ВОПРОСЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ

УДК 532:536

Федоткин И. М.

МЕХАНИЗМ ВОЗНИКНОВЕНИЕ ИЗБЫТОЧНОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ КАВИТАЦИИ И ОСОБЕННОСТИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ В ЭНЕРГОГЕНЕРАТОРЕ И. М. ФЕДОТКИНА

Анализируется гипотеза автора о возможности образования избыточной тепловой энергии за счет превращения вещества жидкого рабочего тела в радиоактивную энергию (эманации вещества) и обосновывается новый взгляд на получение избыточной тепловой и вращательной энергии за счет внутренней энергии тела путем привлечения сил упругой деформации, сил инерции, сил Кориолиса, явления резонанса, при необходимом условии введения нестационарности (пульсаций и гидроударов).

Ключевые слова: генератор, энергия, кавитация, рабочий процесс.

Введение

Обзор конструкций кавитационных теплогенераторов, существующих, запатентованных и серийно изготовляемых, которые приведены в работах [3, 4, 14, 15, 25, 35, 36] и патентах [5–13], позволяет констатировать, что в ни одном из них не осуществляется возвращение вращательной энергии, введения нестационарностей и закипания, легкокипящей компоненты бинарной рабочей смеси. Все эти теплогенераторы энергозатратны и некипящие, так как кипение исключает кавитацию. Энергогенератор, рассматриваемый в статье, энерговозвратный и кипящий.

Предложенные гипотезы и механизмы выделения тепла при кавитации не дают возможности рассчитать выделяющееся количество энергии, оптимальные режимы ведения процесса и оценить степень влияния разных физических эффектов, а также раскрыть механизм их влияния.

Отмеченные два обстоятельства побудили автора к проведению целевых теоретических и экспериментальных исследований.

Существующие гипотезы и освещенные механизмы возникновения тепловой энергии при кавитации

Способна ли кавитация нагреть жидкость сверх дисипативного нагрева от гидравлического трения? Наш ответ: способна. Это видно хотя бы из того, что в неподвижной жидкости, где гидравлическое трение от движения жидкости отсутствует, ультразвуковая кавитация нагревает жидкость.

Относительно причин такого нагрева был опубликован ряд гипотез:

1. Влияние силы притяжения Луны [2];
2. Влияние электрического поля Земли [5];
3. Холодный ядерный синтез [3, 4];
4. Вихревое движение жидкости [3, 4, 6–10] — Ю. С. Потапов, А. И. Киндерович (КПИ);
5. Теория поля нулевой точки (Zero Point Field — ZPF);
6. Радиолиз воды [12].

Гипотеза холодного ядерного синтеза приводится Л. П. Фоминским [3, 4], ее сторонниками являются ученые США. Холодный ядерный синтез происходит в природе в живых организмах, в т. ч. и у человека, под действием энзимов, ферментов, катализаторов, гормонов, при участии всех систем организма, и направленный на превращение одних химических соединений и элементов в других, на синтез сложных белковых соединений. Таким образом, возникновение холодного ядерного синтеза в чистой воде невозможно, — при его протекании появлялись бы какие-то новые элементы или соединения. Никаких расчетов судьбы вклада холодного ядерного синтеза в кавитацийний нагрев и сведений о механизме его осуществления авторы гипотезы не наводят.

Вихревое движение в сжимаемой жидкости (воздухе) дает энергию тепла и холода. Такие процессы происходят в вихревой трубе Ранка [21], рабочей средой в которой служит сжимаемая жидкость — воздух. При наличии в воде кавитационных пузырьков паро-жидкостная смесь становится сжимаемой, и процессы вихревой трубы Ранка [21] становятся возможными. Однако, прежде всего, должна возникнуть кавитация в вихревом потоке, которая порождает кавитационные пузырьки и делает жидкость сжимаемой. То есть первичной в этом процессе будет кавитация, возникающая на границе с ядром вихревого потока, вращающимся как твердое тело, и периферийным пристенным слоем, движущимся потенциально.

Последняя гипотеза (о радиолизе воды) констатирует факт наличия радиоактивного излучения, однако не раскрывает его причин.

Относительно гипотезы поля нулевой точки, вот что указывается в работе [1]: «Мотор Клема производит 350 лошадиных сил и большое количество тепловой энергии, не потребляя никакого топлива и внешней энергии. Откуда берется такое огромное количество энергии? Ответ может указать теория поля нулевой точки (Zero Point Field — ZPF), которая разрабатывается в рамках современной квантовой механики ». Далее приводятся выдержки из статьи Бернарда Ханши, Альфонса Руэда и Гарольда Путхова «За пределами $E = mc^2$ » [37]: «В нашей работе инерция рассматривается как результат безграничного, распространенного везде, электромагнитного поля. Это поле называется полем нулевой точки (ZPF). По сути, это тот же эфир (физический вакуум) ».

Первые две гипотезы не имеют научной основы, третья гипотеза маловероятна, четвертая — возможна, но перед вихревым эффектом Ранка должна, прежде всего, появиться кавитация, которая порождает кавитационные пузырьки, делающие жидкость сжимаемой и обеспечивающие возникновение эффекта Ранка. Пятая гипотеза слишком сложна, механизм действия не раскрыт.

В [2] указывается о возможности трех наиболее вероятных источников дополнительной энергии:

- энергия торможения, возникающая за счет эффекта Кориолиса;
- энергия взаимодействия электромагнитного поля Земли, которое вращается с жидкостью (водой);
- энергия, возникающая за счет деструкции и синтеза гидратных кластеров.

У автора есть своя гипотеза, которая позволяет рассчитать количество вырабатываемой тепловой энергии, раскрыть механизм действия физических факторов, установить оптимальные режимы кавитационных процессов и оценить степень влияния факторов, повышающих эффективность кавитации.

Гипотеза автора о механизме кавитационного нагрева жидкости

Теоретические расчеты по формуле Рэлея процесса схлопывания кавитационного пузырька показывают, что скорость радиального движения оболочки пузырька обратно пропорциональна текущем радиуса пузырька в третьей степени и на завершающей стадии схлопывания достигает скорости света [16, 17, 32]. Вследствие этого присоединенная масса жидкости при достижении пузырьком критических размеров $R_{кр} = 2 - 3$ мкм (микрон) переходит в энергию и излучается в виде радиоактивной энергии. Количество выделяемой при этом тепловой энергии определяется известной формулой А. Эйнштейна $E = mc^2$, где $m = \frac{4}{3}\pi R_{кр}^3 \rho\psi$, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света, $R_{кр}$ — критический радиус пузырька, который определяется при достижении оболочкой пузырька радиальной скорости схлопывания, равной скорости света, ρ — плотность жидкости, ψ = 1,5 — коэффициент присоединенной массы.

В этом суть гипотезы автора.

Методика расчетов тепловой энергии, выделяемой при кавитации, по гипотезе автора

Нетрудно вычислить, что энергия, которая расходуется на рост кавитационного пузырька от критического радиуса $R_{кр}$ до конечного R_0, в полном соответствии закону сохранения энергии, возвращается при схлопывании кавитационного пузырька от, на сей раз, уже начального радиуса к критическому $R_{кр}$ (см. [14–16]).

Поэтому для объяснения, откуда берется нагрев жидкости при кавитации, математически обосновано введение гипотезы автора о том, что после достижения скорости света радиальной скорости движения оболочки пузырька на завершающей стадии схлопывания вся присоединенная масса жидкости, вовлечена оболочкой пузырька в радиальное движение, превращается в энергию радиоактивного излучения по формуле А. Эйнштейна.

Математическая необходимость введения такой гипотезы обосновывается следующим образом.

