоб замкнутий перфорований елемент 2 був нижче її рівня, на електроди 3, розділені невеликим проміжком (не позначений), подають електричний імпульс від високовольтного імпульсного генератора 4 і здійснюють електричний вплив на воду. При цьому виникають водяні струмені, які проходять крізь замкнутий перфорований елемент 2, встановлений в ємності 1 з рідиною нижче її рівня, в середині якого розміщено електроди 3, в результаті чого утворюється потужна кавітація, перетворюючи кінетичну енергію потоку рідини в теплову енергію, яка використовується для опалення і гарячого водопостачання.

Принцип дії високовольтного імпульсного генератора заснований

на електрогідравлічному ефекті, що полягає в генерації ударних хвиль рідини при її пробіі [10]. Зарядний пристрій ЗП заряджає конденсатор С в перебіг часу. Напруга конденсатора підвищується до величини пробію іскрового проміжку П. У цьому момент накопичувач НЕ підключається до електродів технологічного блоку, при цьому починається початкова стадія розряду у каналі К (рис.2).



ЗП – зарядний пристрій; НЕ – накопичувач енергії; П – іскровий проміжок, К – канал розряду

Рисунок 2. Принципова електрична схема високовольтного імпульсного генератора

Процес пробію залежить від: максимального значення електричного поля в проміжку між електродами, електропровідності води, відстані між електродами.

При тепловому пробіі в однорідному полі час пробію t_{np} визначається виразом [6]:

$$t_{np} = \frac{C_p \cdot \rho \cdot l^2}{\tau_0 \cdot 2 \cdot U^2} \ln \frac{1 + \lambda T_2}{1 + \lambda T_1}, \quad (1)$$

де C_p – теплоємність рідини, $\frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}$;

ρ – щільність рідини, $\frac{кг}{м^3}$;

l – відстань між електродами, м;

τ_0 – питома електропровідність рідини при $0^\circ C$, $Ом/м$;

λ – температурний коефіцієнт провідності, $\frac{1}{^\circ C}$;

U – напруга, В;

T_1 – початкова температура, $^\circ C$;

T_2 – температура закипання рідини, $^\circ C$.

Застосування електрокавітаційного нагрівача запропонованої конструкції дозволяє спростити конструкцію та зменшити

металоємність, за рахунок встановлення в ємності з рідиною 1 нижче її рівня замкнутого перфорованого елемента 2, в середині якого розміщено електроди 3 розділені невеликим проміжком, замість розсікача, що складається з пластин, які примикають одна до одної, з



висіченими в них вікнами, розділеними перегородками і встановленими так, що вікна пластин частково перекриваються перегородками суміжних пластин. В запропонованій конструкції не потребується водопідготовка, завдяки відсутності щільних елементів, що дає можливість використовувати неочищену воду.

Висновок. Таким чином, метод пов'язаний з розрядами в рідині є актуальним і перспективним для використання в теплоенергетичній галузі. Якісно новий підхід до створення конструкції електрокавітаційного нагрівача є вагомим резервом удосконалення технологічного процесу та дозволяє радикально вдосконалити та спростити кавітаційний теплогенератор.

Список використаних джерел

1. Гулевський В., Постол Ю. та ін. Основні принципи проектування автономного енергогенеруючого комплексу. *Theoretical aspects of modern engineering: collective monograph*. Boston: Primedia eLaunch, 2020. P. 106-114.

2. Struchaiev N., Postol Y., Stopin Y., Zhuravel D., Hulevskiy V. Ways to improve the efficiency of pipelines heat insulation/ *Problemele energeticii regionale/ inst power engineering acad sciences Moldova*, str academieii 5, chisinau, 2020, Moldova. p.43-52.

3. Müller M., Zima P., Unger J., Zivny M. Design of experimental setup for investigation of cavitation bubble collapse close to a solid wall. *EPJ Web of Conferences*. 2012. Vol. 25. P. 02017. DOI: 10.1051/epjconf/20122502017.

4. Электрогидравлический эффект. Сайт об открытии электрогидравлического эффекта и его авторе Л. А. Юткине. URL: <https://sites.google.com/site/yutkin1911/home> (дата звернення: 08.05.2022)

5. Макогон А. В. Методи обробки рідин за допомогою високовольтних розрядів і сильних імпульсних електричних полів: дис. ... д-ра філософії: спец. 141: галузь знань 14; наук. керівник Бойко М. І.; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків, 2021. 176 с.

6. Гулевський В. Б., Постол Ю. О. та ін. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни "Електротехнології в АПК". Мелітополь: ФОП Белень В.В., 2021. 48с.

7. Samo Mahnič-Kalamiza, Damijan Miklavčič. Scratching the electrode surface: Insights into a high-voltage pulsed-field application from in vitro & in silico studies in indifferent fluid. *Electrochimica Acta* Vol.363, 10 December 2020, 137-187. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2020.137187>

8. Duaa A. Uamran, Thamir H. Khalaf. Study for electrical breakdown within dielectric liquids due to streamer discharge in rod-to-plane electrodes



configuration. *Materials Today: Proceedings*. Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.002>

9. Пат. 135198, Україна, МПК: F22B 1/30 (2006.01). Електрокавітаційний нагрівач / Стручаєв М. І., Гулевський В. Б., Вороновський І. Б., Хлепілько В. В. Ігнатенко О. В.; заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. № у 2018 12770; заявл. 21.12.2018; опубл. 25.06.2019. Бюл. №12/2019.

10. Бойко М. І. Наукові основи створення електротехнологічних установок для високовольтних імпульсних дій: автореф. дис. докт. техн. наук: 05.09.13 / НТУ «ХП». Харків, 2003. 38 с.

Стаття надійшла до редакції 12.04.2022 р.

V. Hulevskyi, Y. Postol
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

IMPROVEMENT OF CAVITATION HEAT GENERATOR DESIGN

Summary

The main problems in the heat industry for many years remain low energy efficiency, reliability and inefficiency of thermal energy devices. Widespread use of electricity for electrification of thermal processes is not always determined by a competent solution for the use of electric heating, which does not allow to obtain the maximum economic effect. The solution of this issue has been in the center of attention of heat and energy specialists for a long time. However, their approaches to improving the energy efficiency of engineering systems differ significantly.

Scientific and technological progress is determined by the development of high technologies, which provide, on the one hand, the production of new materials and products, and on the other - reduce energy and resource consumption, increase environmental performance. One of the devices, the operation of which is based on the new principle of obtaining thermal energy, is a cavitation heat generator. Cavitation heat generator - a special device that uses the effect of heating the liquid by cavitation. That is, it is an effect in which microscopic vapor bubbles are formed in areas of local reduction of water pressure. Recently, the production of such units is mastered by many manufacturers and they are increasingly appearing on the domestic market. In order to make a technological breakthrough in this area - it is necessary to dramatically reduce electricity losses in known cavitation heat generators. Unlike traditional technologies of cavitation bubbles based on continuous power consumption, electropulse technology allows to increase the parameters of electrical influences (field strength, current density, instantaneous power) and, consequently, significantly intensify processes, reduce energy consumption.

Key words: cavitation heat generator, electropulse technology, electric discharge, heat industry.