

А. А. Халатов, доктор технических наук, заведующий отделом высокотемпературной термогазодинамики института технической теплофизики НАН Украины, член-корреспондент НАН Украины
А. С. Коваленко, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела высокотемпературной термогазодинамики института технической теплофизики НАН Украины
С. В. Шевцов, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела высокотемпературной термогазодинамики института технической теплофизики НАН Украины
Н. В. Франко, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры высшей математики и информатики Академии таможенной службы Украины

ВИХРЕВЫЕ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРЫ (ТЕРМЕРЫ): ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В работе представлены результаты анализа эксплуатационных возможностей вихревых теплогенераторов на основе изучения состояния их рынка.

Results of the analysis of operating possibilities of vortex heat generators are presented on the basis of studying their market.

Список условных обозначений

m – масса;

t – температура;

N – мощность электродвигателя;

m / N – удельная масса;

$\bar{\gamma} = \gamma_{\text{зам}} / \gamma_{\text{ф}}$ – приведенная мощность гамма-излучения;

КПД – коэффициент полезного действия;

КПЭ – коэффициент преобразования энергии;

ВТГ – вихревой теплогенератор.

Индексы

зам – замеренная;

ф – фоновая.

Ключевые слова. Вихревые теплогенераторы, технические характеристики, тепловая энергия, коэффициент преобразования энергии.

Введение. Потребление тепловой энергии в быту является одной из основных и критически важных для человека отраслей ее использования. Существующие источники тепла предусматривают как прямые способы получения теплоты с непосредственным ее использованием для отопления, так и косвенные. В последнем случае для обеспечения потребителя теплом необходимо многоэтапное преобразование энергии из одного вида в другой, ее трансформация и регенерация. При выборе способа получения тепловой энергии для отопления определяющими являются стоимость источника первичной энергии, характер ее преобразования в тепловую энергию, а также стоимость и эффективность такого преобразования на каждом этапе.

© А. А. Халатов, А. С. Коваленко С. В. Шевцов, Н. В. Франко, 2009

Увеличение масштабов применения углеводородного топлива в хозяйственной деятельности человека и ограниченность мировых запасов такого топлива вызывает его резкое подорожание. В обозримом будущем ситуация не изменится и, если не будут найдены альтернативные источники энергии, то только усугубится. Поэтому понятно внимание, которое уделяется поиску нетрадиционных способов получения тепловой энергии для отопления, особенно когда при этом, по мнению изобретателей, проявляется эффект мультипликатора. Один из таких способов представляет собой ступенчатое превращение в специальном техническом устройстве механической энергии в тепловую с использованием на промежуточном, трансформационном этапе кинетической энергии рабочего тела. В качестве последнего при обогреве помещений чаще всего служит вода, но могут применяться и специальные жидкости (например, тосол). Источником механической энергии обычно служат электродвигатели, хотя в полевых условиях могут быть использованы бензиновые или дизельные двигатели.

Существенным и, пожалуй, основным стимулом продвижения предлагаемых устройств на рынок в качестве товара является рекламируемая величина коэффициента преобразования электрической энергии в тепловую (КПЭ). По заявлениям многих производителей КПЭ устройства может составлять 1,2–1,9 и даже больше. В классической физике этот параметр определяют как КПД, но величина его больше единицы противоречит закону сохранения и превращения энергии, если в системе не проявляются релятивистские

эффекты на микроуровне (то есть превращение массы в энергию). Несмотря на некоторые теоретические разработки [1, 2], нет физически обоснованной теории, которая могла бы объяснить этот эффект.

Поэтому каждый производитель предлагает свое наименование устройств, работающих по рассмотренному выше принципу преобразования энергии: термеры; гидротермеры; теплогенераторы вихревые, гидродинамические, механические, гидромеханические, дисковые, кавитационные, торсионные и даже холодного ядерного синтеза. Учитывая наиболее общий признак работы таких устройств, основанный на вихревом или закрученном движении рабочего тела, их можно выделить в единый класс вихревых теплогенераторов (ВТГ).

Постановка задачи. ВТГ выпускаются частными предприятиями в широком ассортименте (табл. 1) и находят применение в быту и промышленности. Теплогенераторы производят в Украине, Беларуси, Словакии, но основная их масса изготавливается в Российской Федерации [3–12]. С середины 90-х гг. прошлого века в эксплуатации находятся сотни ВТГ и запатентованы десятки схем организации его рабочего процесса. География эксплуатации представлена не только странами СНГ, но и государствами Европы и Азии. Это объясняется, вероятно, не только рекламируемым эффектом мультипликации энергии, но и другими потребительскими свойствами, которые в какой-то степени удовлетворяют рынок.

В то же время изучение отзывов о практической работе ВТГ [13–16] показывает, что они, подтверждая работоспособность этих устройств в системе отопления или горячего водоснабжения, не всегда положительны.

Основным замечанием, по мнению потребителей, является невозможность реализации заявляемого параметра эффективности ВТГ более единицы. Кроме того, технические данные, представляемые производителями, часто носят рекламный характер. Это затрудняет выбор ВТГ для систем отопления как в своем классе устройств, так и в сравнении с другими источниками тепловой энергии. Поэтому представляется необходимым провести анализ основных параметров выпускаемых теплогенераторов с целью определения действительных значений их эффективности, возможностей практического применения и перспектив развития. Для этого были изучены как печатные источники, так и Internet-издания. К сожалению, опубликованные материалы часто не отличаются полнотой информации, что затрудняет их анализ.