Энергия, которая расходуется при адиабатическом расширении кавитационного пузырька от $R_{\min}$ до R_0 определяется:

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

$$= 4\pi \left(p_0 + \frac{2\sigma}{R} \right) R_0^{3\gamma} \frac{R_{\min}^{3(1-\gamma)} - R_0^{3(1-\gamma)}}{3(1-\gamma)} + 4\pi p_0 \frac{R_{\min}^3 - R_0^3}{3} - \frac{8}{3}\pi\sigma \left(R_{\min}^2 - R_0^2 \right)$$

Для $p_0 = 30000$ кг/м^2, $\sigma = 70 \cdot 10^{-4}$ кг/м, $\gamma = \dfrac{4}{3}$:

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

получаем: $E = -2{,}95 \cdot 10^{-9}$ кгм.

Если по этой же формуле подсчитать энергию, выделяющуюся при адиабатическом схлопывании (сжатии) кавитационных пузырьков радиуса R_0 до $R_{\min}$, используя эти же числовые данные, то, естественно, получим:

$$E = +2{,}95 \cdot 10^{-9} \text{ кгм},$$

т. е. имеет место полное соответствие закона сохранения энергии, и никакого нагрева при кавитации не должно возникать, а нагрев возникает.

В формуле, приведенной выше, p_n — давление пара внутри пузырька, σ — поверхностное натяжение жидкости, γ — показатель степени адиабаты.

Если взять другое уравнение для расширения и сжатия (схлопывания кавитационного пузырька):

$$E = \frac{4\pi R^2}{(\gamma-1)/\gamma} \left(\frac{1}{2}\rho \frac{r_0}{r} \right)^{(\gamma-1)/\gamma} \cdot \frac{1}{3} p_0 \left(We + 1 \right),$$

где $We = \dfrac{2\sigma}{pR_0}$ — число Вебера, то, подставив те же числовые значения, получим:

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

близкое к предыдущему значению.

Энергия расширения равна энергии схлопывания (сжатия), а кавитационный нагрев жидкости все-таки происходит, имеет место.

Теперь используем гипотезу автора, основанная на трехкомпонентной законе сохранения энергии, материи и информации, введенной автором [15]. Вычисление будем вести по методике автора определения избыточной энергии нагрева при кавитации. Использовать теоретическое решение Рэлея с целью определения количества избыточной энергии можно по следующему алгоритму. Для вариации параметра $p_0 = 3, 5, 10, 15, 20, 30$ *атм.* — давление окружающей среды (см. табл.), имеем:

1) Задаем настоящий объемный паросодержание: φ = 0,1.

2) Задаем начальный радиус кавитационного пузырька: $R_0 = 25 \cdot 10^{-6}$ м.

3) Определяем количество кавитационных пузырьков в $1\,\text{м}^3$ жидкости:

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

где φ = 0,1, z — часть (доля) кавитационных пузырьков, схлопуються одновременно. Примем z = 0,5, тогда:

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

1) Определяем параметр β:

$$\beta=\sqrt{\frac{\frac{2gp_0}{3\gamma}}{c^2+\frac{2gp_0}{3\gamma}}},$$

который следует из формулы Рэлея для скорости схлопывания кавитационного пузырька:

$$v_{cx}=\frac{dR}{d\tau}=\sqrt{\frac{2gp_0}{3\gamma}\left(\frac{R_0^3}{R^3}-1\right)},$$

записанной в технической системе единиц, где γ — удельный вес жидкости, $g=9{,}81\,\text{м/с}^2$ — ускорение силы тяжести, R_0 и R — начальный и текущий радиусы пузырька, p_0 — давление окружающей жидкости.

2) Приравнивая в этой формуле радиальную скорость схлопывания к скорости света c ($v_{cx}=c$), получаем критический радиус кавитационного пузырька:

$$R_{кр}=R_0\cdot\sqrt[3]{\frac{\frac{2gp_0}{\gamma}}{c^2+\frac{2gp_0}{\gamma}}}=f(p_0)=\beta R_0\ \text{при}\ R_0=const.$$

3) Определяем параметр $\alpha=\frac{4}{3}\pi\frac{\gamma}{g}\psi=640{,}16$, где ψ = 1,5 — коэффициент присоединенной массы жидкости.

4) Присоединенная масса жидкости:

$$m=\alpha R_{кр}^3.$$

5) Энергия, выделяющаяся при схлопывании одного кавитационного пузырька:

$$E_1=mc^2\ \text{кгм},$$

где $c=3\cdot 10^8\,\text{м/с}$ — скорость света.

6) Энергия в 1м^3 жидкости:

$$E=NE_1.$$

7) Степень нагрева 1м^3 жидкости от эманации жидкости за счет преобразования материи в энергию радиоактивного излучения <u>сверх закона сохранения энергии</u>:

$$\Delta t=\frac{E}{JC_p\rho V},$$

где J = 427 кгм/ккал — механический эквивалент теплоты, $\rho=\frac{\gamma}{g}$ — плотность жидкости, $C_p=1{,}0$ ккал/кг °С — теплоемкость, $V=1\text{м}^3$.

8) Количество выделяемой избыточной энергии:

$$W=\frac{C_p\rho V\Delta t}{860}\ \text{кВт/м}^3.$$

Условие возникновения избыточной энергии по формуле Рэлея

$$c = \frac{dR}{d\tau} = \sqrt{\frac{2gp_0}{3\gamma}\left(\frac{R_0^3}{R^3} - 1\right)}\;;\; R_{кр} = R_0 \cdot \sqrt[3]{\frac{\frac{2gp_0}{3\gamma}}{c^2 + \frac{2p_0}{3\gamma}}}\;,$$

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

Определенные показатели	Принятые параметры					
Действительное объемное паросодержание	$\varphi = 0{,}1$					
Начальный радиус кавитационного пузырька	$R_0 = 25 \cdot 10^{-6}$ м					
Количество кавитационных пузырьков в $1м^3$ жидкости	Схлопывается 50% пузырьков: $N = \frac{3 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}5 \cdot 1}{4\pi \cdot \left(25 \cdot 10^{-6}\right)^3} = 7{,}64 \cdot 10^{11} \frac{1}{м^3}$					
Давление окружающей жидкости, $кг/м^2$	30000	50000	100000	150000	200000	300000
$\beta = \sqrt[3]{\frac{\frac{2gp_0}{3\gamma}}{c^2 + \frac{2gp_0}{3\gamma}}}, 10^{-5}$	1,29	1,53	1,93	2,27	2,43	2,78
$R_{RH} = \beta \cdot R_0,\ 10^{-10}$ м	3,23	3,83	4,83	5,67	6,08	6,95
$\alpha = \frac{4}{3}\pi \frac{y}{g}\psi$	640,16					
$m = \alpha R_{кр}^3,\ 10^{-26}$ кг	2,09	3,56	7,21	11,6	14,3	21,5
$E_1 = mc^2,\ 10^{-9}$ 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
$\Delta t = \frac{E}{JC_p\rho V}$, °С, $J = 427$ кгм/ккал, $V = 1м^3,\ C_p = 1$	3,38	5,72	11,6	18,6	28,9	34,7
$W = \frac{C_p\rho V\Delta t}{860}$, кВт на $1м^3$	0,393	0,665	1,35	2,162	3,360	4,03

Проверяем параметр φ_0 (действительное паросодержание), используя данные предыдущей таблицы: $\varphi_0 = 0{,}1; 0{,}2; 0{,}3; 0{,}4; 0{,}5$, $R_0 = 25 \cdot 10^{-6}$ м.

