

НЕТРАДИЦІЙНИ І ПОНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

УДК 621.18

ВИХРЕВЫЕ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРЫ И АКУСТИЧЕСКАЯ КАВИТАЦИЯ

В.А. Пухлий

Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности

Рассматривается энергосберегающая технология с использованием вихревых теплогенераторов. Объясняется механизм больших тепловыделений, основанный на процессе акустической кавитации и явления сонолюминесценции.

Введение

В настоящее время в связи с мировым энергетическим кризисом важное значение приобретают энергосберегающие технологии, в том числе технологии получения тепла. Одним из таких перспективных направлений являются разработка и внедрение вихревых труб, работающих на воздухе, и вихревых теплогенераторов, работающих на воде. И если вихревая труба позволяет получить горячий воздух с температурой $T = 55 \dots 60$ °С, то вихревой теплогенератор позволяет получать не только горячую воду, но и пар.

Вихревая труба Ранке

В конце 20-х годов XX столетия французский инженер Ж. Ранке изобрел вихревую трубу. Производя эксперименты по усовершенствованию циклонов для очистки газов от пыли, Ж. Ранке обнаружил, что струя газа, выходящая из центра циклона, имеет более низкую температуру, чем исходный газ, поступающий в циклон. Так была изобретена вихревая труба. Тем не менее, доклад Ж. Ранке, сделанный в 1933 году на заседании Французского физического общества, был подвергнут критике, поскольку, по мнению ученых, работа вихревой трубы, в которой осуществляется разделение поступающего в нее воздуха на горячий и холодный потоки, противоречила основным законам термодинамики и представляла собой фантастический «демон Максвелла».

На рис. 1 показана схема вихревой трубы Ранке.

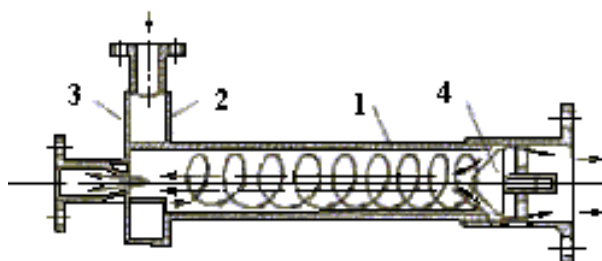


Рис. 1. Вихревая труба Ранке

В вихревой трубе Ранке 1 сжатый газ поступает в улитку 2, которая заканчивается сопловым вводом прямоугольного сечения, обеспечивающим подачу сжатого рабочего газа в трубу по касательной к окружности ее внутренней поверхности. Другой торец улитки закрыт диафрагмой 3 с отверстием в центре, при этом диаметр отверстия существенно меньше внутреннего диаметра трубы 1. Через данное отверстие из трубы 1 выходит холодный поток газа, который разделяется при его движении в трубе 1 на холодную (центральную) и горячую (периферийную) части. Горячая часть газового потока, вращаясь и прилегая к внутренней поверхности трубы, поступает к дальнему концу трубы 1 и выходит из трубы через кольцевой зазор между ее краем и регулировочным корпусом 4.

Позже в 1946 г. немецкий физик Р. Хильш осуществил экспериментальные исследования вихревой трубы и дал рекомендации по ее конструированию. Следует отметить также теоретические результаты К. Страховича, который в курсе лекций по прикладной газодинамике показал, что во вращающихся потоках газа должны возникать разности температур. В.Е. Финько исследовал ряд эффектов вихревой трубы при разработке вихревого охладителя газов для получения сверхнизких температур. Он предложил теорию вихревой трубы, объясняя процесс нагрева воздуха в пристеночной области вихревой трубы на основе механизма волнового расширения и сжатия газа. Кроме того, В.Е. Финько обнаружил инфракрасное излучение газа из ее осевой области, имеющее полосовой спектр.

Следует отметить, что исследованием вихревой трубы занимались многие ученые, тем не менее, законченной и непротиворечивой теории вихревой трубы не существует и до сих пор.

Вихревые теплогенераторы

Следует особо отметить, что более полувека никому и в голову не приходило подать в вихревую трубу воду вместо газа или пара. Только в 1994 г. Джеймс Григгс (США) запатентовал роторно-кавитационный генератор тепла для нагрева жидкостей [1]. В 1998 г. А.Д. Петраков запатентовал способ получения энергии и резонансный насос-теплогенератор [2], а в 2002 г. патент Украины на теплогенератор получили Ю.С. Потапов и Л.П. Фоминский [3]. В литературе [4, 5] были представлены рекомендации по созданию условий, благоприятных для кавитации при торможении вращающейся жидкости, а также обеспечения резонансных усилений звуковых колебаний.

