УДК 523. 527; 621. 039; 662.995

ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ НАГРЕВАНИЕ КАПЕЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ

Буров А.А., Буров А.И., Гамолич В.Я., Дидык Д.А.

Одесский национальный политехнический университет, Одесса, Украина

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований течения и нагревания закрученной воды. Вода закручивается и перемещается вращающимися пружинами, внутри которых образуются кавитационные области с фазовыми переходами при низких температурах кипения. Диаметр возвратного течения равен одной трети диаметра пружины, что согласуется с известной моделью вихревой структурированной системы. Впервые доказана возможность и эффективность совмещения перемещения, закручивания, нагревания и низкотемпературного кипения капельной жидкости при вращении пружины в трубе.

ВВЕДЕНИЕ

Локальное гидродинамическое нагревание капельных жидкостей является одной из альтернатив централизованному затратному теплоснабжению. Впервые выявленный в газовом закрученном течении тепловой эффект Ранка используется для нагревания капельных жидкостей в вихревых теплогенераторах, с нагнетанием и закручиванием циркулирующего потока разными устройствами [1]. Вращающаяся в трубе пружина закручивает и перемещает воду с увеличением её напора по длине пружины [2].

НАГРЕВАНИЕ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ЖИДКОСТИ

Время нагревания циркулирующего потока вязкой несжимаемой жидкости определяется отношением [3]

$$\tau = \frac{\rho c \Delta T P^2 S^2}{8\pi\mu Q^2 \left(5P^2 - 2\pi S\right)} \qquad (1)$$

где ρ и c – плотность и удельная теплоёмкость жидкости, μ – динамический коэффициент вязкости, $\Delta T = T - T_0$, T_0 и T – температура жидкости до нагревания и её текущее значение, Q – расход циркулирующего потока, S – площадь его поперечного сечения, P – периметр контура средней линии.

Расход циркулирующего потока – производительность пружинного насоса определяется равенством:

$$Q = \omega r_0^3 \beta \left(\alpha - \frac{\beta}{4} \sqrt{\frac{\alpha^2}{4} + \pi^2} \right) \qquad (2)$$

где $\alpha = h / r_0$, $\beta = \delta / r_0$, ω – частота вращения, r_0 – внешний радиус пружины, h – шаг витка пружины, δ – диаметр прутка пружины, для которого справедливо неравенство

$$\delta < 8hr_0 \Big/ \sqrt{h^2 + 4\pi^2 r_0^2} \ .$$

Достигаемая за время нагревания циркулирующей воды разность температур определяется отношением:

$$\Delta T = \frac{4\mu q^2 \tau \left(10a - R^2\right)}{\pi^2 Q^2 R^6 \rho c} \qquad (3)$$

где a – радиус центральной линии тора, R – внутренний радиус цилиндрической обечайки (трубы сосуда).

Если создаваемый одним витком пружины напор h_i, то система (вращающаяся пружина с n витками – цилиндрическая обечайка) представляет собой последовательно соединённые осевые насосы с суммарным расходом

$$H = \sum_{i=1}^{n} h_i$$

или $H = n\ h_i$, при $h_i = const$. Изменение напора по длине вращающейся пружины способствует возникновению возвратного течения в закрученной жидкости.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Вода с начальной температурой T_0 = 22°C циркулировала в вертикальном замкнутом контуре (рис. 1) при вращении вружины (n = 86, r_0 = 2,5 мм, h = 5 мм, δ = 1 мм) с частотами вращения $5 \cdot 10^5$ и 10^4 об/мин.

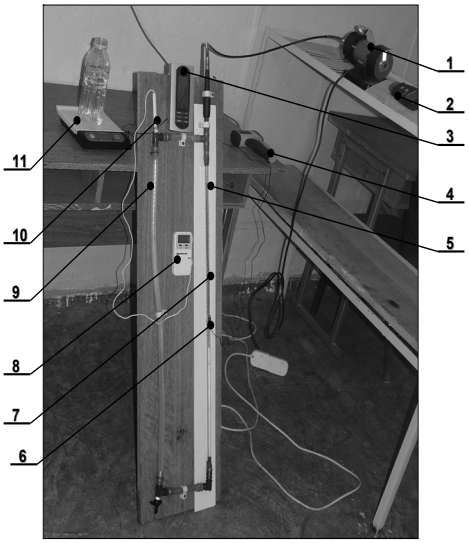


Рис.1 Экспериментальный стенд: 1 – электродвигатель; 2 – лазерный тахометр; 3 – метеостанция; 4 – лазерный термометр; 5 – стеклянная трубка; 6 – пружина; 7 – датчик метеостанции; 8 – термометр; 9 – гибкий шланг; 10 – щуп термометра; 11 – электронные весы.