Принятые / Вычисленные	Схлопывается 100% пузырьков				
φ_0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$N,\ 1/м^3$	$15{,}28 \cdot 10^{11}$	$30{,}56 \cdot 10^{11}$	$45{,}8 \cdot 10^{11}$	$61{,}12 \cdot 10^{11}$	$76{,}4 \cdot 10^{11}$
	$p_0 = 3$атм., $E_1 = 1{,}89 \cdot 10^{-9}$ кгм				
NE_1	$2{,}88 \cdot 10^3$	$5{,}77 \cdot 10^3$	$8{,}65 \cdot 10^3$	$11{,}55 \cdot 10^3$	$14{,}44 \cdot 10^3$
Δt, °С	6,76	13,5	20,2	27,0	33,8
	$p_0 = 5$атм., $E_1 = 3{,}2 \cdot 10^{-9}$ кгм				
NE_1	$4{,}89 \cdot 10^3$	$9{,}78 \cdot 10^3$	$14{,}6 \cdot 10^3$	$19{,}55 \cdot 10^3$	$24{,}4 \cdot 10^3$

Δt, °C	11,4	22,9	34,2	45,8	57,1
	$p_0 = 20$ атм., $E_1 = 12,8 \cdot 10^{-9}$ кгм				
NE_1	$19,55 \cdot 10^3$	$39,1 \cdot 10^3$	$58,6 \cdot 10^3$	$78,2 \cdot 10^3$	$97,8 \cdot 10^3$
Δt, °C	45,8	91,6	137,2	183,1	229

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

Принятые / **Вычисленные**	$p_0 = 3$атм., $\alpha = 640,16$, $\beta = 1,29 \cdot 10^{-3}$					
R_0, 10^{-6}м	10	15	20	25	30	45
$R_{кр} = \beta \cdot R_0$, 10^{-10}м	1,29	1,93	2,58	3,20	3,87	5,80
$m = \alpha \cdot R_{кр}^3$, 10^{-27}кг	1,37	4,6	11,0	20,9	37	125
$E_1 = mc^2$, 10^{-10}кгм	1,23	4,14	9,9	18,9	33	112
N, 10^{12} 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
$N \cdot E_1$, 10^3 кгм ($N \cdot E_1 = const$)	2,95	2,94	2,97	2,89	2,93	2,94
Δt, °C ($\Delta t = const$)	6,9	6,9	6,95	6,8	6,87	6,9

Получаем, что $\Delta t = const$ независимо от размеров пузырьков в пределах $R_0 = 10 \cdot 10^{-6} \div 45 \cdot 10^{-6}$ $м$.

Интересный вывод: от размера первоначального радиуса R_0 степень нагрева Δt не зависит.

Объяснение: этот вывод подтверждается очевидной однозначной зависимостью — количество кавитационных пузырьков обратно пропорциональна начальном радиуса пузырьков R_0 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.

Предостережение: однако предел размера первоначального радиуса пузырька жестко устанавливает физика процесса, в отличие от математики.

При достижении начального радиуса кавитационного пузырька величины, когда его оболочка теряет устойчивость [14], пузырек выворачивается в тор с образованием кумулятивной струйки, которая размывает точечную энергию схлопывание, и она теряется. Поэтому независимость энергии схлопывание от размера первоначального радиуса справедлива лишь до предела достижения пузырьком радиуса, при котором он теряет устойчивость. Но и при таком ограничении вывод о независимости количества энергии схлопывание от размера первоначального радиуса пузырька имеет большое практическое значение.

Обоснование гипотезы автора

Широко известны косвенные доказательства в пользу гипотезы автора, а именно:

1) небольшое уменьшение массы воды в процессе работы кавитационных теплогенераторов (КТГ);
2) радиоактивные излучения КТГ, β-и γ-излучения, значительно превышающие фоновые в эффективных режимах работы КТГ.

Эти явления были зарегистрированы и отмечаются многими исследователями:

- Кладовым А. Ф. — проведены фундаментальные исследования излучения β-и γлучей при кавитации [12];

- Потаповым Ю. С. — многократно отмечалась наличие β-и γ-излучений и уменьшения массы воды в КТГ [6–7];
- Фоминским Л. П. [3, 4] — в связи с несомненным наличием β-и γ-излучений, выдвинута концепция холодного ядерного синтеза;
- Халатовым А. А. [34] — наблюдалось β-и γ-излучения с торцов вихревой трубы КТГ Потапова Ю. С., которое значительно превышало фоновое.

Уменьшение объема воды в КТГ в процессе работы незначительное, потому что с одной капли воды радиусом $R_0 = 0{,}001\,м$ при эманации вещества выделяется энергия:

$$E = mc^2 = \frac{4}{3}\pi R_0^3 \rho\psi \cdot c^2 =$$

$$= \frac{4}{3}\cdot 3{,}14\cdot\left(10^{-3}\right)^3\cdot 10^3\cdot 1{,}5\cdot\left(3\cdot 10^8\right)^2 / \left(427\cdot 860\right) = 10^{11} / (427\cdot 860) = 2723\,\text{кВт г}.$$

Это больше, чем на АЭС.

Помимо указанного выше, уникальность ситуации, которая возникает при кавитации, обусловлено чрезвычайно высокими давлением и температурой, возникающие в точке схлопывания.

Оценим энергию, выделяющуюся при схлопывании одиночного кавитационного пузырька радиусом $R = 20\cdot 10^{-6}\,\text{м}$ при давлении окружающей пузырек среды (воды) $p_0 = 30\,000\,\text{кг/м}^2$.

<u>I способ</u>: Сила давления, развиваемого при схлопывании по Рэлею:

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

где ψ = 1,5 — коэффициент присоединенной массы, а $\ddot{R}$ — ускорение. Скорость схлопывания будет:

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

где R_0 — начальный радиус пузырька, R — текущий.

В (2) $z_0 = p_w + p_0$ — при расширении пузырька, $z_0 = -p_0$ — при его сжатии, p_w — давление насыщенного пара.

Дифференцируя (2), получаем ускорение:

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

Из (1) и (3) имеем, подставив числовые значения:

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

$$p = \rho\ddot{R}\frac{R_0}{3}\psi = 1000\cdot 2{,}4\cdot 10^{11}\,\frac{20\cdot 10^{-6}}{3}\cdot 1{,}5 = 1{,}2\cdot 10^9\,\text{кг/м}^2 = 12\,000\,\text{атм}\,, \qquad (5)$$

что соответствует экспериментам.

<u>II способ</u>: Для пузырька, который уменьшится от начального радиуса к радиусу R, создается давление:

$$p = \sqrt{\frac{2}{3}\frac{p_0}{\beta}\left(\frac{R_0^3}{R^3} - 1\right)}\,, \qquad (6)$$

где β — сжимаемость жидкости. для воды $\beta = 50\cdot 10^{-6}\,атм^{-1}$, и $\dfrac{R_0}{R} = 20$. После подстановки в (6) получаем: $p = 10\,000\,\text{атм}$ — тот же результат.

В точке схлопывания объем диссоциированной молекул воды определяется:

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

где N — число молекул, α — коэффициент, учитывающий пустоты, σ_T — кинетический диаметр молекул воды при температуре T_m в центре пузырька, определяется формулой:

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

здесь $\sigma_\infty = 2{,}27\text{A}$, $a_0 = 961°\text{K}$.

Температура T_m в центре схлопывания определяется:

$$T_m = T_0 + \frac{3}{jC_p}\int\limits_{R_{\min}}^{R_0} p(R)R^2 dR\,, \tag{9}$$

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

здесь σ — поверхностное натяжение жидкости, $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ — показатель политропы, p_n — давление насыщенного пара, R_0, R — начальный и текущий радиусы пузырька.