Таблица 1

ВТГ, выпускаемые частными предприятиями

Производитель	Марка	Тип активатора	Мощность, кВт	Масса, кг	КПЭ	КПД	Источник
<i>Россия</i>							
ООО “Тепло XXI века”	ТС-1	стат.	55–250	700–2455	1,3–1,9	–	[3]
ООО “Евроальянс”	МТ	стат.	5,5–55	120–570	1,2	–	[4]
ООО “Нотека-С”	НТК	стат.	5,5–75	50–700	0,98	–	[5]
ООО “Центрлес”	ТГВ	стат.	3–37	50–480	1,6–1,85	–	[6]
ЗАО “Индустр. технологии-21”	ВТГ	дин.	5–75	40–97	–	–	[7]
–	ТГ	стат.	5,5–45	65–550	1,2–1,5	–	[8]
<i>Украина</i>							
ООО “Аквариус-Дельта”	ВТГ	стат.	2,2–250	35–1700	более 1,2	–	[9]
ОАО СКТБ “Комплекс”	НТГ	дин.	5,5–90	–	1,0	–	[10]
НПП “Институт ТЕКМАШ”	ТЕК	дин.	–	–	–	90 %	[11]
ООО “Гидро-трансмаш”	УГД “Термер”; “Гидро-термер”	дин.	55–630	1000–2500	–	94 %	[12]

Классификация и принцип работы. В зависимости от особенностей организации процесса преобразования электрической энергии в тепловую различают два вида ВТГ [17,18]: статического типа, или пассивные, (рис. 1) и динамического типа, или активные (рис. 2).

Основные элементы теплогенератора статического типа (рис. 1): электродвигатель (1), неподвижный активатор (3) и насос (2), создающий давление на его входе. В активаторе происходит разгон и торможение рабочего тела с выделением теплоты. По направлению потока на входе в активатор статические ВТГ подразделяются на тангенциальные и осевые.

При тангенциальном входе рабочее тело, разгоняясь в завихрителе различного конструктивного выполнения, подается внутрь цилиндрической камеры. Закрученный поток, двигаясь к противоположному выходу камеры, проходит развихритель, на котором происходит его торможение. Затем поток через осевой патрубок попадает в бойлер (4), а из него в магистраль системы отопления (5). В статических теплогенераторах с осевым входом разгон потока внутри рабочей камеры обеспечивается сужением ее проточной части, а торможение потока – различного рода перегородками (диафрагмами).

Существуют статические теплогенераторы смешанного типа, в активаторе которых последовательно применяются завихрители и диафрагмы.

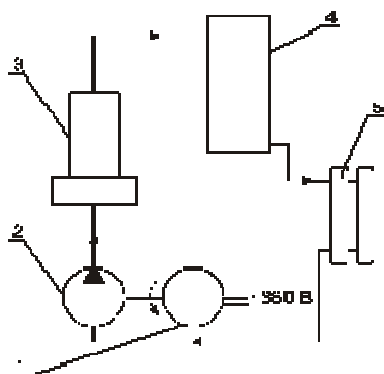


Рис. 1. Схема теплогенератора статического типа:

1 – электродвигатель; 2 – насос; 3 – активатор; 4 – бойлер; 5 – тепловая нагрузка

По конструктивному выполнению статические ВТГ могут быть открытого и закрытого типа. В последнем случае электродвигатель (1) и насос (2) теплогенератора размещаются внутри бойлера (4). Потери теплоты во внешнюю среду при этом, естественно, будут минимальными.

Теплогенераторы динамического типа (рис. 2) представляют собой сочетание электродвигателя (1) и установленного на его валу активатора (2). Активатор обычно состоит из двух частей: подвижной и неподвижной, смонтированных в одном блоке. Существует множество вариантов конструктивного выполнения обеих частей активатора, представленных в реальных конструкциях и патентных материалах. В процессе работы ВТГ рабочее тело захватывается подвижной частью активатора, которая может совершать любое простое или сложное движение, и тормозится на его неподвижной части. Это давно известный принцип работы гидропривода, прямое назначение которого состоит в изменении передаваемой скорости вращения (гидромуфта) или же скорости и крутящего момента (гидротрансформатор) [19, 6]. При этом нагрев рабочего тела из-за трения и вихреобразования, в отличие от работы ВТГ, считался вредным и ограничивался различными мероприятиями.

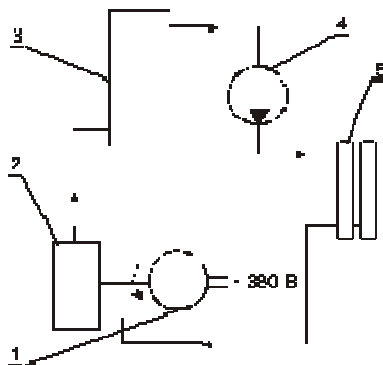


Рис. 2. Схема теплогенератора динамического типа: 1 – электродвигатель; 2 – активатор; 3 – бойлер; 4 – циркуляционный насос; 5 – тепловая нагрузка

Следует отметить, что для работы динамического теплогенератора в системе отопления (5), в отличие от предыдущего случая, обычно после бойлера (3) устанавливается специальный циркуляционный насос (4) соответствующей мощности.

