

Федоткин И. М.

**О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПОЛУЧЕНИЯ
ИЗБЫТОЧНОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ КАВИТАЦИИ**

Описаны и проанализированы кавитационные процессы в жидкости. Обоснована возможность получения избыточной энергии в кавитационных процессах.

Ключевые слова: кавитация, энергия, гидромеханика, информация, кавитационный нагрев.

В последнее время все больше появляется критических статей, в которых категорически отрицается возможность получения избыточной энергии в кавитационных процессах со ссылками на закон сохранения энергии и с призывами прекратить создавать «вечные двигатели» [1, 2].

Нами опубликовано значительное количество монографий в области теории и практики кавитации [3...15], в которых экспериментально и математически доказывается наличие чисто кавитационного нагрева в результате процессов схлопывания кавитационных пузырьков, и в этом мы не одиноки. В мировой литературе опубликовано в этой области множество работ. Кавитационный нагрев от схлопывания кавитационных пузырьков происходит в полном соответствии с законом сохранения энергии. Правда, в своих работах я опираюсь на трехкомпонентный закон сохранения энергии, материи и информации [4, 5, 6].

Какие причины кавитационного нагрева?

Многими учеными показаны и математически обоснованы эти причины. У меня есть и свои соображения, и теоретические исследования, которыми я хочу поделиться.

В работах многих авторов рассматривается вероятность возникновения условий при схлопывании кавитационных пузырьков, обуславливающих процессы расщепления, диссоциации молекул воды на кислород и водород, выделение гидроксильной группы ОН[•], с появлением электрических зарядов на поверхности пузырьков с последующим возникновением электрического пробоя полости пузырька при его смыкании, возникновения критических температур и давлений на завершающей стадиях схлопывания кавитационных пузырьков и т. д.

Таким образом, учеными мира доказано существование целого ряда физических эффектов и явлений, вызывающих нагрев жидкости в результате схлопывания кавитационных пузырьков. Обзор этих работ содержится в моих монографиях и здесь не приводится.

Приведу некоторые расчеты из своих работ [3, 4, 5, 6].

Энергию схлопывания при радиальном смыкании сферической оболочки можно определить несколькими способами.

Например, исходя из соотношения:

$$E = \frac{m(R)v^2(R)}{2}, \tag{1}$$

где $m(R)$ — присоединенная радиальная масса жидкости, а $v(R)$ — скорость смыкания сферической оболочки кавитационного пузырька, и полагая, что работу схлопывания выполняет движущаяся под давлением окружающей среды присоединенная масса:

$$dE = \frac{\varphi \rho F v^2(R) dR}{2} = \frac{\varphi \rho 4\pi R^2 v^2(R) dR}{2}, \tag{2}$$

где φ — коэффициент присоединенной массы, $\varphi = 1,5$ для одиночного пузырька, $F dR = \alpha V$ — объем этой массы, $F = 4\pi R^2$ — поверхность сферы.

Интегрируя выражение (2) от R_0 до 0, получим:

$$E = \frac{2}{3} \pi \rho \varphi \int_{R_0}^0 \dot{R}^2 R^2 dR, \quad (\dot{R} = \frac{dR}{dt}). \tag{3}$$

Если считать, что работу схлопывания выполняет сила давления окружающей пузырек

среды, то будем иметь:

$$A = \int_{V_0} \rho dV, \quad (4)$$

где сила давления развиваемая при схлопывании:

$$P = \rho V \frac{d^2 R}{d\tau^2} \cdot \Psi \quad F = \rho \ddot{R} \frac{R}{3} \Psi \quad (5)$$

или иначе:

$$p = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{dR}{d\tau} \right)^2 \Psi = \frac{1}{2} \Psi \rho \dot{R}^2. \quad (6)$$

В частном случае по Релею:

$$\dot{R}^2 = \frac{2}{3} \frac{Z_0}{\rho} \left(1 - \frac{R_0^3}{R^3} \right), \quad (7)$$

где $z_0 = p_s + p_0$ — когда пузырек расширяется, и $z_0 = -p_0$ — при сжатии пузырька, R_0 — начальный радиус пузырька, R — текущий радиус пузырька.

$$\ddot{R} = \frac{Z_0}{\rho} \frac{R_0^3}{R^4}. \quad (8)$$

Для пузырька с начальным радиусом $R_0 = 20 \cdot 10^{-6}$ м, при $z_0 = -p_0 = -30000$ кг/м² = -3 атм. имеем:

$$\ddot{R} = \frac{Z_0}{\rho} \frac{R_0^3}{R^4} = \frac{-30000}{1000} \frac{20 \cdot 10^{-6}{}^3}{1 \cdot 10^{-6}{}^4} = -2,4 \cdot 10^{11} \text{ м/с}^2$$

и при сжатии пузырька до $R = 1$ мкм имеем:

$$p = \rho \Psi \ddot{R} \frac{R}{3} = 1000 \cdot 1,5 \cdot 2,4 \cdot 10^{11} \cdot \frac{1 \cdot 10^{-6}}{3} = 1,2 \cdot 10^8 \text{ кгс/м}^2 = 12000 \text{ атм} \quad (9)$$

Это известный результат, подтвержденный экспериментально.

При дальнейшем смыкании сферической оболочки давление и, следовательно, температура доходит до критических значений.

При кавитации возникают электрические явления.

Я. Френкель полагает, что в начальный период развития кавитационной полости в потоке жидкости она имеет чечевицеобразную форму. На границе полости преобладают заряды одного знака, на другой — противоположного. При таком распределении зарядов полость можно рассматривать как плоскопараллельный конденсатор с разноименно заряженными пластинами.