На рис. 2 представлена конструктивная схема роторно-кавитационных генераторов тела. Привод генератора тепла осуществляется от электродвигателя. Ротор, как правило, имеет цилиндрическую форму и выполняется монолитным, полым либо наборным.

Следует отметить, что, поскольку при работе вихревых теплогенераторов вырабатывалось большое количество тепла, объяснить которое не было возможности, ряд исследователей заговорил о КПД вихревых теплогенераторов, превосходящих 1. Однако это противоречило бы закону сохранения энергии. Ввиду этого правильно говорить об эффективности вихревого теплогенератора, под которым понимается отношение величины вырабатываемой им тепловой энергии к величине потребляемой для этого извне электрической или механической энергии.

Заметим, что в ядерной энергетике существует аналогичный показатель – «break-even», определяющий превышение выхода энергии от термоядерного синтеза по сравнению с ее затратами на нагрев термоядерного топлива [6].

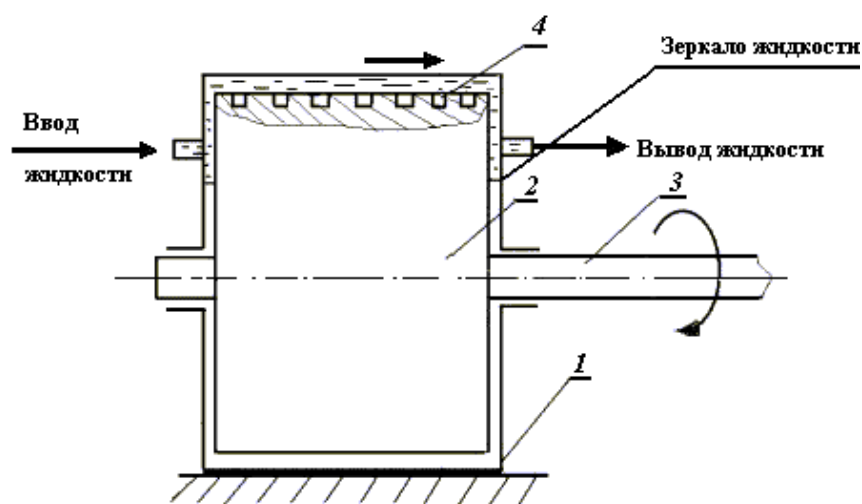


Рис. 2. Конструктивна схема роторно-кавитаційних генераторів тепла: 1 – статор; 2 – ротор; 3 – вал; 4 – углублення для усилення кавітації

Механізми тепловиділення в вихревих теплогенераторах

Следует отметить, что с первых дней изобретения вихревой трубы Ж. Ранке и вихревых теплогенераторов ученых интересовали механизмы выделения тепла, с тем, чтобы использовать знания об этих механизмах при конструктивных разработках вихревых теплогенераторов.

В работе [7] профессором Г.С. Столяренко с коллегами экспериментально исследовался механизм тепловыделения в вихревых теплогенераторах.

Были высказаны следующие гипотезы о наиболее вероятных источниках дополнительной энергии:

- энергия дросселирования за счет эффекта Джоуля-Томсона;
- энергия торможения, возникающая за счет эффекта Кориолиса;
- энергия взаимодействия магнитного поля Земли с вращающейся жидкостью;
- энергия, возникающая за счет деструкции и синтеза гидратных кластеров.

В результате проведенных исследований авторы сделали вывод, что влияние эффекта Кориолиса на энергетику исследованных процессов очень мало и не превышает 0,01 %.

Авторы обсудили также механизм дополнительной энергии, обусловленной энергией взаимодействия магнитного поля Земли с вращающейся жидкостью и сделали вывод о вероятной возможности действия такого механизма. Здесь, на наш взгляд, такой механизм не может иметь места. Как известно [8], магнитное поле Земли очень мало и его взаимодействие с водой и солевыми растворами ничтожно мало даже в условиях ядерного магнитного резонанса.

Неправомерно, на наш взгляд, также гипотеза о дополнительной энергии за счет деструкции и синтеза гидратных кластеров. В вышедшей недавно монографии автора [9] детально рассмотрены вопросы образования и разложения газовых гидратов (гидратных кластеров) и показано, что получение дополнительной энергии в таких количествах также не представляется возможным. Так, В.Г. Добржанский [14] исследовал влияние магнитного поля на кинетику образования гидратов углекислого газа и показал, что обработка дистиллята магнитным полем с напряженностью $H = 2,3 \cdot 10^5$ а/м в течение 3,47 с повышала температуру образования гидрата углекислого газа на 1 °С.