Эффективность преобразования энергии. Изучение информационных материалов свидетельствует, что для оценки тепловой эффективности ВТГ применяются два параметра: КПД и КПЭ (табл. 1). Если используется понятие КПД, то его величина нигде не декларируется больше единицы. Однако значительный разброс значений КПД у различных производителей, связанный с отсутствием единой методики расчета, вызывает сомнения в корректности его определения.

Термин КПЭ [20, 21] был введен производителями в рекламных целях, так как его заявляемая величина часто превышала единицу. Однако ни в одной из публикаций по вихревым теплогенераторам не приводится методика расчета КПЭ и измерения необходимых для этого параметров. Опрос предприятий показывает, что во многих случаях значение КПЭ не определяется, а оценивается только работоспособность ВТГ.

Теоретические разработки [1, 2], направленные на обоснование того факта, что КПЭ ВТГ больше единицы, имеют весьма отдаленное отношение к его работе и не могут быть приняты во внимание.

Понятия “структурированная” жидкость и “структурированная” теплоемкость [18] можно принять только для объяснения механизма воздействия кавитации на рабочее тело. В соответствии с основными положениями термодинамики тепловой баланс системы определяется разностью энтальпий рабочего тела, а не разностью его температур на выходе и входе в теплогенератор. На входе вода имеет соответствующую своим параметрам обычную удельную теплоемкость. В рабочем объеме теплогенератора создается зона развитой кавитации, которая является эффективным “проводником” трансформации механической энергии в тепловую. По мнению автора [18] при “схлопывании” кавитационных пузырьков под воздействием высокой температуры и давления вода приобретает новые свойства (“структурируется”). В частности, удельная теплоемкость такой воды становится в два раза меньше теплоемкости обычной воды (экспериментально это никто еще не подтвердил). Переход воды в “структурированное” состояние сопровождается тепловыделением и ростом температуры в зоне кавитации. Однако следует заметить, что такой переход имеет неравновесную природу и поэтому уже на выходе из этой зоны вода быстро релаксирует и вновь переходит в обычное состояние с поглощением ранее выделенной теплоты.

С другой стороны, так как на выходе из теплогенератора вода обладает обычными свойствами, то ее нагрев может быть обусловлен не только процессами кавитации и трения в системе, но и изменением теплоемкости за счет двухфазности рабочего тела. Действительно, вода, содержащая на выходе из ВТГ газовую фазу, имеет пониженную теплоемкость, что ведет к увеличению ее температуры. При удалении от теплогенератора газовая фаза вырождается и не влияет на степень подогрева воды. Этим можно объяснить факт получения разными исследователями значений КПЭ, значительно превышающих единицу.

Такой вывод подтвержден опытами [21], в которых температура воды уменьшалась по мере удаления от выхода из ВТГ. В результате, в зависимости от места измерения температуры воды, КПЭ изменялся от 3,0 – при измерении на выходе из активатора, до 1,0 – при измерениях в бойлере. Изоляция всех элементов установки уменьшила величину КПЭ в первом случае до 1,4, а во втором – он остался таким же. В данном случае ошибки в определении КПЭ ВТГ обусловлены, по-видимому, неучетом изменения теплоемкости рабочего тела из-за двухфазности. В работах [14, 22], где температура теплоносителя замерялась в десятках точек бойлера и всей системы, КПЭ составлял 0,96–0,98 % и является более обоснованным. Подробные исследования, выполненные в США в 1996 г. (“Institute for Advanced Studies” at Austin, TX), показали, что КПД вихревого теплогенератора “Юсмар-2” (генератор Ю.Потапова) в широком диапазоне изменения режимных параметров находился в пределах от 0,33 до 0,81 [23], в то время как в рекламных материалах он составлял от 1,5 до 1,7 [1, 91].

Общий анализ значений КПЭ вихревых теплогенераторов, представленных в рекламных материалах, приводит к следующим выводам:

- заявляемая производителем величина КПЭ отличается от получаемой потребителями или исследователями;
- значение КПЭ однотипных ВТГ одного и того же производителя с изменением типоразмера беспорядочно меняется с общей тенденцией увеличения с ростом мощности электрического двигателя;
- значение КПЭ для однотипных ВТГ одинаковой мощности у различных производителей изменяется в широких пределах;
- величина КПЭ, присутствующих на рынке ВТГ, при правильных измерениях не превышает единицы.

Ситуация усугубляется еще и тем, что в публикациях и рекламных материалах производителей некорректно применяются единицы мощности и тепловой энергии. Например, с легкой руки теоретика ВТГ количество тепла (тепловой энергии) измеряется в кВт [1, 92; 4, 5, 8, 16], в других материалах применяется размерность кВт/ч [3, 5] или же вообще “квч” [7]. Для мощности применяется размерность кВт/ч [5].

