

І.М. Федоткін, д-р техн. наук,

О.М. Тимонін, канд. техн. наук

Національний технічний університет України «КПІ»

А.В. Копиленко, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

МЕХАНІЗМ ВИНИКНЕННЯ НАДЛИШКОВОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ КАВІТАЦІЇ

В статті аналізується гіпотеза про можливість утворення надлишкової теплової енергії за рахунок перетворення речовини рідкого робочого тіла в хвильову енергію (еманації речовини).

Ключові слова: кавітація, тепла енергія, гіпотеза, робоче тіло, еманація речовини.

Запропоновані гіпотези і механізми виділення тепла при кавітації не дають можливості розраховувати кількість енергії, яка виділяється, оптимальні режими ведення процесу та оцінювати ступінь впливу різних фізичних ефектів і розкривати механізм їх впливу. Зазначені обставини спонукали авторів до проведення цільових теоретичних і експериментальних досліджень.

Існуючі гіпотези та висвітлені механізми виникнення теплової енергії при кавітації. Чи здатна кавітація нагріти рідину понад дисипативний нагрів від гідравлічного тертя? Наша відповідь: здатна. Це видно хоча б з того, що в нерухомій рідині, де гідравлічне тертя від руху рідини відсутнє, ультразвукова кавітація нагріває рідину.

Щодо причин такого нагріву було опубліковано ряд гіпотез [1,2]: 1) вплив сили тяжіння Місяця; 2) вплив електричного поля Землі; 3) холодний ядерний синтез; 4) вихровий рух рідини; 5) теорія поля нульової точки (Zero Point Field — ZPF); 6) радіоліз води.

Гіпотеза холодного ядерного синтезу наводиться Л.П. Фомінським [3], її прихильниками є також вчені США. Холодний ядерний синтез відбувається в природі в живих організмах, в т.ч. і у людини, під дією ензимів, ферментів, каталізаторів, гормонів, за участі всіх систем організму, та спрямований на перетворення одних хімічних сполук і елементів в інші, на синтез складних білкових сполук. Виникнення холодного ядерного синтезу в чистій воді неможливе, — при його протіканні з'являлися б якісь нові елементи чи сполуки. Ніяких розрахунків долі вкладу холодного ядерного синтезу в кавітаційний нагрів і відомостей про механізм його здійснення автори гіпотези не наводять.

Вихровий рух у стисливій рідині (повітрі) дає енергію тепла й холоду. Такі процеси відбуваються в вихровій трубці Ранка [4], робочим середовищем у якій служить стислива рідина — повітря. При наявності у воді кавітаційних бульбашок паро-рідинна суміш стає стисливою, і процеси вихрової трубки Ранка стають можливими. Проте, перш за все, повинна виникнути кавітація у вихровому потоці, яка зароджує кавітаційні бульбашки і робить рідину стисливою. Тобто первинною у цьому процесі буде кавітація, яка виникає на границі вихрового потоку, що обертається як тверде тіло, і периферійним пристінним шаром, що рухається.

Гіпотеза про радіоліз води констатує факт наявності радіоактивного випромінювання, проте не розкриває його причин.

Щодо гіпотези поля нульової точки, про що вказується в роботі [5]: «Мотор Клема виробляє 350 кінських сил і велику кількість теплової енергії, не споживаючи ніякого пального та зовнішньої енергії. Звідки береться така величезна кількість енергії? Відповідь може дати теорія поля нульової точки (Zero Point Field — ZPF), яка розробляється в межах сучасної квантової механіки». Далі наводиться витяг зі статті Бернарда Ханша та ін. «За межами $E = mc^2$ » [11]: «В нашій роботі інерція розглядається як результат безмежного, розповсюдженого скрізь, електромагнітного поля. Це поле

називається полем нульової точки (ZPF). По суті, це той же ефір (фізичний вакуум)».

Перші дві гіпотези не мають наукової основи, третя гіпотеза малоймовірна, четверта — можлива, але перед вихровим ефектом Ранка повинна, перш за все, з'явитися кавітація, яка породжує кавітаційні бульбашки, що роблять рідину стисливою та уможливають виникнення ефекту Ранка, п'ята гіпотеза важко доводиться, механізм дії не розкривається.

В публікації [6] вказується про можливість трьох найбільш вірогідних джерел додаткової енергії:

енергія гальмування, яка виникає за рахунок ефекту Коріоліса;

енергія взаємодії електромагнітного поля Землі, яке обертається з рідиною (водою);

енергія, яка виникає за рахунок деструкції та синтезу гідратних кластерів.