Авторы статьи [7] делают также следующий вывод: вероятность протекания «холодного термоядерного синтеза» (существующая теория) при данных условиях не представляется возможной: процесс повышения радиоактивности воды при исследованиях не наблюдается.

Вот этот вывод авторов [7], на наш взгляд, и представляет наибольшую вероятность объяснения механизма значительного выделения тепла вихревыми теплогенераторами. Остановимся более подробно на этом механизме.

Акустическая кавитация

В настоящее время многими исследователями вихревых теплогенераторов на основании полученных экспериментальных результатов установлено, что избыточные тепловыделения появляются при вихревом движении потока воды, если обеспечен кавитационный режим его течения в условиях резонансного усиления звуковых колебаний, возникающих в данном потоке [10, 11].

Под акустической кавитацией физики понимают образование и захлопывание полостей в жидкости под воздействием звука [12]. При этом процессе полости образуются в результате разрыва жидкости во время полупериодов сжатия [13]. Полости заполнены в основном насыщенным паром данной жидкости, поэтому процесс иногда называется паровой кавитацией, в отличие от газовой кавитации интенсивных нелинейных колебаний газовых (обычно воздушных) пузырьков в звуковом поле, существовавших в жидкости до включения звука. Если газовая кавитация может протекать с большей или меньшей интенсивностью при любых значениях амплитуды давления звуковой волны, то паровая кавитация реализуется лишь при достижении некоторого критического значения амплитуды давления, так называемого кавитационного порога. Величина этого порога – от давления насыщенного пара жидкости до нескольких десятков и даже сотен атмосфер в зависимости от содержания в жидкости зародышей.

При захлопывании сферической полости давление в ней резко возрастает, как при взрыве, что приводит к излучению импульса сжатия.

Следует подчеркнуть, что давление при захлопывании особенно велико при кавитации на низких частотах в обезгаженной жидкости с малым давлением насыщенного пара. Если увеличить содержание газа в жидкости, тогда диффузия газа в полости усилится, захлопывание полостей станет неполным и подъем давления при захлопывании будет небольшим. При содержании газа в жидкости более 50 % от насыщения возникает кавитационное обезгаживание жидкости, то есть образование и всплывание газовых пузырьков, при этом паровая кавитация вырождается в газовую. Если образовавшиеся паровые пузырьки колеблются вблизи границы с твердым телом, около них возникают интенсивные микропотоки. Появление кавитации ограничивает дальнейшее повышение интенсивности звука, излучаемого в жидкости, что влечет за собой снижение нагрузки на излучатель.

Акустическая кавитация характеризуется рядом эффектов. Часть из них, например, разрушение и диспергирование твердых тел, эмульгирование жидкостей, очистка, обязаны своим происхождением ударам при захлопывании полостей и микропотокам вблизи пузырьков.

Другие эффекты, в частности ускорение химических реакций, связаны с ионизацией при образовании полостей.

Благодаря этим эффектам акустическая кавитация находит все более широкое применение для создания новых и совершенствования известных технологических процессов. В связи с этим следует отметить, что большинство практических применений ультразвука основано на эффекте кавитации.

Сонолюминесценция

В процессе акустической кавитации вода с микропузырьками газа излучает свет, если через нее пропускать ультразвук. Данный эффект, получивший в физике название «сонолюминесценция», был открыт в 1934 г. немецкими учеными, работавшими над созданием сонаров для подводных лодок. Исследования показали, что при схлопывании пузырьков температура в них может достигать порядка 10^6 °С, а давление - сотни, тысячи атмосфер.

Под действием звуковой волны пузырьки газа в воде в такт колебаниям расширяются и сжимаются от нескольких микрон до нескольких десятков микрон, при этом изменения объемов могут быть очень большие (диаметр пузырьков может меняться в десятки раз). При таком сжатии газ сильно нагревается и излучает свет (рис. 3).