Таким образом, рассматривая ВТГ как машину для преобразования электрической энергии в тепловую, вполне логично оценивать эффективность такого преобразования КПД, а не КПЭ.

Независимые исследования показывают [14, 22–24], что для учета подводимой к рабочему телу электрической энергии достаточно использовать стандартный счетчик активной энергии (в случае использования переменного тока). Тогда, основным источником неоднозначности в определении КПД системы преобразования энергии (ВТГ плюс рабочее тело) являются методические или инструментальные погрешности при определении получаемой в ВТГ тепловой энергии.

С целью проверки достоверности рекламных параметров одного из вихревых теплогенераторов в Институте технической теплофизики НАН Украины в 2001–2002 гг. были проведены испытания статического ВТГ закрытого типа, изготовленного в г. Краматорске по лицензии фирмы “Юсмар” (Молдова) [24]. Изоляция установки практически исключала свободную конвекцию и излучение. Температура воды измерялась в бойлере. Значения КПД в серии экспериментов (рис. 3) близки к единице, что соответствует закону сохранения и превращения энергии. При этом КПД практически не зависел от температуры теплоносителя, хотя и имел слабо выраженную тенденцию к уменьшению с ее увеличением. По-видимому, это вызвано тем, что в опытах не учитывался отвод тепла теплопроводностью в изоляцию, а затем и во внешнюю среду свободной конвекцией и излучением. Уровень избыточного давления на входе в активатор на величину КПД влиял незначительно.

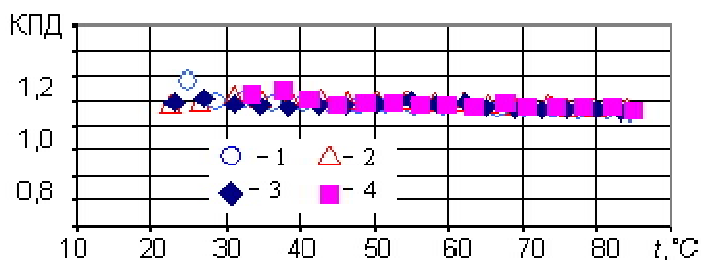


Рис. 3. Зависимость КПД ВТГ от температуры воды и избыточного давления в системе с изоляцией: 1–4 давление равно: 150 кПа; 253 кПа; 335 кПа; 456 кПа соответственно

Исследование этого же ВТГ с помощью теплообменника показало, что величина КПД на стационарных режимах работы, в пределах рассматриваемого диапазона режимных параметров, также практически отвечает балансу потребляемой и производимой энергии (рис. 4). Увеличение гидравлического давления в системе вызывало некоторое увеличение КПД – при больших температурах теплоносителя совсем незаметное.

Небольшое отклонение значений КПД от единицы можно объяснить теплообменом между неизолированными элементами теплообменника (краны, соединительные шланги, штуцера) и внешней средой. Уровень внешней температуры определяет характер влияния теплообмена и, в некоторой степени, разброс экспериментальных точек. Так, снижение КПД менее 1,0 с ростом температуры воды вызвано увеличением теплоотдачи в окружающее пространство, хотя и существенно сниженной за счет применения изоляции.

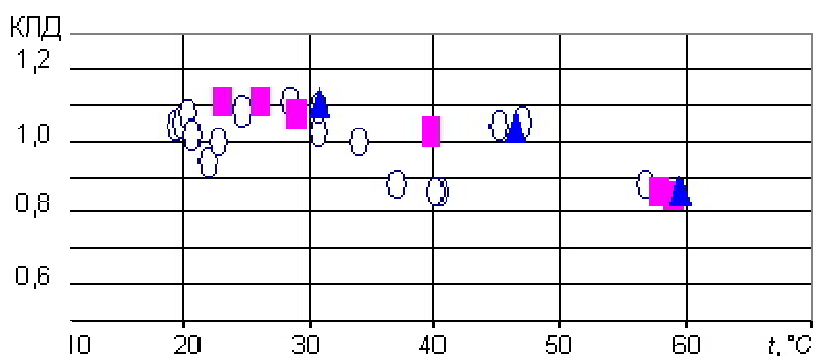


Рис. 4. Зависимость КПД ВТГ от температуры воды и избыточного давления в системе с теплообменником: 1–3 давление: 274 кПа; 405 кПа; 506 кПа соответственно

Небольшое отклонение значений КПД от единицы можно объяснить теплообменом между неизолированными элементами теплообменника (краны, соединительные шланги, штуцера) и внешней средой. Уровень внешней температуры определяет характер влияния теплообмена и, в некоторой степени, разброс экспериментальных точек. Так, снижение КПД менее 1,0 с ростом температуры воды вызвано увеличением теплоотдачи в окружающее пространство, хотя и существенно сниженной за счет применения изоляции.

увеличением теплоотдачи в окружающее пространство, хотя и существенно сниженной за счет применения изоляции.

Более интересным является факт увеличения КПД более 1,0 с уменьшением температуры рабочего тела. Это означает, что установка с теплообменником выходит вначале на нулевой режим теплообмена с внешней средой, а потом начинает поглощать теплоту из окружающего пространства (режим кондиционирования). В этом случае “рост” КПД больше единицы вполне соответствует термодинамике открытой системы (ВТГ плюс рабочее тело) и подтверждается другими исследователями [25].