Вычисления по формулам (9) и (10) дают значения $T_m \sim 3200°\text{C}$ при $p = 12\,000$ атм.

Таким образом, при кавитации осуществляется один из сформулированных мною принципов производства избыточной энергии: концентрация энергии высокой плотности в точке [15].

Такое высокое давление и температура в точке схлопывания могут способствовать созданию плазмы и перехода вещества в энергию.

Для усиления кавитационного нагрева в работах [14–20, 22–33, 35, 36] разработаны различные методы, физические воздействия и установлены новые физические эффекты:

- генерация гидроударов;
- генерация автоколебаний;
- гидравлические пульсации;
- использование теплового гистерезиса, при котором выпаривания проводится при давлении более высоком, чем конденсация кавитационной пара дает разницу теплоты парообразования и конденсации;
- поддавливание кавитационного тракта КТГ;
- использование в одном агрегате нескольких типов кавитации — статической при обтекании недвижимого кавитатора, динамической с помощью крыльчаток, вращающихся; вибрационная, пульсационная, вихревая, центробежная, щелевая в зазоре между ротором и статором, сопловая, струйная, ударно-струйная, встречно-струйная, паровая, вынужденная, термическая и др..
- использование электрического пробоя от напряжения внешнего электростатического поля с напряжением 60–120 кВ, пробой происходит внутри каверн с люминесцентным свечением;
- мультипульсации в режимах, резонирующих с осцилляцией кавитационных пузырьков;
- резонансные режимы автоколебаний.

Это только часть энергии, которая выделяется кавитационными пузырьками, схлопывающимися согласно закону сохранения энергии до достижения оболочкой пузырька скорости света.

После достижения радиальной скорости смыкания оболочкой пузырька скорости света закон сохранения энергии не действует, так как, согласно гипотезе автора, энергия возникает за счет превращения массы присоединенной к оболочке пузырька жидкости и привлеченной ее оболочкой в радиальное движение в энергию. Эта часть энергии может быть оценена соотношением А. Эйнштейна между массой и энергией:

$$E = mc^2,$$

где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света.

Это соотношение эквивалентности между энергией и массой. Для того, чтобы оно действовало как источник энергии и приводилось в действие при кавитации, требуется введение ряда физических факторов и воспроизведения специфической ситуации при развитии кавитационных процессов. О специфической ситуации при кавитации уже указывалось выше: в точке схлопывания давление доходит до 12 000 атм., а температура — до 3200 º С.

Кроме того, учеными РФ и США было установлено наличие следующих процессов при кавитации:

- достижения критических температур и давления на завершающей стадии в точке схлопывания;
- диссоциация молекул воды, расщепление молекул воды с выделением гидроксильной группы OH^-;
- возникновения электрических зарядов на оболочке пузырька с последующим электрическим пробоем и разрядом в полости каверны;
- разложение воды на водород и кислород с последующим воспалением смеси от электрического разряда и др.

Автором исследовано введение целого ряда интенсифицируя кавитацию факторов [14–20, 22, 24–33, 35, 36]. Среди них:

- гидроудары;
- гидравлические пульсации;
- стационарное электростатическое поле напряженностью более 60 кВ, значительно усиливает разряд внутри кавитационных пузырьков;
- мультипульсации с высокой частотой, кратной частоте осцилляций объема кавитационного пузырька, вызывающие резонансный приток внешней энергии [16];
- калибровки кавитационных пузырьков оптимальных размеров кавитаторов-калибратором;
- электромагнитные и торсионные поля и их спиновая поляризация и другие.

Были испытаны конструктивные решения, направленные на усиление кавитационно-кумулятивных воздействий:

- установление перфорированных колец в статоре и роторе центробежного насоса;
- засасывания пара в насос (паровая кавитация);
- привлечение в одном агрегате до 10 видов кавитации;
- отвода части потока для создания встречно-струйной кавитации;
- использование гидроударов и пульсаций;
- использование стационарных крыльчаток право-левого вращения с углом установки лопастей 30–45 º, имеющих малое сопротивление и большую кавитационную активность, и др.

Откуда берется дополнительная энергия при вышеперечисленных факторах?

Возникают два вида дополнительных энергий. Один вид энергии обусловлен влиянием этих факторов на энергию схлопывание кавитационных пузырьков, а второй вид энергии связан с изъятием энергии из внутренней энергии рабочего тела.

Дополнительная энергия от влияния указанных физических факторов на энергию схлопывание кавитационных пузырьков вычисляется с помощью гипотезы автора с использованием приведенных формул и методики.

Гидроудары — это кратковременные импульсы повышения давления, которые почти не влияют на затраты энергии насосом, но существенно влияют, как видно из приведенных формул, на скорость схлопывания и величину энергии, которая при этом выделяется. Все это без труда вычисляется по приведенной методике.

Однако, кроме этой энергии, образуется еще дополнительная энергия за счет внутренней энергии вещества жидкого рабочего тела, которая изымается действием сил упругости и вычисляется следующим образом.

Перепады давления от кинетической энергии потока:

$$\Delta p_{кін} = \left(\frac{\gamma}{g}\right)\frac{w^2}{2},$$

где w — скорость потока.

По формуле Н. Е. Жуковского от гидроудара:

$$\Delta p_{уд} = \left(\frac{\gamma}{g}\right) w c,$$

где c — скорость распространения упругих волн в жидком рабочем теле, для воды $c = 1550$ м/с — скорость распространения звуковых волн.

Скорость течения жидкости при заданном Δp:

$$w = \sqrt{\frac{2g}{\gamma}\cdot \Delta p}.$$

Кинетическая скорость потока:

$$w_1 = \sqrt{\frac{2g}{\gamma}\cdot \Delta p_{кін}} = \sqrt{\frac{2g}{\gamma}\frac{\gamma}{g}\frac{w^2}{2}} \equiv w,$$

т. е. равна скорости потока.

Для гидроудара скорость течения после открытия канала:

$$w_2 = \sqrt{\frac{2g}{\gamma}\cdot \Delta p_{уд}} = \sqrt{\frac{2g}{\gamma}\frac{\gamma}{g} w c} = \sqrt{2wc},$$

или

$$w_2 = 2c,$$

т. е. скорость потока возрастает в $\frac{2c}{w}$ раз и для $w = 10$ м/с составляет:

$$\frac{w_2}{w_1} = \frac{2c}{w} = \frac{2\cdot 1500}{10} = 300 \text{ раз},$$

а для $w = 2$ м/с :

$$\frac{w_2}{w_1} = \frac{2c}{w} = \frac{2\cdot 1500}{2} = 1500 \text{ раз}.$$

Энергия растет пропорционально квадрату скорости и вычисляется по формуле:

$$\Delta E_{уд} = \frac{Q\cdot\tau\cdot\gamma}{2gT}\left(w_2^2 - w_1^2\right),$$

где Q (м^3/год) — затратная производительность трубопровода (насоса), τ — промежуток времени перекрытия трубопровода, T — период гидроударов — промежуток времени между двумя текущими гидроударами, $w_2 = 2c$, $w_1 = w$. Такая большая энергия изымается из внутренней энергии жидкого рабочего тела гидроудара через посредство действия сил упругости.

Такое же положение с гидропульсациями. При частоте гидропульсаций, близкой или кратной частоте осцилляции объема кавитационного пузырька, возникает резонанс, который увеличивает амплитуду колебаний оболочки пузырька и приближает достижение скорости света, увеличивая величину критического радиуса:

$$R_{кр} = R_0 \cdot \sqrt[3]{\frac{2gp_0/3\gamma}{\left(c - v_{пульс}\right)^2 + 2gp_0/3\gamma}},$$

где $v_{пульс} = A\cdot f$, A — амплитуда, f — частота пульсаций.