Гіпотеза І.М. Федоткіна щодо механізму кавітаційного нагріву рідини. Вона дозволяє розрахувати кількість теплової енергії, що виробляється, розкрити механізм дії фізичних факторів, встановити оптимальні режими кавітаційних процесів і оцінити ступінь впливу факторів, які підвищують ефективність кавітації.

Теоретичні розрахунки процесу схлопування кавітаційної бульбашки за формулою Релея показують, що швидкість радіального руху оболонки бульбашки обернено пропорційна поточному радіусу бульбашки в третій степені та на завершальній стадії схлопування досягає швидкості світла [1]. Внаслідок цього приєднана маса рідини при досягненні бульбашкою критичних розмірів $R_{кр}=2-3$ мкм переходить в енергію і випромінюється у вигляді радіоактивної енергії. Кількість виділеної при цьому теплової енергії визначається відомою формулою А. Ейнштейна $E=mc^2$, де $m=\frac{4}{3}\pi R_{кр}^3 \rho \psi$, $c=3\cdot 10^8$ м/с — швидкість світла, $R_{кр}$ — критичний радіус бульбашки, який визначається при досягненні оболонкою бульбашки радіальної швидкості схлопування,

рівної швидкості світла, ρ — густина рідини, $\psi = 1,5$ — коефіцієнт приєднаної маси. В цьому і є сутність гіпотези І.М. Федоткіна.

Методика розрахунків теплової енергії, що виділяється при кавітації, за гіпотезою І.М. Федоткіна. Незавжди вирахувати, що енергія, яка витрачається на зростання кавітаційного бульбашки від критичного радіусу $R_{кр}$ до кінцевого R_0 , згідно закону збереження енергії, цілком повертається при схлопуванні кавітаційного бульбашки цього разу вже від початкового радіусу R_0 до критичного $R_{кр}$.

Тому для пояснення, звідки ж береться нагрів рідини при кавітації, математично обґрунтовано введення гіпотези про те, що після досягнення радіальної швидкості руху оболонки бульбашки на завершальній стадії схлопування швидкості світла, вся приєднана маса рідини, залучена оболонкою бульбашки в радіальний рух, перетворюється в енергію радіоактивного випромінювання за формулою А. Ейнштейна.

Математична необхідність введення такої гіпотези обґрунтовується наступним чином. Енергія, яка витрачається при адіабатичному розширенні кавітаційного бульбашки від R_{min} до R_0 визначається за формулою [1]:

$$E = \frac{4}{3} \pi \int_{R_0}^{R_{min}} \rho(R) 3R^2 dR - 4\pi \int_{R_0}^{R_{min}} \left(\left(p_0 + \frac{2\sigma}{R} \right) \left(\frac{R_0}{R} \right)^{3\gamma} + p_n - \frac{2\sigma}{R} \right) R^2 dR =$$

$$= 4\pi \left(p_0 + \frac{2\sigma}{R} \right) R_0^{3\gamma} \frac{R_{min}^{3(1-\gamma)} - R_0^{3(1-\gamma)}}{3(1-\gamma)} + 4\pi p_0 \frac{R_{min}^3 - R_0^3}{3} - \pi \sigma (R_{min}^2 - R_0^2),$$

де p_n — тиск пари всередині бульбашки, σ — поверхневий натяг рідини, γ — показник степеня адіабати.

Якщо за цією ж формулою підрахувати енергію, що виділяється при адіабатичному схлопуванні (стисненні) кавітаційних бульбашок від радіуса R_0 до R_{min} , використовуючи однакові числові дані, то, природно, отримаємо таку ж саму кількість енергії, тобто має місце повна відповідність закону збереження енергії, і ніякого нагріву при кавітації не повинно виникати, але він виникає.

Тепер використаємо гіпотезу І.М. Федоткіна, яка базується на трьохкомпонентному законі збереження енергії, матерії та інформації,

введеному автором [2,7]. Умова виникнення надлишкової енергії за формулою Релея

$$c = \frac{dR}{d\tau} = \sqrt{\frac{2p_0}{3\rho} \left(\frac{R_0^3}{R^3} - 1 \right)}; \quad R_{kp} \quad \beta R_0 = f(p_0).$$

Використати теоретичне рішення Релея з метою визначення кількості надлишкової енергії можна за таким алгоритмом:

1. Задаємо дійсний об'ємний паровміст: $\varphi = 0,1$.
2. Задаємо початковий радіус кавітаційного бульбашки: $R_0 = 25 \cdot 10^{-6}$ м.
3. Визначаємо кількість кавітаційних бульбашок у 1 м³ рідини:

$$N = (\varphi Z V) / \left(\frac{4}{3} \pi R_0^3 \right),$$

де z — частина (доля) кавітаційних бульбашок, які схлопуються одночасно. Прийmemo $z = 0,5$, тоді $N = 7,64 \cdot 10^{11}$.