Такое явление возможно, если температура помещения с установленной системой отопления выше первоначальной температуры рабочего тела (например, водопроводной воды). Более того, количество тепловой энергии, зависит не только от разности рассмотренных выше температур, но и от массы рабочего тела и установки, а также величины поверхности, участвующей в теплообмене. Строгий учет этой энергии при нестационарном режиме работы ВТГ практически невозможен. Поэтому одним из основных условий при организации тестовых испытаний ВТГ является исключение работы установки на режимах подвода теплоты к рабочему телу от ее элементов и окружающей среды.

Для устранения других факторов, вызывающих нарушение баланса энергии, логично было бы рассматривать теплогенератор как “черный ящик”, а тепловую энергию определять на входе к потребителю, то есть на некотором расстоянии от ВТГ. В этом случае величина КПД, естественно, будет в наибольшей степени соответствовать своему действительному значению. Тогда исследование причин аномального увеличения тепловой энергии в теплогенераторе можно выделить в отдельную область, наиболее благоприятную для подтверждения различных гипотез. Применение же ВТГ на практике будет освобождено от дискуссии на тему КПД и найдет свою область внедрения.

Проведенные на работающей установке исследования [24] позволили обнаружить факт повышенного гамма-излучения. Измерение мощности экспозиционной дозы излучения показали, что гамма-излучение всех ее элементов, кроме самой вихревой трубы, соответствует фоновому. Мощность ионизирующего излучения на входе в вихревую трубу, над улиткой, больше фоновой. В зависимости от температуры рабочего тела ее значения имеют определенный статистический разброс, хотя и наблюдаются некоторые закономерности, не имеющие пока строгого научного объяснения.

В начале нагрева (рис. 5) мощность дозы излучения, по сравнению с естественным фоном, резко возрастает (в 1,3–1,9 раза), однако при повышении температуры воды в баке до 40...45°C она начинает падать, достигая минимума при 60...70°C, с последующим быстрым ростом.

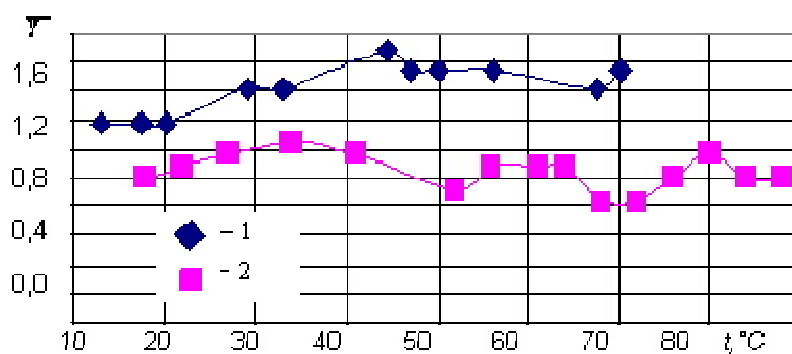


Рис. 5. Зависимость мощности гамма-излучения, приведенной к фоновой, от температуры воды: 1 – фон 8 мкР/ч, избыточное давление 3,5 кПа; 2 – фон 12 мкР/ч, избыточное давление 1,5 кПа

Обнаружено влияние уровня естественного фона на степень увеличения мощности гамма-излучения. При измерениях, произведенных 01.02.2002 г. (зима), когда естественный фон составлял 8 мкР/ч, мощность излучения в начале нагрева выросла до 15 мкР/ч, то есть в 1,875 раза. При измерениях весной (07.05.2002 г.), когда фон составлял 12 мкР/ч, мощность излучения также выросла до 15 мкР/ч, но только в 1,25 раза. Кроме того, в последнем случае в отмеченном выше интервале температур заметно падение мощности излучения до фоновому уровню и даже ниже ее. Поскольку внутри ВТГ имеет место сильная кавитация за счет интенсивной закрутки потока, то рассмотренное выше явление может быть связано с кавитационными процессами в активной зоне вихревого теплогенератора и взаимодействием кавитационных пузырьков при их схлопывании с металлическими частями ВТГ.

Эксплуатационные характеристики. Несмотря на неоднозначность в определении экономичности, ВТГ различной мощности используются на практике для целей отопления помещений и горячего водоснабжения. Они являются условно автономным источником тепловой энергии, поскольку им необходим механический привод. ВТГ по своему назначению и характеру рабочего процесса наиболее близки к другим источникам, преобразующим электрическую энергию в тепловую (тепловые и электродные котлы).

Их объединяют такие преимущества, как компактность, экологичность, взрыво- и пожаробезопасность, возможность работы в автоматическом режиме. По сравнению с электрическими котлами для работы ВТГ не требуется особая водоподготовка, не образуется накипь на внутренних стенках оборудования, он может работать с любыми, в том числе и агрессивными жидкостями.

Одним из главных (наряду с КПЭ > 1,0) преимуществ, обеспечивающих, по мнению производителей, высокую экономичность применения ВТГ в быту, является возможность применения пониженного тарифа на оплату электроэнергии (ВТГ проходит сертификацию как насосное оборудование и может эксплуатироваться без разрешения котло- и энергонадзора). Однако такой же возможностью в эксплуатации обладают и электрические котлы. Более того, это преимущество связано не с техническим усовершенствованием устройства или рабочего процесса, а с административным регулированием его эксплуатации. Ужесточение политики администрирования сразу же приводит к его исчезновению.