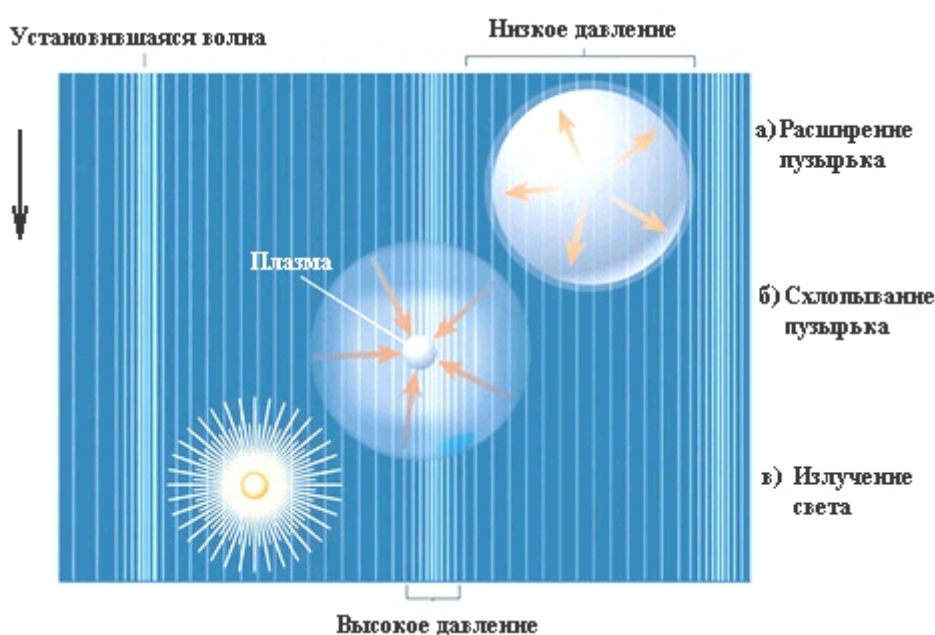


Рис. 3. Излучение света пузырьками при воздействии ультразвука

В 1993 г. американский физик Ларри Крам установил, что свет излучается не все время, в течение которого газ сжат, а сверхкороткими вспышками продолжительностью в несколько десятков пикосекунд.

Вспышка возникает в самом конце цикла сжатия пузырька, когда он становится очень маленьким с радиусом в несколько микрон. Сам цикл, связанный с периодом ультразвуковой волны, длится пятьдесят микросекунд.

Физики предположили, что яркие и столь короткие вспышки света связаны со схождением инициируемой от центра пузырька сферической ударной волны, инициируемой от стенки пузырька и разогнанной к этому центру до больших скоростей.

Период сжатия и расширения пузырька состоит из четырех стадий: первая – относительно медленное расширение (см. рис. 3). Вторая стадия – медленное сжатие; третья стадия – сжатие с огромными скоростями (несколько километров в секунду), когда инициируется внутри сферическая ударная волна. Четвертая стадия – концентрация и отражение этой ударной волны от центра. В четвертой, очень короткой стадии, газ в очень малой окрестности центра микропузырька, происходит огромная концентрация энергии за счет кинетической энергии акустического генератора, и газ там становится

очень плотным и горячим. Согласно теоретическим оценкам, температура в этой точке достигает $T = 10^6$ °С, а плотность вещества в несколько раз превышает плотность воды. В момент схлопывания кавитационного пузырька наблюдается его слабое свечение (см. рис. 3). Таким образом, вещество ионизировалось, а при возвращении в исходное состояние накопленная энергия высвобождалась в виде света. При этом вспышка длится от 1/20 до 1/1000 с. Интенсивность света зависит от количества газа в пузырьке: если газ в пузырьке отсутствует, то свечение не возникает. Световое излучение пузырька очень слабое и становится видимым при усилении или в полной темноте.

Выводы

На основании всего вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. В настоящее время в связи с мировым энергетическим кризисом первостепенное значение приобретают энергосберегающие технологии, в частности, технологии получения тепла.
2. Перспективными являются разработка и внедрение вихревых труб, работающих на воздухе, и вихревых теплогенераторов, работающих на воде.
3. Для объяснения больших тепловыделений в вихревых теплогенераторах предлагается теория, основанная на процессе акустической кавитации и явлении сонолюминесценции.

ВИХРОВІ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРИ І АКУСТИЧНА КАВІТАЦІЯ

В.О. Пухлій

Розглядається енергозберігаюча технологія на основі використання вихрових теплогенераторів. Пояснюється механізм значних тепловиділень, оснований на процесі акустичної кавітації та явища сонолюмінесценції.

VORTICAL HEAT GENERATORS AND ACOUSTIC CAVITATION

V. Pukhly

The energy-efficient technology on the base of vortical heat generators use is considered. The mechanism of large heat emission based on acoustic cavitation process and sonoluminescence is considered.