Средний квадрат заряда, образующийся на поверхности полости

$$\sigma^2 = e^2 \frac{N}{S^2}, \quad (10)$$

где e — заряд одновалентного иона, σ — расстояние между стенками полости, S — площадь сечения полости; N — число диссоциированных молекул в единице объема.

При $d = 4 \cdot 10^{-8}$ см — приблизительное расстояние между соседними молекулами ионы ведут себя независимо друг от друга.

Напряжение электрического поля определяется выражением

$$E = \frac{4e}{r} \sqrt{Nd}, \quad (11)$$

где r — радиус кавитационной полости, d — расстояние между разорвавшимися слоями жидкости.

Примерный расчет дает следующие результаты [3,4]. Если принять $N = 10^{18}$, $d = 5 \cdot 10^{-8}$ см и $r = 10^{-4}$ см, то $E = 600$ В/см.

Этого напряжения достаточно, чтобы вызвать электрический пробой, т.е. разряд внутри полости при небольшом давлении паров — примерно 1/50 атм.

К этой теории можно еще добавить следующее. Почему заряды группируются на одной стороне оболочки полости одного знака, на другой — противоположного. Наш ответ: под действием электрического поля Земли, но напряженность электрического поля Земли очень мала.

Нам удалось усилить разрядные явления в кавитационных пузырьках с помощью внешней электростатической индукции $E = eD$ электростатическим полем напряженностью $60 \div 120 \text{ кВ}$.

Нашей рабочей гипотезой, объясняющей, откуда берется избыточная энергия при схлопывании кавитационных пузырьков является следующее. Кавитационный пузырек зарождается в условиях, когда тангенциальное напряжение, возникающее в жидкости, превышает ее кавитационную прочность на разрыв. Далее пузырек расширяется, а затем схлопывается. Сколько энергии затрачено на его зарождение и расширение, столько же энергии возвращается при обратном процессе схлопывания по закону сохранения энергии.

Откуда же берется избыточная энергия?

После ряда преобразований [4] с использованием теории Релея скорость схлопывания определяется выражением:

$$\dot{R} = \frac{dR}{dt} = \sqrt{\frac{2}{3} \frac{gp_0}{\gamma} \left(\frac{R_0^3}{R^3} - 1 \right)}. \quad (12)$$

Если приравнять скорость схлопывания к скорости света $\dot{R} = c$, то можно рассчитать значения критических радиусов пузырька при которых достигается скорость света оболочкой пузырька в различных режимах.

Нашей рабочей гипотезой является предположение о том, что после достижения скорости света радиальной скоростью движения оболочки пузырька на завершающей стадии схлопывания вся присоединенная масса жидкости, вовлеченная в радиальное движение, переходит в энергию по формуле А. Эйнштейна:

$$E = m_0 c^2, \quad (13)$$

где $m_0 = \frac{4}{3} \pi R_{kp}^3 \rho \varphi$ — присоединенная масса жидкости, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ скорость света.

Известно, что в процессе схлопывания кавитационный пузырек осциллирует, колебания его оболочки происходят с высокой частотой.

В те моменты, когда осцилляции оболочки пузырька совпадает с направлением ее радиальной скорости смыкания, скорость света достигается раньше, чем радиальная скорость смыкания достигнет этого предела. Происходят импульсные излучения энергии сверх затраченной так, как она получается за счет эманации вещества, перехода вещества в энергию, а этот процесс уже за пределами применимости закона сохранения энергии.

Имеются косвенные доказательства в пользу высказанной мной гипотезы, а именно:

- 1) Небольшая убыль массы воды в процессе работы кавитационных тепло генераторов (КТ);
- 2) Радиоактивные излучения КТ, β - и γ - излучения, значительно превышающие фон в особо эффективных режимах.

Эти явления зарегистрированы и отмечаются многими исследователями (Кладов, Халатов, Потапов, Фоминский и многие другие).

Радиоактивные излучения, сопровождающие гидродинамическую кавитацию, относились до сих пор только за счет протекающих при вихревом движении явлений холодного ядерного синтеза. Однако никаких расчетов, объясняющих механизм их возникновения и позволяющих определить долю их вклада в производство избыточной энергии авторы гипотезы холодного ядерного синтеза не приводят. Между тем, выдвигаемая мной гипотеза позволяет определить количество вырабатываемой избыточной энергии сверх затраченной в каждом конкретном случае при конкретных параметрах процесса. И, кроме того, с помощью расчетов, проведенных на основе этой гипотезы, устанавливаются механизмы увеличения объемов производимой избыточной энергии с помощью различных физических эффектов и физических воздействий:

- гидроудара,
- автоколебания,

- гидравлических пульсаций,
- влияний частоты внешних колебаний,
- влияний спиновой поляризации электрического, магнитного и торсионного поля и др.

В большинстве случаев удастся расчетом предсказать оптимальные параметры этих интенсифицирующих воздействий и долю их вклада в производство избыточной энергии.

Выдвигаемая гипотеза удобна для оценочных расчетов, но встречает возражение оппонентов.

Есть возражения с позиций релятивистской механики. Согласно формуле Лоренца, масса:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (14)$$

где m_0 — масса покоя, v — скорость движения тела, c — скорость света.

При достижении скорости света масса становится бесконечно большой величиной.

Но если рассматривать предельный переход, то следует учитывать не конечную стадию, а весь ход процесса. Стремления скорости смыкания оболочки пузырька к скорости света происходит на завершающей стадии, когда объем пузырька и присоединенная масса жидкости стремятся к нулю. При одновременном стремлении величины к бесконечности и к нулю, предел может быть только конечным, скачка в бесконечность быть не может.