Например, в Беларуси к ВТГ, в случае установки их в качестве отопительного оборудования, применяется пятикратное увеличение тарифа на электроэнергию [20, 16]. Поэтому их используют там только в технологических процессах. Вполне вероятно, это связано с негативным влиянием работы электродвигателей ВТГ на работу электросети. Из-за сдвига фаз коэффициент мощности ($\cos\phi$) электродвигателя меньше единицы [26, 396] и через источник электроэнергии и передающие устройства (провода, трансформаторы и т. д.) при той же используемой мощности будет проходить увеличенный ток, что вызывает дополнительные (холостые) потери энергии при ее передаче [27, 132]. Для повышения коэффициента мощности параллельно электродвигателям необходимо устанавливать конденсаторы. В европейских странах потребителя не подключают к сетям, если на каждый киловатт индуктивной мощности не подключен соответствующий киловатт компенсирующих конденсаторов и $\cos\phi$ не достигнет единицы – своего предельного значения [28].

Эксплуатация ВТГ выявила ряд характерных недостатков по сравнению с электрическими котлами. Для сравнения взяты представленные на рынке ВТГ (табл. 1) и электродвигатели “РусНИТ” (ЗАО НППК Рязань), “Северянин” (ООО “Северянин”, Санкт-Петербург), “Галан” (ЗАО “Галан”, Москва) и “Титан” (ЧП “Титан”, Днепропетровск). Для всех типов ВТГ – это большая масса установки, кавитационное разрушение элементов активатора, повышенная вибрация и большой шум. Для установок динамического типа необходима динамическая балансировка ротора активатора, а большой момент его инерции требует значительных пусковых токов и, следовательно, аппаратуры плавного пуска. В результате работа теплогенератора в автоматическом (импульсном) режиме сопровождается повышенным потреблением электроэнергии. При отрицательных температурах окружающего воздуха и использовании в качестве теплоносителя воды из-за низкого темпа ее нагрева возможно размораживание системы в процессе запуска системы отопления.

Анализ опыта эксплуатации ВТГ показывает [13–16], что многие потребители вполне удовлетворены их способностью производить тепловую энергию и надежностью работы. Часто при возникновении форс-мажорных обстоятельств этого оказывается достаточно. Однако выбрать ВТГ, учитывая неоднозначные и часто противоречивые публикации об их работе, затруднительно. Поэтому необходимо иметь, хотя бы в первом приближении, сравнительную оценку технических и экономических параметров этих устройств, представленных на рынке. Анализ удельных характеристик позволяет обоснованно выбрать тип ВТГ и согласовать его теплопроизводительность с потребной для системы отопления.

Степень совершенства реальной конструкции ВТГ можно оценивать отношением его массы к установленной мощности электродвигателя. Чем это соотношение меньше, тем более высокий конструкторский и производственный уровень, при прочих равных условиях, эксплуатируемого теплогенератора. Анализ рынка ВТГ показывает (рис. 6), что для большинства производителей в рассматриваемом диапазоне устанавливаемых мощностей удельная масса с уменьшением мощности возрастает примерно в два раза. Исключение составляют теплогенераторы динамического типа марки “ВТГ-ИТ21”, для которых уменьшение установленной мощности ведет к четырехкратному увеличению анализируемого параметра.

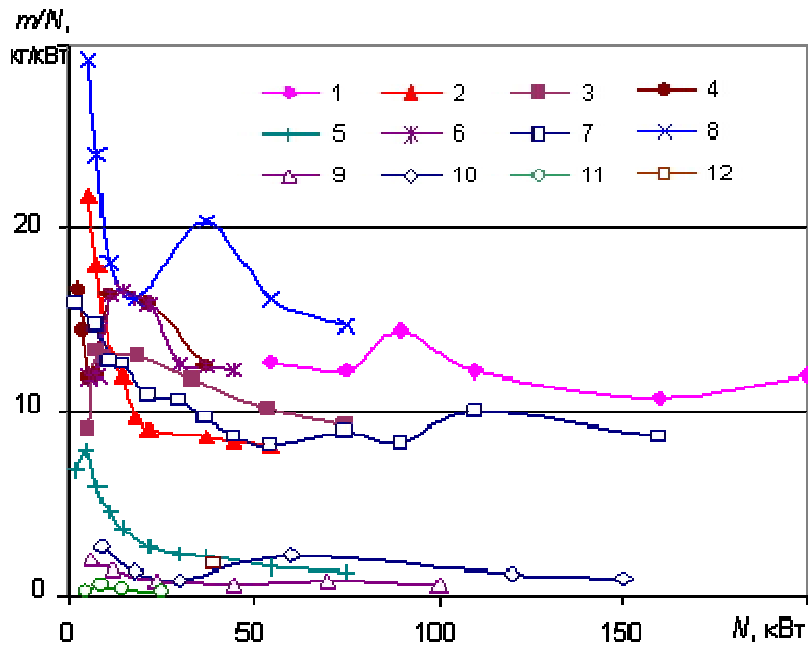


Рис. 6. Материалоемкость единицы установленной мощности ВТГ и электрического котла: 1 – “ТС1”; 2 – “МТ”; 3 – “НТК”, 4 – “ТГВ”, 5 – “ВТГ-ИТ 21”; 6 – “ТГ”; 7 – “ВТГ-Аквариус”; 8 – “НТГ”; 9 – эл. котел “РусНИТ”; 10 – эл. котел “Северянин”; 11 – эл. котел “Галан”; 12 – эл. котел “Титан” соответственно