4. Визначаємо параметр β :

$$\beta = \sqrt{\frac{2p_0/3\rho}{c^2 + 2p_0/3\rho}},$$

що впливає з формули Релея для швидкості схлопування кавітаційного бульбашки:

$$v_{cx} = \frac{dR}{d\tau} = \sqrt{\frac{2p_0}{3\rho} \left(\frac{R_0^3}{R^3} - 1 \right)},$$

де R_0 і R — початковий і поточний радіуси бульбашки, p_0 — тиск навколишньої рідини.

5. Прирівнюючи в цій формулі радіальну швидкість схлопування до швидкості світла ($v_{cx} = c$), отримуємо критичний радіус кавітаційного бульбашки:

$$R_{kp} = \beta R_0 = f(p_0) \text{ при } R_0 = \text{const.}$$

6. Визначаємо параметр $\alpha = \frac{4}{3} \pi \rho \psi$, де $\psi = 1,5$ — коефіцієнт приєднаної маси рідини.
7. Приєднана маса рідини $m = \alpha R_{k3}^3$.
8. Енергія, що виділяється при схлопуванні одного кавітаційного бульбашки $E_I = mc^2$, де c — швидкість світла.
9. Енергія в 1 м³ рідини $E = NE_I$.

10) Ступінь нагріву 1 м³ рідини від еманції рідини за рахунок перетворення матерії в енергію радіоактивного випромінювання понад закон збереження енергії: $\Delta t = E / (\epsilon_p \rho V)$, де $V=1$ м³.

11) Кількість виділеної надлишкової енергії: $W = \epsilon_p \rho V \Delta t$, кВт.

Для варіації параметра $p_0=0,3; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0$ МПа маємо (табл.1):

Таблиця 1. Кількість надлишкової енергії в залежності від тиску навколишнього середовища

p_0 , МПа	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
$\Delta t = E / (\epsilon_p \rho V)$, °C	3,38	5,72	11,6	18,6	28,9	34,7
$W = \epsilon_p \rho V \Delta t$, кВт/м ³	0,393	0,665	1,35	2,162	3,36	4,03

Результати розрахунку ступеня нагріву 1 м³ рідини при варіації параметра φ_0 — дійсного паровмісту рідини та долі кавітаційних бульбашок, що схлопуються $z=1$, для аналогічних попереднім значень вихідних параметрів наведені в табл. 2:

Таблиця 2. Ступінь нагріву рідини в залежності від паровмісту рідини

		p_0 , МПа				
		φ_0				
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,3	Δt , °C	6,76	13,5	20,2	27,0	33,8
0,5	Δt , °C	11,4	22,9	34,2	45,8	57,1
2,0	Δt , °C	45,8	91,6	137,2	183,1	229

Результати розрахунку ступеня нагріву 1 м³ рідини при варіації початкового розміру бульбашки при $\varphi_0 = 0,1$ наведені в табл. 3:

Таблиця 3. Ступінь нагріву рідини в залежності від початкового радіусу бульбашки

$R_0 \times 10^6$, м	10	15	20	25	30	45
-----------------------	----	----	----	----	----	----

$\Delta t, ^\circ\text{C}$	6,9	6,9	6,95	6,8	6,87	6,9
----------------------------	-----	-----	------	-----	------	-----

Як видно з останньої таблиці, ступінь нагріву Δt не залежить від розмірів бульбашок у межах $R_0=(10\div 45)\times 10^{-6}$ м. Цей висновок підтверджується очевидною однозначною залежністю — кількість кавітаційних бульбашок обернено пропорційна початковому радіусу бульбашок R_0 у третій степені, а енергія схлопування прямо пропорційна третій степені того ж початкового радіусу, тому добуток цих величин при будь-якому тиску в рідині p_0 незмінний. Проте, межу розміру початкового радіусу бульбашки жорстко встановлює фізика процесу, на відміну від математики. При досягненні початковим радіусом кавітаційного бульбашки величини, коли його оболонка втрачає стійкість [1], пухирець вивертається в тор із утворенням кумулятивної струминки, яка розмиває точкову енергію схлопування, і вона втрачається. Тому незалежність енергії схлопування від розміру початкового радіусу справедлива лише до межі досягнення пухирцем радіусу, при якому він втрачає стійкість. Але і при такому обмеженні висновок про незалежність кількості енергії схлопування від розміру початкового радіусу бульбашки має велике практичне значення.