Проведем некоторые расчеты количества получаемой избыточной энергии с использованием выдвигаемой автором гипотезы и без ее использования с соблюдением закона сохранения энергии.

В соответствии с методикой автора и приведенными в работах [3, 4, 5, 13, 14, 26] уравнениями, приведем примеры расчетов.

Работа при изотермическом схлопывании кавитационного пузырька:

$$A = \int_{v_0} p dv,$$

где $p = \frac{P_0 V_0}{V}$, следовательно:

$$A = \int_{v_0} \frac{P_0 V_0}{V} dv = P_0 V_0 \ln \frac{v}{v_0}.$$

При $p_0 = 3 \text{ атм} = 30000 \text{ кг/м}^2$, $V_0 \approx 20 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ и $V \approx (1 \cdot 10^{-6})^3 \text{ м}^3$, получим:

$$A = 30000 \cdot \frac{4}{3} \cdot 3,14 (20 \cdot 10^{-6})^3 \ln \left(\frac{1 \cdot 10^{-6}}{20 \cdot 10^{-6}} \right)^3 = 9 \cdot 10^{-9} \text{ кГм}.$$

При адиабатическом схлопывании:

$$\begin{aligned} E &= \frac{4\pi}{3} \int_{R_{\min}} P(R) 3R^2 dR = 4\pi \int_{R_{\min}} \left[\left(P_0 + \frac{2\sigma}{R_0} \right) \left(\frac{R_0}{R} \right)^{3\gamma} + P_n - \frac{2\sigma}{R} \right] R^2 dR = \\ &= 4\pi \left(P_0 + \frac{2\sigma}{R} \right) R_0^{3\gamma} \frac{R_0^{3(1-\gamma)} - R_{\min}^{3(1-\gamma)}}{3(1-\gamma)} + 4\pi p_0 \frac{R_0^3 - R_{\min}^3}{3} - \frac{8}{3} \pi \sigma R_0^2 - R_{\min}^2. \end{aligned}$$

Для $p_0 = 30000 \text{ кГ/м}^2$, $\sigma = 70 \cdot 10^{-4} \text{ кГ/м}$, $\gamma = \frac{4}{3}$, $p_n = 4000 \text{ кг/м}^2$ — давление паров,

$p_n = \frac{40^0}{100^0} 10000 = 4000 \text{ кг/м}^2$, $R_{\min} = 0$, $R_0 = 20 \cdot 10^{-6} \text{ м}$, получаем

$$E = 2,95 \cdot 10^{-9} \text{ кГм}.$$

Причем из вышеприведенной формулы следует, что энергия схлопывания пропорциональна давлению окружающей пузырь жидкости в первой степени

$$E \approx p_0 \cdot V$$

В уравнениях, приведенных выше, p_n — давление пара внутри пузырька, σ — поверхностное натяжение жидкости, γ - показатель адиабаты.

Еще один способ расчета энергии при схлопывании (3.5)

$$E = \frac{4\pi R^2}{\gamma - 1} \left(\frac{1}{2} \rho \frac{r_0}{r} \right)^{\gamma - 1/\gamma} \left[\frac{1}{3} P_0 W_E + 1 \right],$$

где $W_E = \frac{2\sigma}{\rho R_0}$ — число Вебера.

Подставив в это уравнение числовые значения, приведенные выше, найдем

$$E = 3,86 \cdot 10^{-9} \text{ кгм.}$$

Все три метода расчета дают результаты одного порядка.

В последнем случае также имеем:

$$E \approx p_0^{1/\gamma} \cdot p_0^{1/\gamma} = p_0.$$

Теперь вычислим последовательно: количество кавитационных пузырьков при действительном объемном паросодержании $\varphi_0 = 0,1$; $R_0 = 20 \cdot 10^{-6}$ м

$$N = \frac{\varphi_0 V}{\frac{4}{3} \pi R_0^3} = \frac{0,1 \cdot 1}{\frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot 20 \cdot 10^{-6}{}^3} = 3 \cdot 10^{12} \text{ в } 1 \text{ м}^3.$$

Допустим, что одновременно схлопывается 5% из них.

$$N_1 = 0,05 \cdot 3 \cdot 10^{12} = 0,15 \cdot 10^{12} \text{ } \frac{1}{\text{м}^3}.$$

Работа от схлопывания 1-го пузырька при давлении $P_0 = 30000$, как выше было найдено $E_0 = 3 \cdot 10^{-9}$ кгм.

Нагревание воды от схлопывания N пузырьков:

$$\Delta t = \frac{E_0 N}{IC_p \rho V} = \frac{3 \cdot 10^{-9} \cdot 3 \cdot 10^{12}}{427 \cdot 1 \cdot 100} = 0,21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Нагревание воды от одновременного схлопывания 25% образовавшихся пузырьков:

$$E = \frac{\Delta t N_1}{N} = \frac{0,21 \cdot 0,25 \cdot 3 \cdot 10^{12}}{3 \cdot 10^{12}} = 0,05 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Т. е. по сути избыточной энергии не образуется. Закон сохранения энергии выполняется, но превращение материи в энергию не учитывается.

Уровень нагрева жидкости в этом случае отражает затраты энергии на расширение и сжатие пузырьков.

Соблюдение трехкомпонентного закона сохранения энергии, материи и информации

Использовать теоретическое решение Релея с целью определения количества избыточной энергии можно по такому алгоритму.