С другой стороны, изымается энергия из внутренней энергии жидкости действием пульсационных сил инерции, которые становятся движущими силами процесса благодаря введению нестационарности (колебаний).

Пульсации давления и скорости угасают вдоль тракта. В каждом предыдущем сечении

Пульсационная скорость больше, чем в следующем. Возникает инерционный пульсационный напор, который компенсирует потери давления на преодоление гидравлического сопротивления и генерирует дополнительную энергию потока.

Пульсационный напор может быть определен по формуле И. М. Федоткина [26, 27, 35]:

$$\Delta p_{пульс} = \psi\left(\frac{A}{D}\right)\left(1+\frac{1}{2}Sh^2\right)\frac{\gamma \cdot w_0^2}{2g}\left(\eta_i^2 - \eta_{i+1}^2\right),$$

где $\psi = 1,1 \div 1,3$, $\frac{A}{D}$ — отношение амплитуды A, измеряемой длиной пути, который проходит жидкость за полпериода пульсаций T / 2, к диаметру D трубопровода, w_0 — скорость течения жидкости в трубопроводе, γ — удельный вес жидкости, $g = 9,81\text{м/с}^2$ — ускорение силы земного притяжения, $Sh = \frac{w_n}{w_0} = \frac{\mathrm{Re}_n}{\mathrm{Re}_0} = \frac{\lambda_{0n}}{\lambda_0} = k$ — число Струхаля, w_n — пульсационной составляющей скорости жидкости, которая определяется следующим образом. Мгновенное значение действительной скорости среды:

$$w_T = w_{n0} = w_0 + w_* \cdot \sin\omega t\,,$$

где w_0 — средняя скорость жидкости, w_* — амплитудное значение пульсационной составляющей.

Средняя пульсационная скорость определяется выражением:

$$\overline{w}_n = \frac{1}{T}\int_0^T w_T dt\,.$$

После интегрирования получаем [26, 27, 35]:

$$\frac{\overline{w}_n}{w_0} = \frac{2}{\pi}\left(\arcsin\frac{1}{k} + \sqrt{k^2-1}\right),$$

где $k = \frac{w_T}{w_0} = Sh$ — число Струхаля.

Коэффициент затухания пульсаций η определяется величиной [26, 27]:

$$\eta = \frac{w_{nl}}{w_{n0}} = \sqrt{\frac{\Delta p_{nl}}{\Delta p_{n0}}} = \exp\left[-\frac{B}{2}\frac{l}{D}\right],$$

где $B = f\left(\frac{A}{D},\, f,\, w_0,\, D\right) = \left[(a - bw_0) - (c - dw_0)f\right]$, Δp_{nl}, Δp_{n0} — пульсационные напоры на расстоянии l и на входе соответственно.

Гидравлические пульсации компенсируют гидравлическое сопротивление, увеличивают силу реактивных струй, силы Кориолиса, интенсифицируют кавитационный нагрев жидкости, образуют дополнительные нестационарные силы и инерционно-пульсационные напоры.

В работе [40] экспериментально подтверждено увеличение пульсациями силы реактивных струй в 2,5 раза.

Увеличение силы реактивных струй можно оценить, учитывая дополнительную нестационарная гидродинамическая силу, которая возникает при пульсациях [35, 40]:

$$F = \nu\rho S_{cm} C_0 e^{i\omega t}\left[\sum_{j=0}^{\infty}(-1)^j \frac{\left(\sqrt{\frac{i\omega}{\nu}}y\right)^{2j+1}}{(2j+1)!}C_1 + \sum_{j=0}^{\infty}(-1)^j \frac{\left(\sqrt{\frac{i\omega}{\nu}}y\right)^{2j}}{(2j)!}C_2\right],$$

где ν — кинематическая вязкость, ρ — плотность жидкости, t — время, ω — частота пульсаций, S_{cm} — поверхность стенки, контактирующей с потоком, $i = \sqrt{-1}$.

Гидравлические пульсации также существенно увеличивают выработку диссипативной тепловой энергии от гидравлического трения. Нами в работах [35 и др.]. Получен следующий теоретический результат. Имеем, что энергия диссипации в одномерном ламинарном потоке пропорциональна:

$$E \sim \left(\frac{\partial w_x}{\partial y}\right)^2 = \left(grad\, w_x\right)^2,$$

где $\frac{\partial w_x}{\partial y}$ — градиент продольной скорости потока.

В стационарном и пульсационном потоках энергия диссипации соответственно запишется:

$$E_{cm} \cong \left(\frac{\partial w_{x0}}{\partial y}\right)^2 \text{ и } E_{пульс} \sim \left(\frac{\partial w_{x0}}{\partial y} + \frac{\partial A}{\partial y}\cos\omega t\right),$$

усредненная за четверть периода пульсаций.

Энергия диссипации пульсирующего потока будет:

$$\frac{4}{T}\int_0^{T/4} A\cos\omega t dt = \frac{2}{\pi}A(y).$$

Подставив $\frac{2}{\pi}A(y)$ в выражение для диссипации энергии пульсирующего потока, получим:

$$E_{пульс} \sim \left(\frac{\partial w_{x0}}{\partial y} + \frac{2}{\pi}\frac{\partial A}{\partial y}\right)^2.$$

В случае равенства амплитуды пульсаций скорости ее средней скорости $A(y) = w_{x0}(y)$, имеем:

$$E_{пульс} \sim \left(\frac{\partial w_{x0}}{\partial y}\right)^2 \left(1 + \frac{2}{\pi}\right)^2,$$

т. е. величина диссипации энергии по сравнению со стационарным потоком при пульсациях возрастает в:

$$\frac{E_{пульс}}{E_{cm}} = \left(1 + \frac{2}{\pi}\right)^2 = 2,68 \text{ раз.}$$

Этот наш теоретический результат нашел полное экспериментальное подтверждение в работе С. А. Беспалько [41].

Тепло, выделяющееся при диссипации энергии пульсирующих течений, получается за счет перехода в тепло внутренних движений жидкости, пульсаций потока, и при условии наличия обратных течений возникает дополнительная энергия без затрат энергии извне.

Методы режимной интенсификации теплообмена, над которыми долгое время работал автор [17, 18, 19, 20, 24, 26, 27, 28, 33], в случае, когда их использовать для производства тепла за счет диссипации энергии, могут давать избыточную энергию. Например, для получения дополнительной избыточной энергии при кавитации

А. В. Корниенко [5] использовал разработанный нами метод интенсификации конвективного теплообмена вдувая воздух или углекислый газ в поток жидкости [26, 27].

Поддавливание тракта КТГ

Поддавливание тракта КТГ И. М. Федоткина можно осуществлять в паровом пространстве резервуара, в котором вращается ротор с реактивными соплами. Осуществлять поддавливание можно от баллона со сжатым воздухом через разделительный цилиндр со свободно установленным поршнем. При этом следует иметь в виду, что в предельном случае можно перейти на режим самоподдавливания, который возникает, если не конденсировать пар от вскипання легкокипящей компоненты в реактивных соплах ротора.

В рабочем режиме поддавливания можно достичь без использования баллона со сжатым воздухом за счет уменьшения конденсации пара и поддержки его давления на уровне давления поддавливания, регулируя подачу охлаждающей воды на змеевики конденсатора пара.