Следует также отметить, что удельная масса для этого теплогенератора изначально в 3–6 раз ниже, чем у основной массы рассматриваемых установок (статического типа). Кроме отсутствия в блоке такого теплогенератора специального насоса (для прокачки рабочего тела используется циркуляционный насос системы отопления), уменьшение рассматриваемого параметра ВТГ здесь в основном связано с интенсификацией процессов тепловыделения в динамическом активаторе. Существенный разброс значений удельной массы при выбранной мощности, особенно для маломощных установок, позволяет потребителю более обосновано подойти к выбору товара.

Основным параметром, характеризующим ценовую политику производителя на рынке, является стоимость единицы установленной мощности ВТГ (рис. 7).

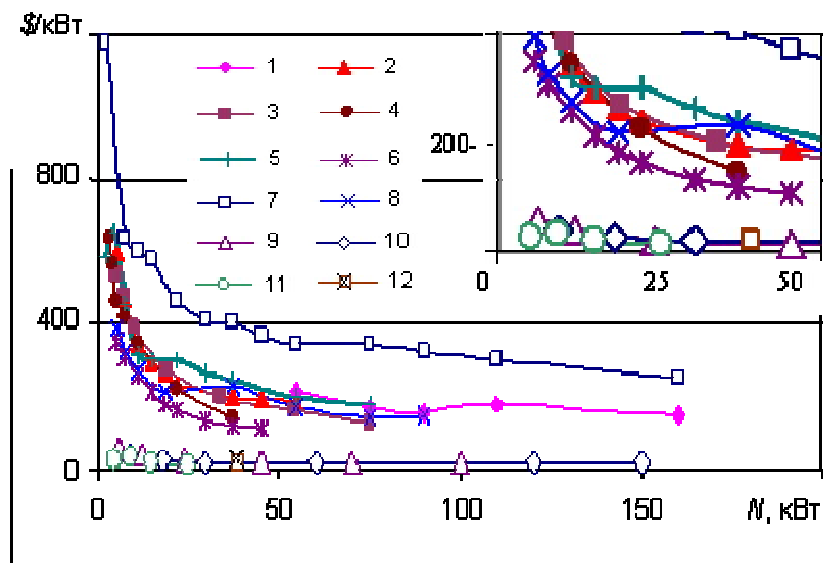


Рис. 7. Стоимость единицы установленной мощности ВТГ и электрического котла: 1...12 – обозначения см. на рис. 6.

Представленные зависимости фиксируют увеличение стоимости единицы производимой энергии с уменьшением мощности электродвигателя, особенно заметное при $N < 25$ кВт. Следовательно, при $N < 25$ кВт рекомендуется выбирать теплогенератор повышенной мощности (на 40...50 %), по сравнению с расчетной мощностью системы отопления. Тип ВТГ на характер изменения анализируемой зависимости не влияет. Ценовой разброс рассматриваемого параметра у различных производителей увеличивается с уменьшением установленной мощности, и для значений $N < 75$ кВт составляет 200...250 %. Совместный анализ протекания удельных характеристик позволяет выбрать тип ВТГ и, в первом приближении, согласовать его располагаемую теплопроизводительность с потребной для системы отопления.

Сравнение рассматриваемых параметров для ВТГ и ряда электрических котлов [29–32], представленных на рынке, показывает, что электрические нагреватели воды несоизмеримо лучше как по удельной массе конструкции, так и по цене одного киловатта мощности. Особенно это сильно выражено для мощности менее 25 кВт. В то же время теплогенераторы динамического типа при N больше 25 кВт по удельной массе вполне могут конкурировать с электродвигателями.

Перспективы применения. Изучение материалов, посвященных ВТГ, показывает, что “пик” интереса к ним в России в силу причин, рассмотренных выше и подсознательно усвоенных потребителем, заметно снизился. Так, количество производителей теплогенераторов, участвующих в ежегодной выставке “Высокие технологии XXI века” (Москва) с каждым годом уменьшается: восемь фирм в 2004 г., шесть – в 2005, четыре – в 2006 и только две – в 2007 г. [33]. Вместе с тем наблюдается перенос их производства в ближнее зарубежье России, в том числе в Украину, сопровождающийся интенсивной рекламой. Характерно, что украинские фирмы в большинстве случаев позиционируют себя как дилеры российских производителей со всеми вытекающими отсюда последствиями для украинского рынка.