Для вариации параметров $p = 3, 5, 10, 15, 20, 30$ атм. — давление окружающей пузырек среды (см. табл.). Имеем:

- 1) Задаем действительное объемное паросодержание $\varphi = 0,1$.
- 2) Задаем начальный радиус пузырька $R_0 = 25 \cdot 10^{-6}$ м.
- 3) Определяем количество кавитационных пузырьков в 1м жидкости:

$$N = \frac{\varphi \cdot z \cdot V}{\frac{4}{3} \pi R_0^3},$$

где $\varphi = 0,1$, z — часть пузырьков, которая схлопывается (их может быть менее 100%), примем $z = 0,5$, тогда:

$$N = 7,64 \cdot 10^{11} \text{ 1/м}^3.$$

- 4) Определяем параметр β :

$$\beta = \sqrt{\frac{\frac{2gp_0}{3^\gamma}}{c^2 + \frac{2g\rho_0}{3^\gamma}}}.$$

Этот параметр образуется таким образом. Согласно решению Релея скорость схлопывания кавитационного пузырька равна:

$$V_{cx} = \frac{dR}{dt} = \sqrt{\frac{2gp_0}{3^\gamma} \left(\frac{R_0^3}{R^3} - 1 \right)}.$$

Эта формула записана в технической системе единиц.

Из этой формулы, приравнивая скорость схлопывания, скорости света $V_{cx} = c$, по нашей методике получаем критический радиус кавитационного пузырька R_{kp} , при котором его оболочка достигает скорости света в радиальном смыкании

$$R_{kp} = R_0 \sqrt{\frac{\frac{2gp_0}{3^\gamma}}{c^2 + \frac{2gp_0}{3^\gamma}}} = f \cdot p_0 \text{ при } R_0 = const.$$

- 5) Далее определяется $R_{kp} = \beta R_0$.

- 6) Параметр $\lambda = \frac{4\pi}{3} \cdot \frac{\rho_0}{g} \cdot \psi = 640,16 = const$.

- 7) Присоединенная масса жидкости

$$m = \lambda R_{kp}^3.$$

- 8) Энергия, выделяющаяся при схлопывании одного пузырька

$$E_1 = mc^2, \text{ кГм.}$$

- 9) Энергия в 1м^3 жидкости

$$E = N \cdot E_1.$$

- 10) Степень нагрева от эманиции жидкости сверх закона сохранения энергии

$$\Delta_t = \frac{E}{IC_p \rho V}, \text{ } ^\circ\text{C на } 1\text{м}^3 \text{ жидкости,}$$

где $I = 427\text{кГм/ккал}$; $V = 1\text{м}^3$, $C_p = 1$.

- 11) Количество выделившейся избыточной энергии

$$W = \frac{C_p \rho V \Delta_t}{860}, \text{ кВт/1м}^3.$$

Расчеты, выполненные по этой методике и приведенным формулам, представлены в таблице.

Условия возникновения избыточной энергии по формуле Релея

$$C = \frac{dR}{dt} = \sqrt{\frac{2gp_0}{3^\gamma} \left(\frac{R_0^3}{R^3} - 1 \right)}; R_{kp} = R_0 \cdot \sqrt{\frac{\frac{2gp_0}{3^\gamma}}{c^2 + \frac{2p_0}{3^\gamma}}}$$

(в технической системе единиц $\frac{gp_0}{\rho}$ вместо $\frac{p_0}{\rho_0}$ в системе СИ).

Вычисленные показатели \ Принятые параметры						
Действительное объемное паросодержание	$\varphi = 0,1$					
Начальный радиус кавитационного пузырька	$R_0 = 25 \cdot 10^{-6}, \text{ м}$					
Количество кавитационных пузырьков в 1 м^3	схлопывается 50% пузырьков $N = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 0,5 \cdot 1}{4\pi \cdot 25 \cdot 10^{-6}^3} = 7,64 \cdot 10^{11} \text{ 1/м}^3$					
Давление окружающей жидкости, кГ/м^2	30000	50000	100000	150000	200000	300000
$\beta = \sqrt[3]{\frac{\frac{2}{3} \frac{gp_0}{\gamma}}{c^2 + \frac{2}{3} \frac{gp_0}{\gamma}}}, 10^{-5}$	1,29	1,53	1,93	2,27	2,43	2,78
$R_{RH} = \beta \cdot R_0, 10^{-10} \text{ м}$	3.2	3,82	4,83	5,67	6,07	6,95
$\alpha = \frac{4 \pi y \cdot \psi}{3 g}$	640,16					
$m = \alpha R_{KP}^3, 10^{-26} \text{ кГ}$	2,09	3,56	7,21	11,6	14,3	21,5
$E_1 = mc^2, 10^{-9} \text{ кГм}$	1,39	3,2	6,48	10,4	12,8	19,35
$E = NE_1, 10^3$	1,44	2,44	4,95	7,94	9,77	14,78
$\Delta_t = \frac{E}{JC_p \rho V};$ $J = 427 \text{ кГм/ккал};$ $V = 1 \text{ м}^3; C_p = 1$	$3,38^0 \text{ C}$	$5,72^0 \text{ C}$	$11,6^0 \text{ C}$	$18,6^0 \text{ C}$	$28,9^0 \text{ C}$	$34,7^0 \text{ C}$
$W = \frac{C_p \rho V \Delta_t}{860}, \text{ кВт}$ на 1 м^3 .	0,393	0,665	13,5	2,162	3,360	4,03

Для оценки количества избыточной энергии следует сравнить степень нагрева, приведенную в таблице с учетом эманации вещества рабочей жидкости, со степенью нагрева Δt 1 м^3 жидкости при схлопывании тех же $N \frac{1}{\text{м}^3}$ пузырьков, вычисленной по закону сохранения энергии по формулам, приводившимся ранее. Там была получена степень нагрева $\Delta t = 0,05 \cdot 0,2^0 \text{ C}$, которая выражала по сути работу расширения пузырька или его сжатие.