Обґрунтування гіпотези І.М. Федоткіна.

1) Широко відомі непрямі докази на користь представленої гіпотези, а саме:

2) невелике зменшення маси води в процесі роботи кавітаційних теплогенераторів (КТГ);

радіоактивні випромінювання КТГ, β - і γ -променевиділення, що значно перевищують фонові в ефективних режимах роботи КТГ.

Ці явища були зареєстровані та відмічаються багатьма дослідниками:

— Кладовим А.Ф. — проведено фундаментальні дослідження випромінювання β - і γ -променів при кавітації [8];

— Потаповим Ю.С. — багаторазово відмічалась наявність β - і γ -випромінювань і зменшення маси води в КТГ [9];

– Фомінським Л.П. [3] — у зв'язку з безперечною наявністю β - і γ -випромінювань, висунута концепція холодного ядерного синтезу;

– Халатовим А.А. [10] — спостерігалось β - і γ -випромінювання з торців вихрової труби КТГ Потапова Ю.С., яке значно перевищувало фонове.

Зменшення об'єму води в КТГ у процесі роботи незначне, тому що з однієї краплини води радіусом $R_0=1$ мм при еманції речовини виділяється енергії $E = m\epsilon^2 \frac{4}{3}\pi R_{кр}^3 \rho \psi c^2 = 2720$ кВт, що більше, ніж на АЕС.

Крім зазначеного вище, унікальність ситуації, яка виникає при кавітації, зумовлюється надзвичайно високими тиском і температурою, які виникають у точці схлопування.

Оцінимо енергію, що виділяється при схлопуванні поодинокого кавітаційного бульбашки радіусом $R_0=20$ мкм при тиску оточуючого пухирець середовища (води) $p_0=0,3$ МПа.

І спосіб: Сила тиску, що розвивається при схлопуванні за Релеєм:

$$p = \rho \ddot{R} \frac{R_0}{3} \psi, \quad (1)$$

де $\psi = 1,5$ — коефіцієнт приєднаної маси, а $\ddot{R}$ — прискорення. Швидкість схлопування буде дорівнювати:

$$(\dot{R})^2 = \frac{2}{3} \frac{z_0}{\rho} \left(1 - \frac{R_0^3}{R^3}\right), \quad (2)$$

де R_0 — початковий радіус бульбашки, R — поточний, $z_0 = p_w + p_0$ — при розширенні бульбашки, $z_0 = -p_0$ — при його стискуванні, p_w — тиск насиченої пари.

Диференціюючи (2), отримуємо прискорення:

$$\ddot{R} = \frac{z_0}{\rho} \frac{R_0^3}{R^4}. \quad (3)$$

З (1) і (3) маємо, підставивши числові значення:

$$\ddot{R} = \frac{z_0}{\rho} \frac{R_0^3}{R^4} = \frac{-30000}{1000} \cdot \frac{(20 \cdot 10^{-6})^3}{(1 \cdot 10^{-6})^3} = 2,4 \cdot 10^{11} \text{ м/с}^2, \quad (4)$$

$$p = \rho \ddot{R} \frac{R_0}{3} \psi = 1000 \cdot 2,4 \cdot 10^{11} \frac{20 \cdot 10^{-6}}{3} \cdot 1,5 = 1200 \text{ МПа} \quad (5)$$

що відповідає експериментам.

II спосіб: Для бульбашки, який зменшиться від початкового радіусу R_0 до радіусу R , створюється тиск:

$$p = \sqrt{\frac{2}{3} \frac{\rho_0}{\beta} \left(\frac{R_0^3}{R^3} - 1 \right)}, \quad (6)$$

де $\beta = 50 \times 10^{-6} \text{ атм}^{-1}$ — стисливість води, $R_0/R = 20$. Після підстановки в (6) одержуємо $p = 10000 \text{ атм}$ — майже такий же результат.

В точці схлопування об'єм дисоційованих молекул води визначається:

$$V = \frac{4}{3} \pi r_m^3 = \pi \sigma_T^3 N \alpha, \quad (7)$$

де N — число молекул, α — коефіцієнт, який враховує пустоти, σ_T — кінетичний діаметр молекул води при температурі T_m у центрі бульбашки, що визначається формулою:

$$\sigma_T^2 = \sigma_\infty^2 \left(1 + \frac{a_0}{T_m} \right), \quad (8)$$

де $\sigma_\infty = 2,27 \text{ \AA}$, $a_0 = 961^\circ \text{K}$.