Пружина длиной 430 мм вращалась в стеклянной трубке с внутренним диаметром 8 мм. Верхний конец пружины соединялся гибким валом с электродвигателем, нижний её конец был свободен. Число оборотов пружины измерялось лазерным тахометром, температуры воды и воздуха – термометрампи.

Вода перемещалась в стеклянной трубке снизу вверх, от свободного к закреплённому концу пружины. Образующиеся в циркулирующем потоке воды дискретные кавитационные каверны – парогазовые пузыри всплывали в стеклянной трубке вверх. Возникающее внутри пружины сплошное возвратное течение парогазовой смеси двигалось сверху вниз до свободного конца пружины (рис. 2). Оно исчезает на выходе из пружины под действием возрастающего давления столба воды. Поперечный размер возрастающего парогазового течения в три раза меньше диаметра стеклянной трубки.

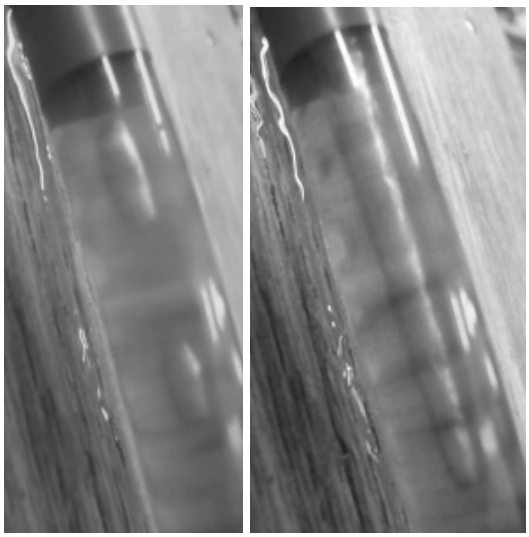


Рис.2 Формы кавитационных областей.

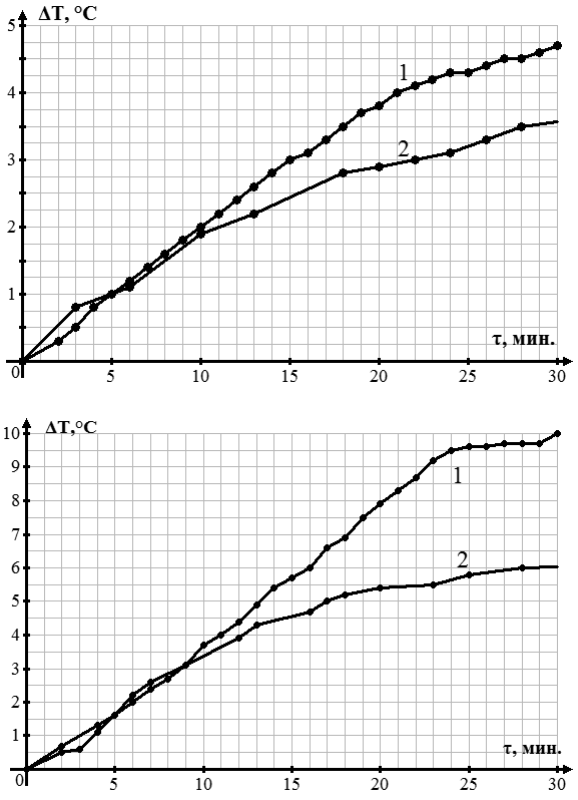


Рис.3 Нагревание воды в длинном и коротком контурах циркулирующих: 1 – 10^4 об/мин; 2 – $5 \cdot 10^3$ об/мин.

Различие режимов течения циркулирующей воды отражается в характерах зависимостей $\Delta T = f(\tau)$, одна и таже пружина нагревала воду с одинаковыми начальными температурами T_0 = 22°C при одинаковых чисах оборотов гибкого вала ($5 \cdot 10^5$ и 10^4 об/мин) в разных по длине замкнутых контурах.

Приведенные в верхней части рисунка 3 зависимости получены в длинном замкнутом контуре (рис. 1). В нижней части рисунка 3 представлены зависимости, полученные в коротком (длина меньше в два раза) замкнутом контуре. Во всех случаях различаются начальный, промежуточный и конечный интервалы нагревания воды.

Сравнение зависимостей для длинного и короткого циркулирующих потоков свидетельствует о двукратном ускорении нагревания воды при двукратном уменьшении длины замкнутого контура. Это объясняет более быстрое нагревание воды в цилиндрическом сосуде с меньшей длиной циркуляционного контура.