Что дает поддавливание тракта КТГ? Давление в тракте увеличивается, что приводит к увеличению количества произведенной тепловой энергии от схлопывания кавитационных пузырьков при условиях, которые определяются расчетами и наладкой работы КТГ. Одновременно увеличивается давление на входе и выходе из насоса, а перепад давления на насосе остается неизменным и определяется величиной гидравлического сопротивления контура КТГ. Перепад давления на реактивных соплах также не изменяется, так как наряду с увеличением противодавления перед соплом такой же степени возрастает давление на входе и нагнетании насоса.

Как было показано выше, расчет количества энергии от преобразования присоединенной массы жидкости, вовлеченной в радиальное движение оболочкой пузырька при схлопывании, выполняется с использованием формулы Рэлея для скорости схлопывания, равной скорости света $v_{сх} = c$, откуда определяется радиус пузырька $R_{кр}$, на котором оболочка достигает скорости света. После чего для одного пузырька определяется энергия, выделяющаяся за счет превращения массы в энергию:

$$E_1 = \frac{4}{3}\pi R_{кр}^3 \frac{\gamma}{g}\psi c^2,$$

и рассчитывается нагрев жидкости:

$$\Delta t = \frac{nE_1}{JC_p\rho V},$$

где $J = 427$ кгм/ккал, $V = 1\text{м}^3$, $C_p = 1{,}0$ ккал/кг·град, $\frac{\gamma}{g} = \rho$ — плотность жидкости, $n = \frac{\varphi \cdot z \cdot V}{\frac{4}{3}\pi R_0^3}$ — количество пузырьков в $V = 1\text{м}^3$ жидкости при настоящем объемном паросодержание φ и судьбы пузырьков схлопуються одновременно, z.

Количество энергии, выделяемой при схлопывании пузырьков от радиуса $R_{кр}$ до $R = 0$ в единицах мощности:

$$N_{сх}^{/} = \frac{C_p\rho V\Delta t}{860}, \text{кВт на } V = 1\text{м}^3.$$

Таким образом, КПЭ теплогенератора будет выражаться величиной:

$$КПЭ = \frac{N_{сх} + N_{сх}^{/}}{N_H} = \frac{knp_0 + \frac{C_p\rho V\Delta t}{860}}{k_3\Delta p},$$

где $\Delta t = \frac{nE}{JC_p\rho V}$, $V = 1\text{м}^3$, $E = \frac{4}{3}\pi R_{кр}^3\rho\psi c^2$, $n = \frac{\varphi \cdot z \cdot V}{\frac{4}{3}\pi R_0^3}$, $R_{кр} = R_0\sqrt{\frac{3gp_0/2\gamma}{c^2 + 3gp_0/2\gamma}}$,

$k = 0{,}25\cdot 10^3\left(0{,}915\right)^{0,6}\left(\frac{R_0\rho g}{p_s}\right)^{0,3}\frac{V_0}{p_s}$, $k_1 = \frac{1}{3600\cdot 102\eta_н\eta_e}$, $k_2 = \left(\sum\xi + \lambda\frac{L}{d}\right)\frac{\gamma}{2g}\left(\frac{4}{3600\pi d^2}\right)^2$,

$k_3 = k_1 V$.

Здесь КПЭ определены с учетом поддавливания тракта (p_0), дополнение

$$КПЭ = \frac{N_{сх}}{N_H} = \frac{knp_0}{k_3\Delta p},$$

и с учетом выработки энергии от превращения присоединенной массы жидкости после достижения радиальной скорости смыкания оболочки скорости света:

$$КПЭ' = \frac{N'_{сх}}{N_H} = \frac{C_p\rho V\Delta t/860}{k_1k_2\Delta p}.$$

Наряду с отмеченными положительными процессами при поддавливании тракта проявляется процесс, который может при определенных условиях негативно влиять на выработку энергии, — это процесс сжатия кавитационных пузырьков, что приводит к уменьшению их размеров $R_{кр}$ и R_0. Как было показано выше, количество энергии, вырабатываемой не зависит от размеров кавитационных пузырьков в пределах до величины радиусов, при которых пузырек теряет устойчивость. Этот вывод справедлив только при неизменном паросодержании. Если же при поддавливании паросодержание уменьшается, то этот вывод не действует.

Поэтому рассмотрим, какие могут быть потери энергии от сжатия объема пузырьков при поддавливании.

Расчеты поддавливания

Затраты энергии на насосе N_H определяются гидравлическими опорами тракта КТГ, этому соответствует перепад давления Δp при расходной производительности насоса V, м^3/год :

$$N_H = \frac{V}{3600 \cdot 102\eta_н \eta_е} \cdot \Delta p = k_3 \Delta p ,$$

где $\eta_н$, $\eta_е$ — КПД насоса и электромотора.

В свою очередь, согласно закону Дарси:

$$\Delta p = \left(\sum \xi + \lambda \frac{L}{d_{тр}} \right) \frac{\gamma w^2}{2g} , \quad w = \frac{4V}{3600 \pi d_{тр}^2} .$$

Объединяя эти формулы, получаем:

$$N_H = k_1 k_2 V^3 ,$$

где $k_1 = \dfrac{1}{3600 \cdot 102\eta_н \eta_е}$, $k_2 = \left(\sum \xi + \lambda \dfrac{L}{d_{тр}} \right) \dfrac{\gamma}{2g} \left(\dfrac{4}{3600 \pi d_{тр}^2} \right)^2$.

От схлопывания кавитационных пузырьков выделяется энергия в единицах мощности:

$$N_{сх} = knp_0 ,$$

где $k = 0,25 \cdot 10^3 \dfrac{4\pi R_0^3}{3} \left(\dfrac{R_0 \rho g}{p_s} \right)^{0,3}$, $n = \dfrac{3z\varphi V}{4\pi R_0^3}$ — количество пузырьков в $1 м^3$ жидкости, $V = 1 м^3$, φ — действительное паросодержание от 0,1 до 0,5, R_0 — начальный радиус пузырька, м; z — доля кавитационных пузырьков, схлопуються одноча-сно, z> 0,3 ÷ 0,5.

Коэффициент k получен из формулы для схлопывания единичного пузырька до достижения его оболочкой скорости света:

$$\frac{E_0}{p_s V_0} = 0,25 \cdot 10^3 (0,915)^{0,6} \left(\frac{R_0 \rho g}{p_s} \right)^{-0,3} \frac{1}{p_s} p_0 ,$$

где p_s — давление насыщенного пара при $t = t_0$.

Энергия, которая выделяется при схлопывании, имеет две составляющие. Первая — это энергия, которая выделяется при смыкании оболочки пузырька от начального радиуса R_0 до критического $R_{кр}$, при котором скорость радиального движения пузырька достигает скорости света.

Эта первая составляющая энергии однозначно зависит от давления окружающей пузырек жидкости в первой степени:

$$N_{сх} = nE_1 = knp_0 ,$$

где $k = 0,25 \cdot 10^3 V_0 \left(\dfrac{R_0 \rho g}{p_s} \right)^{0,3}$, n — количество пузырьков, и с ростом давления окружающей жидкости эта составляющая энергии увеличивается во столько раз, во сколько увеличивается давление.

КПЭ от первой составляющей составит:

$$КПЕ = \frac{N_{cx}(p_0)}{N_{нас}(\Delta p)} = \frac{knp_0}{k_1 k_2 V^3} = \frac{knp_0}{k_3 \Delta p}.$$

Эту часть КПЭ можно увеличивать при поддавливании во столько раз, во сколько увеличивается давление в тракте, за вычетом уменьшения энергии от уменьшения — первоначального объема пузырька. Это уменьшение учитывается следующим образом.

Учет сжатия объема кавитационных пузырьков при повышении давления в тракте

Сжатие кавитационного пузырька под действием повышенного давления примем политропичным. При начальном давлении в потоке $p_1 = 1\,атм$, после повышения его до величины $p_2 = 10\,атм$, имеем уменьшение объема пузырька с V_1 до V_2:

$$p_1 V_1^{\gamma} = p_2 V_2^{\gamma},$$

где $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1,4$.