Проварьируем параметр φ_0 — действительное объемное паросодержание в формуле

теории Релея; $\varphi_0 = 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$; $R_0 = 25 \cdot 10^{-6}$ м, используя данные предыдущей таблицы.

Принятые Вычисленные	Схлопывается 100% пузырьков				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$N, 1/м^3$	$15,28 \cdot 10^{11}$	$30,56 \cdot 10^{11}$	$45,8 \cdot 10^{11}$	$61,12 \cdot 10^{11}$	$76,4 \cdot 10^{11}$
$p_0 = 3 \text{ атм.}, E_1 = 1,89 \cdot 10^{-9} \text{ кгМ}$					
$E_1 N$	$2,88 \cdot 10^3$	$5,77 \cdot 10^3$	$8,65 \cdot 10^3$	$11,55 \cdot 10^3$	$14,44 \cdot 10^3$
Δt	$6,76^0 \text{ C}$	$13,5^0 \text{ C}$	$20,2^0 \text{ C}$	$27,0^0 \text{ C}$	$33,8^0 \text{ C}$
$p_0 = 5 \text{ атм.}, E_1 = 3,2 \cdot 10^9$					
$E_1 N$	$4,89 \cdot 10^3$	$9,78 \cdot 10^3$	$14,6 \cdot 10^3$	$19,55 \cdot 10^3$	$24,4 \cdot 10^3$
Δt	$11,4^0 \text{ C}$	$22,9^0 \text{ C}$	$34,2^0 \text{ C}$	$45,8^0 \text{ C}$	$57,1^0 \text{ C}$
$p_0 = 20 \text{ атм.}, E_1 = 12,8 \cdot 10^9$					
$E_1 N$	$19,55 \cdot 10^3$	$39,1 \cdot 10^3$	$58,6 \cdot 10^3$	$78,2 \cdot 10^3$	$97,8 \cdot 10^3$
Δt	$45,8^0 \text{ C}$	$91,6^0 \text{ C}$	$137,2^0 \text{ C}$	$183,1^0 \text{ C}$	229^0 C

Проварьируем размер пузырьков $R_0 = 10, 15, 20, 25, 30, 45$ мкм при $\varphi_0 = 0,1$.

Принятые Вычисленные	$p_0 = 3 \text{ атм}$ $\rho = 1,29 \cdot 10^{-3}$ $\omega = 640,16$					
	10	15	20	25	30	45
$R_0, 10^{-6} \text{ м}$	10	15	20	25	30	45
$R_{KP} = \beta \cdot R_0, 10^{-10} \text{ м}$	1,29	1,93	2,58	3,20	3,87	5,80
$m = \alpha \cdot R_{KP}^3, 10^{-27}$	1,37	4,6	11,0	20,9	37	125
$E_1 = mc^2, 10^{-10} \text{ кгМ}$	1,23	4,14	9,9	18,9	33	112
$N, 10^{12} \frac{1}{м^3}$ $= \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot 1}{4^{\pi} R_0^3} = \frac{0,024}{R_0^3}$	24	7,1	3	1,53	0,889	0,263
$E_1 N, 10^3 \text{ кгМ}$ $E_1 \cdot N = const$	2,95	2,94	2,97	2,89	2,93	2,94
$\Delta t, ^0 \text{ C}$ $\Delta t = const$	6,9	6,9	6,95	6,8	6,87	6,9

Получено $\Delta t = const$.

Интересен вывод: от размеров начального радиуса R_0 кавитационного пузырька количество выделенной избыточной энергии не зависит. Это получено в пределах изменения R_0 от 10 мкм до 45 мкм.

Объяснение: Этот вывод подтверждается очевидной однозначной зависимостью: количество кавитационных пузырьков обратно пропорционально начальному радиусу в третьей степени, а энергия схлопывания — прямо пропорциональна третьей степени того же начального радиуса, поэтому произведение этих величин при любом давлении в жидкости p_0 неизменно.

Произведем проверку при давлении в жидкости $P_0 = 20 \text{ атм.}$

Принятые Вычисленные	$p_0 = 20 \text{ атм}; \beta = 2,43 \cdot 10^{-5};$ $\varphi = 0,1 \quad \omega = 640,16$					
$R_0, 10^{-6} \text{ м}$	10	15	20	25	30	45
$R_{KP} = \beta \cdot R_0, 10^{-10} \text{ м}$	2,43	3,64	4,86	6,07	7,29	10,9
$m = \alpha \cdot R_{KP}^3, 10^{-26}$	0,918	3,08	7,35	14,3	24,8	82,9
$E_1 = mc^2, 10^{-9} \text{ кГМ}$	0,826	2,78	6,67	12,9	22,3	74,6
$N, 10^{12} \frac{1}{\text{м}^3}$	24	7,1	3	1,54	0,889	0,263
$E_1 N, 10^3 \text{ кГМ}$	19,8	19,7	20	19,9	19,8	19,7
$\Delta t, ^\circ\text{C}$	46,4	46,1	46,8	46,6	46,4	46,1

Таким образом, проведенные расчеты позволяют сформулировать следующее.

Утверждение: количество вырабатываемой избыточной энергии в кавитационных тепло генераторах не зависит от начального радиуса (размера) кавитационных пузырьков в пределах процесса их радиального схлопывания.