Температура T_m у центрі схлопування визначається за рівняннями:

$$T_m = T_0 + \frac{3}{j C_p} \int_{R_{\min}}^{R_0} p(R) R^2 dR, \quad (9)$$

$$\text{де } p(R) = \left(p_0 + \frac{2\sigma}{R_0} \right) \left(\frac{R_0}{R} \right)^{3\gamma} + p_n - \frac{2\sigma}{R}, \quad (10)$$

де σ — поверхневий натяг рідини, γ — показник політропи, p_n — тиск насиченої пари, R_0, R — початковий і поточний радіуси бульбашки.

Обчислення за формулами (9) і (10) дають значення $T_m \approx 3200^\circ \text{C}$ при $p = 12000 \text{ атм}$.

Таким чином, при кавітації здійснюється один із сформульованих І.М. Федоткіним умов виробництва надлишкової енергії: концентрація енергії

високої густини в точці [1]. Такий високий тиск і температура в точці схлопування можуть сприяти створенню плазми і переходу речовини в енергію, тобто створенню надлишкової енергії.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Федоткин И.М.* Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности / И.М. Федоткин., И.С. Гулый/ — Ч.І, Киев, «Полиграфкнига» — 1997 г. — 840 стр.; Ч. ІІ, Киев, АО «ОКА». — 2000 г. — 898 стр.
2. *Ткаченко А.Н.* Производство избыточной энергии / Ткаченко А.Н., Федоткин И.М., Тарасов В.А. — Киев, «Техника» — 2001 г. — 332 с.
3. *Фоминский Л.П.* Роторные генераторы дарового тепла / Фоминский Л.П. — Черкассы, «ОКО-Плюс» — 2003 г. — 344 с.
4. *Мартынов Л.В.* Что такое вихревая труба / Л.В. Мартынов, В.М. Бродянский — Москва, «Энергия». — 1976 г. — 252 с.
5. *Кунци Роберт (США)* Мотор Ричарда Клема и конический насос / Кунц Роберт //Новая энергетика. — 2003. — №2. — С. 61 – 64.
6. *Костыгин В.А.* К механизму процесса тепловыделения при кавитационных явлениях, протекающих в термодинамических условиях / Костыгин В.А., Маслюк Е.В., Столяренко Г.С. // Черкасский государственный технологический университет. — 2001. — Вып. 1.
7. *Федоткин И.М.* Избыточная энергия и физический вакуум / И.М. Федоткин, В.В. Боровский. — Винница, 2004 г. — 352 с.
8. *Патент РФ 2085273* МПК В 01 В7/00, «Способ получения энергии» /Кладов А. Ф. // Бюлл. №21, 1997 г.
9. *Патент РФ RU 2162571*, «Устройство для нагрева жидкости» /Потапов Ю.С., Сапогин П.Г., Толмачев Г.Ф., Оpubл. Бюлл. №3, 27.01.2001.
10. *Халатов А.А.* и др. «Результаты испытаний вихревого теплогенератора ТПМ-5,5-1», Доклад на научно-технической конференции

«Аномальные физические явления в энергетике и перспективы создания нетрадиционных источников энергии», 15-16 июня 2005 г., г. Харьков.

11. *Bernard Haisch*, Alfonso Rueda, H.E. Puthoff «BEYOND $E=mc^2$ » / The Sciences Vol. 34, No 6, November-December 1994, p.p. 26–31, Copyright 1994, New York Academy of Science.

Одержана редколегією 29.09.2011 р.

**И.М. Федоткин, А.Н. Тимонин, А.В. Копыленко,
МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ИЗБЫТОЧНОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ
КАВИТАЦИИ**

В статье анализируется гипотеза образования избыточной тепловой энергии за счет превращения вещества жидкого рабочего тела в волновую энергию (эманации вещества).

Ключевые слова: кавитация, тепловая энергия, гипотеза, рабочее тело, эманация вещества.

**I. Fedotkin, A. Timonin, A. Kopylenko,
MECHANISM OF ORIGIN OF SURPLUS ENERGY AT
CAVITATION**

The hypothesis about a possibility of excess energy origin due to transformation of matter of liquid working body into radioactive energy (emanation of matter) is analyzed in this paper.

Key words: cavitation, heat energy, hypothesis, working body, emanation of matter.