Представленные зависимости позволяют выделить, в первом приближении для обоих случаев, три временных интервала. Нагревание воды не зависит от частоты вращения пружины в первые 10 минут (начальный интервал). Различие скоростей нагревания при разных скоростях вращения увеличивается до максимального значения в промежуточном временном интервале (от 10 до 20 минут). Максимальное значение разностей температур сохраняется в конечном временном интервале нагревания. Вода нагревается в первом интервале до температуры кипения при низком давлении в центральной области вращающейся пружины, во втором – возникают дискретные кавитационные каверны в виде парогазовых пузырей, в третьем – возникает парогазовое возвратное течение в по оси вращения пружины. Более быстрое нагревание воды в коротком замкнутом контуре связано, прежде всего, с меньшим её количеством. Воды в коротком замкнутом контуре в два раза меньше, чем в длинном.

Одинаковое по сравнению с длинным замкнутым контуром количество воды нагревалось в цилиндричесом закрытом сосуде пружиной с двумя витками (рис. 4).

Внутренний диаметр вертикального цилиндрического сосуда D = 50 мм, его высота H = 100 мм. Изготовленная из прутка δ = 1 мм пружина с r_0 = 20,5 мм и шагом витка 41 мм соединялась верхним концом с валом электродвигателя. Её нижний конец был свободным. Сосуд заполнялся водой с начальной температурой T_0 = 18°C.

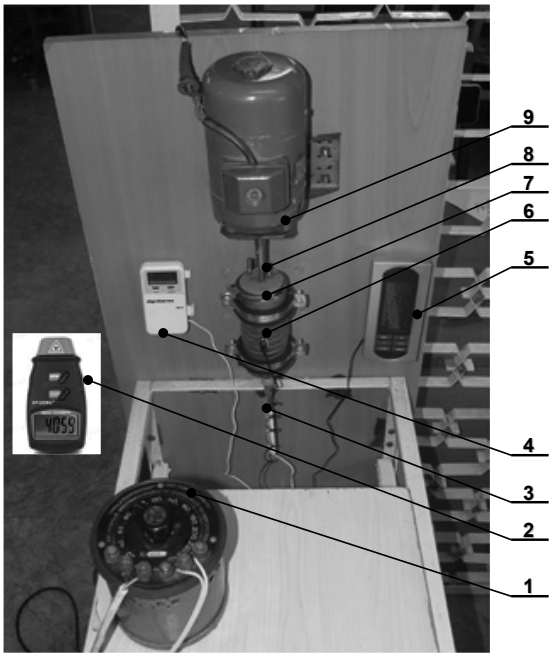
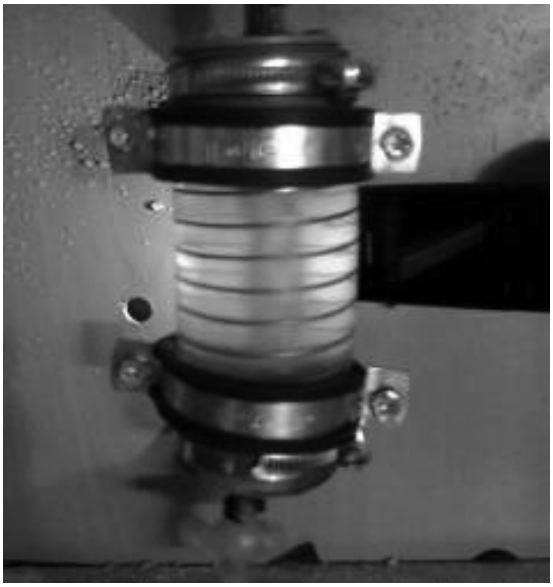


Рис.4 Экспериментальный стенд: 1 – ЛАТР; 2 – лазерный тахометр; 3 – щуп термометра; 4 – термометр; 5 – метеостанция; 6 – датчик метеостанции; 7 – цилиндрический сосуд; 8 – пружина; 9 – электродвигатель.

Вода перемещалась вращающейся пружиной снизу вверх. Температура полимерной стенки сосуда измерялась с помощью датчика лабораторной метеостанции.

Сравнение представленных зависимостей $\Delta T = f(\tau)$ и ранее рассмотренных зависимостей (рис. 3) свидетельствует о возможности многократного ускорения нагревания воды вращающейся пружиной. Центральная часть сосуда заполнена кавитационной каверной, с поперечным размером, приблизительно, в три раза меньше диаметра сосуда. Согласно [3] для поперечного сечения вращающейся жидкости может быть справедливой представленная на рисунке 6 вихревая сотовая модель. В модели диаметр вихря в три раза больше диаметров составляющих его элементов (семь вихрей с диаметрами меньшими в три раза).