Уменьшение объема пузырька составит:

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{1/\gamma} = 10^{1/1,4} = 10^{0,714} = 5,18 \text{ раз.}$$

Первая составляющая энергии схлопывания при повышении давления от 1 атм. до 10 атм. увеличилась в 10 раз, а от уменьшения объема пузырьков вследствие их сжатия — уменьшилась в 5,18 раза. В результате первая составляющая выросла в 10 / 5,18 = 1,93 ≈ 2 раза. Сложнее со второй составляющей энергии схлопывания. Она зависит от величины критического радиуса $R_{кр}$, времени схлопывания τ, скорости схлопывания v_{cx}. От повышения давления $R_{кр}$ возрастает незначительно, время — существенно уменьшается, и скорость значительно возрастает. Поэтому эту вторую составляющую энергии схлопывания следует различать и как потенциальную (по формуле А. Эйнштейна), и как кинетическую (по формуле кинетической энергии схлопывания). Потенциальная доля второй составляющей возрастает незначительно, однако кинетическая увеличивается существенно.

В нашем примере оценка энергетических изменений второй составляющей энергии схлопывания при пидтисненни тракта от 1 атм. до 10 атм. выглядит следующим образом. Изменение начального R_0 и критического $R_{кр}$ радиусов пузырька в:

$$R_0 = V^{1/3} \sim 5,18^{1/3} = 1,73 \text{ раза уменьшается,}$$

$$R_{кр} = R_0 \sqrt[3]{\frac{3p_0/2g}{c^2 + 3p_0/2g}} \sim \frac{\sqrt[3]{10}}{1,73} = \frac{2,15}{1,73} = 1,24 \text{ раза увеличивается.}$$

Физически это объясняется тем, что при повышении давления окружающей жидкости значительно возрастает скорость схлопывания, и, несмотря на уменьшение R_0, критический радиус достигается скорее на большем размере $R_{кр}$.

Увеличение потенциальной энергии схлопывание во второй составляющей:

$$E = \frac{4}{3}\pi R_{кр}^3 \rho \psi c^2 \sim 1,24^3 = 1,91 \text{ раз.}$$

Время схлопывания уменьшается в:

$$\tau = 0,915 R_{кр} \sqrt{\frac{\rho}{p_0}} \sim \frac{\sqrt{10}}{1,24} = \frac{3,16}{1,24} = 2,55 \text{ раз.}$$

Средняя скорость схлопывания в интервале $R_{кр} - 0$ возрастает:

$$\bar{v} = \left|\frac{R_{кр}}{\tau}\right| \sim 1,24 \cdot 2,55 = 3,16 \text{ раз.}$$

Более точно среднюю скорость схлопывания рассчитаем через текущую:

$$\dot{R}^2 = \left(\frac{dR}{d\tau}\right)^2 = \frac{2}{3}\frac{p_0}{\rho}\left(1 - \frac{R_{кр}^3}{R^3}\right),$$

$$\bar{\dot{R}}^2 = \frac{1}{R_{кр}}\frac{2}{3}\frac{p_0}{\rho}\int_0^{R_{кр}}\left(1 - \frac{R_{кр}^3}{R^3}\right)dR = \frac{4p_0}{3\rho},$$

$$\bar{\dot{R}} = 2\sqrt{\frac{p_0}{3\rho}} \sim \sqrt{10} = 3{,}16 \text{ разів},$$

то есть в 3,16 раз увеличивается, имеем ту же численную оценку.

Кинетическая энергия схлопывания во второй составляющей возрастает в:

$$E_{кін} = \frac{\gamma \bar{v}^2}{2g} \sim 3{,}16^2 = 10 \text{ раз}.$$

При увеличении давления в тракте в 10 раз кинетическая энергия второй составляющей энергии схлопывания увеличивается также в 10 раз, а потенциальная энергия схлопывания второй составляющей увеличивается в 1,91 раз. Эти оценки качественно показывают ход процесса.

КПЭ´ от роста второй составляющей энергии схлопывания будет:

$$КПЭ' = \frac{N_{тек} + N_{кон}}{N_{след}} = \frac{nE_1 + \frac{\gamma \bar{v}_{сх}^2}{2g}}{k_3 \Delta p},$$

и возрастает в 1,91 + 10 = 11,9 раз по сравнению с $КПЭ'$ при давлении 1 атм.

Общий рост $КПЭ_0$ будет:

$$КПЭ_0 = КПЭ + КПЭ' = 10 + 11{,}1 = 21{,}1 \text{ раз}.$$

Рост давления в 10 раз практически достичь трудно. Если принять рост давления в 2 раза, то следует ожидать увеличения КПЭ в:

$$КПЭ \sim \sqrt{10} \div \sqrt[3]{10} = 3{,}16 \div 2{,}15 \text{ раз},$$

максимум 21,1 / 5 = 4,2 раза.

Выводы

1. Выдвинута и теоретически обоснована новая гипотеза механизма возникновения при кавитации дополнительной избыточной тепловой и вращательной энергии. Скорость радиального движения оболочки пузырька при схлопывании обратно пропорциональна текущему радиусу в третьей степени. Для этого на завершающей стадии схлопывания, когда критический радиус достигает нескольких микрометров, скорость схлопывания достигает скорости света, и вся присоединенная масса жидкости, вовлечена оболочкой в радиальное движение, превращается в радиоактивное излучение, которое зафиксировано многими исследователями.

2. Показано, как с помощью принятой гипотезы вычислять дополнительную энергию при кавитации и действии интенсифицирующих кавитацию факторов: гидроударов, гидравлических пульсаций, поддавливании тракта КТГ, резонансных явлений и др.

3. Проведена численная оценка действия интенсифицирующих кавитацию физических факторов.

4. Доказано, что образуются две составляющие энергии. Первая — в результате схлопывания от начального радиуса R_0 до критического $R_{кр}$, при котором $v_{сх} = c$ — оболочка достигает скорости света. Вторая составляющая возникает при схлопывании в интервале $R = R_{кр}$ и $R = 0$. Эта составляющая имеет потенциальную и кинетическую части, от поддавливания значительно увеличивается, чем обуславливается рост коэффициента преобразования энергии. Практически открыт путь к любому росту КПЭ.

5. Расчетами показано, что можно получать дополнительную избыточную диссипативных тепловую и вращательную энергию из различной внутренней энергии среды (жидкого рабочего тела) за счет привлечения сил упругости с помощью гидроударов, за счет привлечения сил инерции с помощью гидравлических пульсаций, за счет привлечения сил давления с помощью поддавливания — повышение давления в кавитационном тракте КТГ, за счет сил Кориолиса посредством привлечения сил инерции движения переноса, за счет резонансных явлений за счет сил инерции при колебаниях и др. Во всех этих случаях необходимым условием является введение нестационарности и резонансных режимов.