Предостережение: При нарушении процесса радиального схлопывания следует выворачивание кавитационного пузырька из сферы в тор с образованием кумулятивной струйки, и это утверждение не оправдывается.

Таким образом, какие бы явления и процессы, сопровождающие кавитацию не принимались во внимание, ясно одно, что кавитация способна давать нагрев жидкости сверх гидродинамического диссипативного ее нагрева, т. е. способна производить избыточную энергию. Это ясно из простейшего примера. Ультразвуковая кавитация нагревает неподвижную жидкость, где гидродинамический нагрев исключен.

Правда, в этом случае не возникает избыточная энергия, так как ультразвук в пузырьковой среде быстро затухает; чем и обуславливается значительные потери энергии. Но это особенность этого процесса.

Теперь, поскольку существует множество факторов, возникающих на завершающей стадии схлопывания кавитационных пузырьков и вызывающих дополнительный нагрев (критические давление и температура, электрические разряды, ионизация, расщепление молекул и т. д.) уже рассмотренных ранее, можно считать установленным способность кавитации нагревать жидкость сверх гидродинамического диссипативного нагрева от трения и можно перейти к рассмотрению кавитационных процессов совместно с процессами фазового перехода, вскипания, дросселирования и с возможностями возврата вращательной энергии, затраченной на создание кавитации.

Рассмотрим кавитационный теплогенератор (КТГ) со вскипанием жидкости в сопле.

Пусть КТГ работает по такой кольцевой схеме: насос — гидродинамический кавитатор любого типа (см. [1]) сопло — теплообменник — возврат насосу.

В сопле происходит дросселирование потока жидкости. Возможен положительный и отрицательный дроссель-эффект. Принимая худший случай — положительный дроссель-эффект, т. е. с падением давления в сопле по мере вскипания температура жидкости снижается.

Уравнение теплового баланса кавитационного испарения при дросселировании и вскипании может быть записано так:

$$G_{ж} C_p t_{ж1} \text{ до сопла} = G_{II} \cdot r + G_{ж} - G_n t_{ж2} \text{ (после сопла)}. \quad (15)$$

Откуда:

$$G_{II} = G_{ж} \frac{C_p \Delta t_{con}}{r - C_p t_{ж2}}, \quad (16)$$

где $\Delta t_{con} = t_{ж1} - t_{ж2}$, G_{II} — массовый расход пара, $G_{ж}$ — массовый расход жидкости, r — теплота парообразования, C_p — теплоемкость жидкости.

Из (16) определяется температурный переход на сопле $\Delta t_{con} = t_{ж1} - t_{ж2}$.

Выразим Δt_{con} через перепад давления на сопле

$$\Delta t_{con} = \frac{dt}{dp} \Delta p_{con}, \quad (17)$$

где $\frac{dt}{dp}$ — производная Клаузиуса-Клапейрона.

$$\frac{dt}{dp} = \frac{AT_s}{r^{\gamma'} \gamma''}. \quad (18)$$

Вычислим эту производную для $p = 1 \text{ атм}$:

$$\frac{dt}{dp} = \frac{373 \cdot 950^{-0,58}}{427 \cdot 540 \cdot 950 \cdot 0,58} = \frac{1}{358} = 0,00279 \frac{\text{м}^2 \text{град}}{\text{кг}}.$$

Если допустить, что на сопле образуется перепад температур всего на $\Delta t_{con} = 2^\circ \text{C}$ то будем иметь следующий коэффициент преобразования энергии

$$\text{КПЭ} = \frac{Q}{860 N_{\text{э}}} \cdot 100, \quad (26)$$

где $N_{\text{э}}$ — электрическая активная мощность на насосе

Применительно к насосу 1ЭЦВ-6-10-80, у которого $N_{\text{э}} = 6 \text{ кВт}$, а производительность $V = 10 \text{ м}^3/\text{час}$ получим.

Количество выделившегося на сопле тепла в случае $\Delta t_{con} = 2^\circ \text{C}$, будет

$$Q = G_{\text{ж}} C_p \Delta t_{con} = 10000 \cdot 1,2 = 20000 \frac{\text{ккал}}{\text{час}}.$$

Затраченная электрическая мощность $N_{\text{э}} = 6 \text{ кВт}$

В этих условиях мог бы быть КПЭ

$$\text{КПЭ} = \frac{Q}{860 N_{\text{э}}} \cdot 100 = \frac{20000}{860 \cdot 6} \cdot 100 = 386 \%.$$

Но для этого нужно обеспечить $\Delta t_{con} = 2^\circ \text{C}$. После вскипания жидкость охлаждается на $\Delta t_{con} = 0^\circ \text{C}$, для того чтобы, произошло вскипание в следующем цикле необходимо ее догреть до первоначальной температуры перед соплом. Эту функцию и должен выполнить кавитационный тепло генератор.

Основной проблемой становится проблема кавитационного нагрева т.е. та же изначальная проблема.

Для усиления кавитационного нагрева в работах [3, 4, 5, 6, 8, 10, 14] разработаны различные методы и физические воздействия:

- генерация гидроударов;
- генерация автоколебаний;
- гидравлические пульсаций;
- использование теплового гистерезиса;
- подавливание кавитационного тракта и др.
- использование одновременно нескольких видов кавитации: статическая за обтеканием кавитатора, динамическая посредством вращающихся крыльчаток, вибрационная, пульсационная, вихревая, центробежная, щелевая в щели между ротором и статором, сопловая, струйная, паровая принудительная, термическая и др.