В центре водяного вихря находится парогазовый вихрь, в его центре ещё вихрь и т.д.



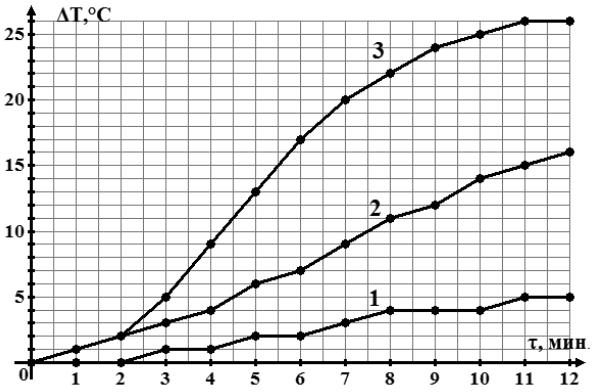


Рис.5 Вращение воды в сосуде и нагревание его стенки: 1 – 2500 об/мин; 2 – 3000 об/мин; 3 – 3500 об/мин.

Разные показания ренгенометра под днищем и над крышкой сосуда с вращающейся жидкостью указывают на реальность такого представления закрученного течения.

Представленные результаты получены на начальном этапе теоретических и экспериментальных исследований течения. нагревания и кипения воды, закрученной вращающейся пружиной. Полученные опытные данные подтверждают справедливость теоретических представлений и необходимость дальнейших исследований гидродинамического нагревания вращающейся пружиной ньютоновских и неньютоновских жидкостей.

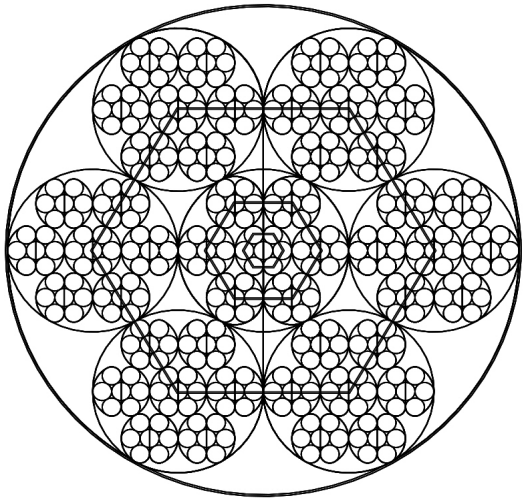


Рис.6 Вихревая сотовая модель вращающейся жидкости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вращающаяся пружина закручивает, нагревает и перемещает воду в трубе с образованием вблизи оси вращения кавитационной области. Поперечный размер кавитационных полостей не превышает 1/3 диаметра пружины. Температура парогазовой смеси и кипения воды на границы с кавитационной областью определяется конструктивными размерами и режимными параметрами закрученного течения воды. Приведенные опытные данные согласуются между собой и подтверждают справедливость вихревой модели закрученного течения вязкой жидкости.

Локальное гидродинамическое нагревание является одной из альтернатив затратному централизованному теплоснабжению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Потапов Ю.С. Вихревая энергетика и холодный ядерный синтез с позиции теории движения / Ю.С. Потапов, Л.П. Фоминский // – Кишинёв – Черкассы: Око – Плюс, 2000. – 387 с. Potapov Yu.S. The vortex energy and cold nuclear fusion from the perspective of the theory of motion / Yu.S. Potapov, L.P.

Fominskiy // – Chisinau - Cherkasy: Oko – Plus, 2000. – 387 p.
2. Коротаев Б.А. Диссипативная функция замкнутого потока несжимаемой вязкой жидкости / Б.А. Коротаев, В.Я. Гомолич, А.А. Буров // Сборник научных статей Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологи. — Киев: — 2011. — Выпуск №2(7) — С. 119 — 121. Korotaev B.A. The dissipation function of a closed flow of an incompressible viscous fluid / B.A. Korotaev, V.Ya. Gamolich, A.A. Burov // "Modern science: research, idea, results, technology."— Kiev: — 2011. — Vol. №2(7) — pp. 119 — 121.
3. Буров А.И. Модель структурированной системы / А.И. Буров А.А. Буров, А.Л. Становский // Труды 5-го семинара "Моделирование в прикладных научных исследованиях". — Одесса: ОГПУ, 1998. — С. 17 - 18. Burov A.I. The model of the structured system / A.I. Burov, A.A. Burov, A.L. Stanovskiy // Труды 5-го семинара " Modeling in applied scientific researches ". — Odessa: ONPU, 1998. — pp. 17 - 18.