Список использованных источников

1. Пат. 5188090 США, МПК F24 C 9/00 U.S. Cl.126-247. Apparatus for heating fluids / J.L. Griggs; опубл. 1994, Бюл. № 9.
2. Пат. 2142604 РФ, МПК F24 J3/00. Способ получения энергии и резонансный насос–теплогенератор / А.Д. Петраков; опубл. 1998, Бюл. № 3 - 4.
3. Пат. 50608 А Україна, МПК F24 J3/00. Нагрівач рідини / Ю.С. Потапов, Л.П. Фоминский, С.Ю. Потапов; опубл. 2002, Бюл. № 10.
4. *Потапов Ю.С.* Вихревая энергетика с позиций теории движения / Ю.С. Потапов, Л.П. Фоминский. – Кишинев–Черкассы: ОКО-Плюс, 2000. – 387 с.
5. *Фоминский Л.П.* Сверхъединичные теплогенераторы против Римского клуба / Л.П. Фоминский. – Черкассы: ОКО-Плюс, 2003. – 424 с.
6. *Пухлий В.А.* Лазеры и импульсный термоядерный синтез / В.А. Пухлий, Ж.А. Пухлий. – Севастополь: Черкасский ЦНТЭИ, 2008. – 500 с.

7. Мислюк Е.В. Экспериментальная установка для исследования механизмов тепловыделения в турбодинамических условиях / Е.В. Мислюк, В.А. Костыгин, Г.С. Столяренко // Зб. наук. пр. Міжнар. наук.-практич. конф. «Комплекс використання сировини енерго- та ресурсозберігаючі технології у виробництві неорганічних речовин». – Черкаси: Вертикаль, 2004. – С. 224 - 225.

8. Пухлий В.А. Ядерный магнитный резонанс. Теория и приложения / В.А. Пухлий, Н.И. Ковалев. – Севастополь: Черкасский ЦНТЭИ, 2009. – 650 с.

9. Пухлий В.А. Термодинамика. Дополнительные главы / В.А. Пухлий. – Севастополь: Черкасский ЦНТЭИ, 2009. – 523 с.

10. Посметный Б.М. Активизация дополнительных энерговыделений в вихревых генераторах тепла на основе трубы Ранка / Б.М. Посметный, Ю.И. Горпинко // Вестник ХНАДУ. – Харьков: ХНАДУ, 2005.

11. Посметный Б.М. Импульсные парогенераторы серии «Торнадо» / Б.М. Посметный, Ю.И. Горпинко // Вестник ХНАДУ. – Харьков: ХНАДУ, 2005.

12. Нигматулин Р.И. Метод сверхсжатия газового пузырька в жидкости с помощью непериодического колебания давления с умеренной амплитудой / Р.И. Нигматулин, В.Ш. Шагапов, Р.Т. Лэхи. – М.: Известия РАН, 1995. – Т. 40. - № 3. – С. 122 - 126.

13. Нигматулин Р.И. Эволюция волн давления в жидкости, содержащей зону жидкости с пузырьками. / Р.И. Нигматулин, И.К. Гамалтдинов, В.Ш. Шагапов // Механика жидкости и газа. – М.: Известия РАН, 2001. - № 3. – С. 133 – 142.

14. Добржанский В.Г. Влияние магнитного поля на кинетику образования газогидратов // Вопросы теории и практики магнитной обработки воды и водных систем. – М.: Мир, 1971. – С. 92 – 94.

Надійшла до редакції 12.03.09 р.

УДК 631.354.

О НЕКОТОРЫХ ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ВИХРЕВОГО ЭФФЕКТА

В.А. Сафонов, П.В. Потапов

Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности

Приведены направления применения вихревого эффекта и вихревых аппаратов в современной технике и технологии, сформулированы основные достоинства и недостатки таких аппаратов. Показаны новые направления внедрения устройств, использующих вихревой эффект, в сельском хозяйстве.

Введение

Вихревой эффект был открыт в 1931 г. французским инженером–металлургом Жозефом Ранком [1] при исследовании циклонных сепараторов для очистки газов от пыли. В декабре 1931 г. Ранк получил первый патент на устройство под названием *вихревая труба*. В 1933 г. он сделал во французском физическом обществе доклад о явлении разделения сжатого воздуха в вихревой трубе на два потока: *холодный* и *горячий*. Воздух подавался в трубу при 20 °С. Холодный поток выходил из трубы при температуре около -10...20 °С, а горячий поток можно было получать при температуре около 100 °С.