Откуда берется дополнительная энергия от указанных воздействий? Объясняется с помощью выдвинутой мной гипотезы и не только объясняется, но рассчитывается количество выделяемой при этом энергии.

Например, гидроудары — это кратковременные импульсы значительного повышения давления, которые не оказывают влияние на расход энергии насосом, но существенно влияют,

как видно из формулы (12) на скорость схлопывания.

Гидравлические пульсации — при частоте их близкой или кратной частоте осцилляции кавитационных пузырьков увеличивают амплитуды колебаний и приближают достижения резонанса и скорость света оболочкой.

Поддавливание тракта увеличивают давление окружающей пузырек среды, при этом не влияют на расход энергии насосом, так как действуют в одинаковой степени на вход и выход насоса, который затрачивает энергию лишь на преодоление сопротивления гидравлического тракта. Во всех случаях оправдывается выдвигаемая гипотеза. Дополнительная энергия возникает за счет ускорения достижения оболочкой пузыря скорости света.

Вернемся к схеме КТГ с соплом. Если теперь использовать кинетическую энергию паро-жидкостного потока, истекающего с большой скоростью из сопла, для возврата вращательной энергии, затраченной КТГ на создание кавитации, то сколько энергии будет при этом возвращено, на столько увеличится КПЭ производства тепловой энергии КТГ. Здесь нет противоречия с законом сохранения энергии, т. к. энергия вращения возвращается за счет тепла кавитации, которое получается сверх затраченной энергии на основе приведенных объяснений.

Поэтому в этой области нужно еще многое исследовать и применить на практике, и «вечные» двигатели не должны этому мешать.

Тем более, что двигатели кавитационного типа не «вечные», а использующие энергию эманации вещества, которая намного превышает энергию ядерного распада, используемую на атомных электростанциях.

Из капли радиусом $R=1\text{мм}$ получаем энергии:

$$E = \frac{4}{3} \pi R_{\text{кр}}^3 \beta \Phi c^2 = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ }^2 = 10^{11} \text{ кгм}^2/\text{с} = 2723 \text{ кВтЧч},$$

что значительно больше, чем дает радиоактивный распад на АЭС и совершенно экологически безопасно в своей природе.

Несколько замечаний о критических статьях, отрицающих, возможность получения избыточной энергии при кавитации. Все авторы этих статей ссылаются на закон сохранения энергии. Как было показано, закон сохранения энергии при схлопывании кавитационных пузырьков полностью соблюдается до достижения оболочкой пузырька скорости света, после этого энергия уже возникает не «из ничего», как говорится в законе сохранения энергии, а возникает из вещества.

Как и каждая гипотеза, так и выдвигаемая здесь, может быть подтверждена последующими исследованиями, либо отвергнута.

По поводу отдельных «запрещающих» статей

В статье А. А. Халатова с сотрудниками [1] исследовался вихревой кавитационный теплогенератор Ю. С. Потапова, отработавший уже не один сезон. Авторы ограничились лишь измерением затраченной энергии (электросчетчик) и выработанного тепла (термометр). Никаких измерений интенсивности кавитации не производилось — не использовался гидрофон для измерения уровня кавитационного шума или рН-метр, измеритель электропроводности и пр., не определялась интенсивность вихря, давление на сопло и пр. Даже КПД насоса не установили, хотя для этого были все возможности. При таком уровне эксперимента возникает вопрос, а была ли вообще в ТГ кавитация.

В статье [2] вообще содержатся голословные утверждения, что во всех случаях должен соблюдаться только один закон — закон сохранения энергии и никаких других. Никакого понятия о кавитации автор статьи не имеет, да и не упоминает о ней, а тем более об огромном комплексе явлений, сопутствующих ей, возможности перехода массы в энергию автор статьи не допускает, но тем не менее утверждает: «отрицательный ответ на этот вопрос лежит в основе современной картины мироздания. Тем не менее находятся «изобретатели», имеющие другую точку зрения на это фундаментальное положение в науке», никаких исследований автор не приводит.

Выводы

1. Для анализа процессов в природе, технике, космосе и медицине следует использовать наиболее общий трехкомпонентный закон сохранения энергии, материи и информации [4] с учетом возможности перехода любой из этих компонент в другую. Закон сохранения материи и закон сохранения информации являются лишь частыми случаями этого общего закона мироздания.

2. Существует множество исследований, установивших проявление различных физических явлений при кавитации, обуславливающих кавитационный нагрев жидкости от схлопывания кавитационных пузырьков и ряд гипотез, объясняющих эти явления. Среди физических явлений: достижение критических температур и давлений на завершающей стадии схлопывания, диссоциация молекул, расщепление молекул воды с выделением гидроксильной группы, возникновением электрических зарядов на оболочке с последующим разрядом в полости камерны, разложение воды на водород и кислород с последующим зажиганием смеси от электрического разряда и т. д.

Гипотез, объясняющих, откуда берется избыточная тепловая энергия при кавитации две: холодный ядерный синтез и эманация вещества в связи достижением оболочкой кавитационного пузырька скорости света на завершающей стадии схлопывания. Последняя гипотеза выдвигается и обосновывается автором настоящей статьи.

3. Независимо, какие явления при кавитации учитывать, какие гипотезы принимать, ясно одно положение: кавитация способна осуществлять нагрев жидкости сверх гидродинамического нагрева от гидравлического трения.

Если мы это признаем, то доказывать возможность получения избыточной энергии при кавитации нет необходимости — это становится очевидным.