После этапа использования ВТГ для целей бытового отопления и подогрева воды они в дальнейшем получили применение и в других областях. Многие производители использовали способность ВТГ перемешивать и одновременно подогревать различные вещества в активаторе устройства. Особенно это практично для теплогенераторов динамического типа. Одним из компонентов рабочего тела (суспензии или эмульсии), естественно, служит жидкость. Наибольших успехов в этой области на Украине достигло НПП “Институт Текмаш” (Херсон). Предприятие выпускает оборудование как для непосредственного подогрева воды и других химических растворов и нефтепродуктов, так и для тепловой обработки (пастеризации) и приготовления пищевых продуктов и жидких кормовых смесей.

Выводы. Анализ возможностей и перспектив применения вихревых теплогенераторов показывает следующее:

- понятие КПЭ является полным аналогом КПД вихревого теплогенератора, который при преобразовании механической энергии в тепловую не превышает 100 % и составляет, в основном, 93–96 %;
- основными преимуществами ВТГ являются: компактность, простота устройства, экологичность, взрыво- и пожаробезопасность, возможность работы в автоматическом режиме и на неподготовленных и агрессивных жидкостях, а также отсутствие отложений и накипи на внутренних стенках системы отопления;
- в качестве недостатков, по сравнению с электрическими котлами, следует отметить большую удельную массу ВТГ, кавитационное разрушение элементов кавитатора, повышенную вибрацию и шум, значительный пусковой ток, невозможность плавной регулировки тепловой мощности;
- единица тепловой мощности ВТГ на рынке стоит в десятки раз больше, чем у ближайшего аналога – электрического котла, однако вихревые теплогенераторы можно использовать в жилищно-коммунальном секторе для отопления при использовании ночного (пониженного) тарифа;
- на торце вихревой трубы обнаружен участок с повышенным гамма-излучением по сравнению с его фоновым значением, поэтому необходимы дальнейшие исследования для изучения природы данного явления;
- кроме систем отопления и горячего водоснабжения существуют и другие перспективные области применения ВТГ.

Литература

1. Фоминский Л. П. Как работает вихревой теплогенератор Потапова [Текст] / Л. П. Фоминский. – Черкассы : ОКО-ПЛУС, 2001. – 103 с.
2. Потапов Ю. С. Энергия вращения [Текст] / Ю. С. Потапов, Л. П. Фоминский, С. Ю. Потапов. – Кишинев : Молдавский центр “Ноосферные технологии” РАЕН, 2001. – 382 с.
3. www.teplomos.ru.
4. www.euroalliance.ru.
5. www.noteka.narod.ru.
6. <http://tvgru.ru>.
7. www.intehno21.com.
8. www.otopiteli.nm.ru.
9. www.adelta.com.ua.

10. www.tekmash.com.ua.
11. www.thermal-stream.com.ua.
12. <http://www.gtm-nk.ru>.
13. <http://rosdon.h1.ru>.
14. www.skif.bis.
15. <http://energyua.com>.
16. www.trinitas.ru.
17. Шваб В. В. Вихревой теплогенератор для систем теплоснабжения [Текст] / В. В. Шваб // Новости теплоснабжения. – 2007. – № 8. – С. 12–13.
18. Геллер С. Вихревые теплогенераторы. Гидродинамический нагреватель жидкости [Текст] / С. Геллер // АКВА-ТЕРМ. – 2006. – № 6 (21).
19. Гавриленко Б. А. Гидродинамические передачи [Текст] / Б. А. Гавриленко, И. Ф. Семичаснов. – М. : Машиностроение, 1980. – 224 с.
20. Козлов С. В. Опыт внедрения автономных энергосберегающих систем отопления [Текст] / С. В. Козлов // Новости теплоснабжения. – 2007. – № 8. – С. 14–16.
21. Кузнецов С. В. О сверхэффективности вихревых теплогенераторов и не только [Текст] / С. В. Кузнецов // Новости теплоснабжения. – 2007. – № 8. – С. 24–25.
22. http://club.1-info.ru/html/mess_188883_60.html#top.
23. www.earthech.org.
24. Халатов А. А. Результаты испытаний вихревого теплогенератора ТПМ 5.5-1 [Текст] / А. А. Халатов, А. С. Коваленко, С. В. Шевцов // Пром. теплотехника. – 2002. – Т. 24. – № 6. – С. 40–46.
25. Акимов А. Е. Научные основы и пути развития торсионных источников энергии [Текст] / А. Е. Акимов, Р. Н. Кузьмин, Р. Н. Мустафаев. – М. : Академия Тринитаризма, 2004. – Эл. № 77-6567, публ.11576.
26. Элементарный учебник физики [Текст] / под ред. акад. Ландсберга. – М. : Наука, 1985. – Т. II. – 480 с.
27. Касаткин Ф. С. Электротехника [Текст] / Ф. С. Касаткин. – М. : Энергия, 1969. – 592 с.
28. Вологодский В. Забытый косинус фи [Текст] / В. Вологодский // Эксперт Казахстана. – 2006. – № 7 (63). [www/expert.ru](http://www.expert.ru).
29. www.teplo-souz.ru.
30. www.cvk.spb.ru/severynin.
31. [html; www.galan.ru](http://www.galan.ru).
32. www.titanelektro.dp.ua.
33. Козлов С. В. Тепловые гидродинамические насосы. Итоги 2007 года [Текст] / С. В. Козлов. – www.ekoteplo.ru.