Литература:

1. *Кунц Р.* Мотор Ричарда Клема и конический насос. // Новая энергетика. — 2003. — №2. — С. 61–64.
2. Костыгин В. А., Маслюк Е. В., Столяренко Г. С. К механизму процесса тепловыделения при кавитационных явлениях, протекающих в термодинамических условиях. Вып. 1. — Черкассы, Черкасский госуд. технол. ун-т, 2001.
3. *Фоминский Л. П.* Сверхединичные теплогенераторы против римского клуба. — Черкассы: «ОКО-Плюс», 2003. — 420 с.
4. *Фоминский Л. П.* Роторные генераторы дарового тепла. — Черкассы: «ОКО-Плюс», 2003. — 344 с.
5. Патент України UA 66334 A, кл: 7, F 24 J 3/00, F 24 D 3/00, «Спосіб одержання тепла для опалення будинків і споруд та кавітаційний теплогенератор безперервної дії» / Корнієнко А. В., Бюл. №4, 15.04.2004.
6. Патент РФ RU 2162571, «Устройство для нагрева жидкости» / Потапов Ю. С., Сапогин П. Г., Толмачев Г. Ф., Опубл. Бюлл. №3, 27.01.2001.
7. Международная заявка PST / SU 87 / 00001 (WO 88/05497), кл. FU/2M 33/00, B 01 F 5/00, 5/08, дата міжнародної публікації: 28.07.1988.
8. Патент України №23529, кл. B 06 B/20, опубл. 02.06.1998.
9. Патент України №22095, кл. F 22 B3/06, опубл. 30.04.1998.
10. Патент РФ RU 2054604 C1 F6 J24, 3/00, G21 B1/00, «Способ получения энергии», опубл. 20.02.1996, Бюлл. №5.
11. Патент РФ 2116583 МПК F 24 J3/00, «Способ нагрева жидкости» / Порсев Е. Г. // Приоритет от 29.05.1996.
12. Патент РФ 2085273 МПК B 01 B7/00, «Способ получения энергии» / Кладов А. Ф. // Бюлл. №21, 1997 г.
13. Патент РФ 2142594 МПК F 24 J3/00, «Способ получения энергии и резонансный насос-теплогенератор» / Петраков А. Д. // Бюлл. №34, 1998 г.
14. *Федоткин И. М., Гулый И. С.* Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности. Ч. I. — К.: «Полиграфкнига», 1997. — 840 с.
15. *Федоткин И. М., Гулый И. С.* Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности. Ч. II. — К.: АО «ОКА», 2000. — 898 с.
16. *Федоткин И. М., Боровский В. В.* Избыточная энергия и физический вакуум. — Винница, 2004. — 352 с.
17. *Федоткин И. М. и др.* Математическое моделирование технологических процессов. Гидродинамические процессы. — К.: «Техника», 2004. — 312 с.
18. *Федоткин И. М., Шаповалюк Н. И.* Процессы и аппараты спиртовой промышленности. — К.: «Химджест», 1999. — 488 с.
19. *Федоткин И. М.* Математическое моделирование технологических процес сов. — К.: «Вища школа», 1988. — 416 с.
20. *Федоткин И. М.* Физико-математические основы интенсификации процессов и аппаратов пищевой и химической технологи. — Кишинев: «Штиинца», 1987. — 264 с.
21. *Мартынов Л. В., Бродянский В. М.* Что такое вихревая труба. — М.: «Энергия», 1976. — 252 с.
22. *Федоткин И. М., Гулый И. С.* Кавитационные энергетические установки. — К.: «Арктур-А», 1998. — 134 с.
23. *Берман Л.* Ультразвук и его применение в науке и технике. — М.: «ИЛ», 1956. — 960 с.
24. *Федоткин И. М., Гулый И. С.* Математическое моделирование технологических процессов и их интенсификация. — К.: «Арктур-А», 1999. — 416 с.
25. *Федоткин И. М., Шаповалюк Н. И., Боровський В. В.* К теории физического вакуума. — Винница, 2004. — 262 с.
26. *Федоткин И. М., Фарисюк В. Р.* Интенсификация теплообмена в аппаратах химических производств. — К.: «Техника», 1971. — 214 с.
27. *Федоткин И. М., Липсман В. С.* Интенсификация теплообмена в аппаратах пищевых производств. — М.: «Пищевая промышленность», 1972. — 240 с.
28. *Федоткин И. М.* Исследованные процессы и установленные эффекты. Т. I. — К.: «Химджест», 2000. — 292 с.

29. Патент РФ №2037682, «Генератор гидравлических ударов» / Федоткин И. М., Гулый И. С. // Опубл. 19.06.95., Бюлл. №17.
30. А. С. СССР 520460, «Гидропульсатор» / Федоткин И. М., Заец А. С., Гладкий В. Н., Тимонин А. Н. // Приоритет от 1978 г.
31. А. С. СССР 346568, «Устройство для генерации пульсаций» / Федоткин И. М., Липсман В. С., Косминский И. В. // 1972 г., Бюлл. №23.
32. *Федоткин И. М.* На пути к познанию непроявленного мира. — К.: «Техника», 2005. — 354 с.
33. *Федоткин И. М., Боровский В. В.* Математическое моделирование технологических процессов методом аналогизации. — Винница, 2002. — 376 с.
34. *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.
35. *Ткаченко А. Н., Федоткин И. М., Тарасов В. А.* Производство избыточной энергии. — К.: «Техника», 2001. — 332 с.
36. *Ткаченко А. Н., Федоткин И. М., Тарасов В. А.* Кавитационная техника и технология. — К.: «Техника», 2002. — 462 с.
37. *Haisch B., Rueda A., Puthoff H. E.* BEYOND E=mc² // The Sciences. — Vol. 34. — 1994. — No. 6. — P. 26–31. Copyright 1994, New York Academy of Science.
38. Патент України на корисну модель № U 38971, «Енергогенератор І. М. Федоткіна».
39. Патент України на корисну модель № U 31861 від 25.04.2008, «Кавітаційний теплогенератор» // І. М. Федоткін, Н. Г. Федоткіна-Гінсгеймер.
40. *Семінська Н. В.* Удосконалення гідроструминних технологій з врахуванням особливостей формування струменів високого тиску. Автореферат кандидатської дисертації. — К.: НТУУ «КПІ», 2008.
41. *Безпалько С. А.* Дослідження дисипативного нагрівання в замкненому контурі тепло генератора. Автореферат кандидатської дисертації. — К.: НТУУ «КПІ», 2009.

Статья поступила в редакцию 08.07.2009 г.

Fedotkin I. M.

The mechanism of occurrence of excess energy at cavitation and characteristics workflows in power generator by I.M. Fedotkin

Excess heat energy is generated as over expended during cavitation at the expense of emanation of working substance (liquid) i. e. at the expense of matter transformation into energy. It completely meets the law of conservation of energy and matter.

Emanation of matter happens because radial velocity of collapse (closing) of cavitation bubble's cover is in inverse proportion to third power of current radius. In consequence of this the radial velocity of collapse of cavitation bubble's cover at the final stage of closing reaches the velocity of light when the radius of the bubble is several microns. As a result the attached mass of liquid turns into heat energy. It is confirmed by the presence of γ- and β-emissions, fluorescence and leak of liquid during cavitation.

Cavitation can heat the liquid of over hydrodynamic heating by hydraulic friction of moving liquid. It is confirmed by the heating of motionless liquid of ultrasonic cavitation.

One of the versions of heat-generators which are being under construction is considered to be the heat-generator by Ukrainian useful model patent № 31861 of 25.04.2008 / I. M. Fedotkin. In heat-generator which is being under construction many kinds of cavitation are used with the help of which excess heat is generated and such principle is performed according to which both heat and rotational energies are produced which unload electromotor till its complete cutoff. During such periods heat-generator can change to the regime of autorotation and work as energy-generator.

In the final analysis all kinds of cavitation listed above lead to overheating of working liquid. Working liquid as to the technical project has high-boiling component along with low-boiling component which boils in nozzles which results in extremely high speed of jets and generation of supersonic stream. It can be expected from this moment that heat-generator changes into automotive regime and works as energy-generator. None of known methods of receiving energy and heat-generators working with it has such reversion of rotational energy.

Keywords: generator, energy, cavitation, workflow.