А признать это положение можно даже исходя из одного факта, что при неподвижной жидкости ультра звуковая кавитация ее нагревает. «Опровергающие» факты статьи и выступления основаны лишь на том, что их авторами при исследовании не достигались эффективные кавитационные режимы (да они это и не проверяли) и они исследовали простой гидродинамический (вихревой или невихревой) нагрев.

4. В разрабатываемом техническом проекте ставится задача создания эффективного кавитационного тепло генератора, основанного на использовании физических эффектов и явлений, усиливающих действие кавитации на реализации принципа выработки тепла от действия кавитации в тех же узлах и деталях, и одновременно с выработкой вращательной энергии, снижающей общие затраты энергии на кавитационные процессы.

Л и т е р а т у р а :

1. *Халатов А. А. и др.* Результаты испытаний вихревого тепло генератора ТПМ-5,5-1. // Доклад на научно-технической конференции «Аномальные физические явления в энергетике и перспективы создания нетрадиционных источников энергии», 15-16 июня 2005 года, г. Харьков.
2. *Бескровный В.* Вихрь из ничего. // Украинская промышленность. — 2008. — №1. — С. 34–35.
3. *Федоткин И. М., Гулый И. С.* Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности. Ч. I. — К.: «Полиграф книга», 1997. — 840 с.
4. *Федоткин И. М., Гулый И. С.* Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности. Ч. II. — Киев: АО «ОКО», 2000. — 898 с.
5. *Федоткин И. М., Боровский В. В.* Избыточная энергия и физический вакуум. — Винница, 2004. — 352 с.
6. *Федоткин И. М. и др.* Математическое моделирование технологических процессов. Гидродинамические процессы. — К.: «Техника», 2004. — 312 с.
7. *Федоткин И. М., Шаповалюк Н. И.* Процессы и аппараты спиртовой промышленности. Ч. 1. — К.: «Химджест», 1999. — 448 с.
8. *Федоткин И. М., Гулый И. С.* Математическое моделирование технологических процессов и их интенсификации. — К.: «Арктур-А», 1998, 416 с.
9. *Федоткин И. М.* Физико-математические основы интенсификации процессов и аппаратов пищевой и химической технологии. — Кишинев: «Штунция», 1987. — 262 с.
10. *Федоткин И. М., Гулый С. И.* Кавитационные энергетические установки. — К.: «Арктур-А», 1998. — 134 с.

11. Федоткин И. М., Гулый С. И., Шаповалюк Н. И. Использование кавитации в промышленности. — К.: «Арктур-А», 1998. — 132 с.
12. Гулый С. И., Федоткин И. М., Боровский В. В. Интенсификация процессов смешения и диспергирования гидродинамической кавитации. — К.: «Арктур-А», 1998. — 128 с.
13. Ткаченко А. Н., Федоткин И. М., Тарасов В. А. Кавитационная техника и технология. — К.: «Техника», 2001. — 462 с.
14. Ткаченко А. Н., Федоткин И. М., Тарасов В. А. Производство избыточной энергии. — К.: «Техника», 2001. — 462 с.
15. Федоткин И. М., Немчин А. Ф. Использование кавитаций в технологических процессах. — К.: «Вища школа», Изд-во КГУ, 1984. — 68 с.
16. Федоткин И. М. Математическое моделирование технологических процессов. — К.: «Вища школа», 1988. — 416 с.
17. Федоткин И. М. Интенсификация технологических процессов. — К.: «Вища школа», 1979. — 347 с.
18. Федоткин И. М., Шаповалюк Ю. Ц., Боровский В. В. — Винница, 2004. — 282 с.
19. Федоткин И. М. Интенсификация теплообмена в аппаратах химических производств. — К.: «Техника», 1971. — 214 с.
20. Федоткин И. М., Липеман В. С. Интенсификация теплообмена в аппаратах пищевых производств. — М.: «Пищевая промышленность», 1972. — 240 с.
21. Федоткин И. М., Жарик Б. Н., Почаржельский Б. И. Интенсификация технологических процессов пищевых производств. — К.: «Техника», 1984. — 176 с.
22. Федоткин И. М., Боровский В. В. Математическое моделирование технологических процессов методом канализации. — Винница, 2002. — 377 с.
23. Борщевский Ю. Т., Федоткин И. М., Погодаев Л. И. Повышение эффективности землесосных снарядов. — К.: «Будивельник», 1974. — 247 с.
24. Федоткин И. М., Ткаченко С. И. Теплогидродинамические процессы в выпарных аппаратах. — К.: «Техника», 1975. — 212 с.
25. Федоткин И. М., Кравченко В. А., Савич В. А. Оптимизация выпарного оборудования. — К.: «Техника», 1985. — 152 с.
26. Фоминский Л. П. Роторные генераторы дарового тепла. — Черкассы: «ОКО-плюс», 2003. — 344 с.
27. Фоминский Л. П. Сверхединичные тепло генераторы против римского клуба. — Черкассы: «ОКО-плюс», 2003. — 420 с.

Статья поступила в редакцию 15.01.2009 г.

Р. С.: Критические замечания просьба направлять автору статьи почтой по адресу: г. Киев, 02090, ул. Пражская, 3, кв. 436, тел. (044) 292-69-03, 8(067)4358870, 8(067)9517132. Федоткину Игорю Михайловичу.

Просьба заинтересованных лиц высказать свое мнение.

Fedotkin I. M.

On the possibilities of reception of superfluous energy at cavitation

There are described and analyzed cavitation processes in liquid. The possibility of reception of superfluous energy in cavitation processes is proved.

Keywords: cavitation, energy, hydromechanics, information, cavitation heating.