

УДК 662.995.018.8

ХАЛАТОВ А.А., КОВАЛЕНКО А.С., ШЕВЦОВ С.В.

Институт технической теплофизики НАН Украины

ВИХРЕВЫЕ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРЫ В ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Наведено аналіз ринку, основних експлуатаційних характеристик та перспектив використання вихрових теплогенераторів у житлово-комунальному секторі.

Представлен аналіз ринка, основних експлуатаційних характеристик і перспектив використання вихрових теплогенераторів в жилищно-комунальному секторі.

The market analysis, basic operating parameters and prospects of vortex generator application in the local heating systems is presented.

c – скорость света;

E – энергия;

m – масса;

m/N – удельная масса;

N – мощность электродвигателя;

t – температура;

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

КПД – коэффициент полезного действия;

КПЭ – коэффициент преобразования энергии;

ВТГ – вихревой теплогенератор.

Индексы:

зам – измеренный;

ф – фоновый.

Введение

Одной из основных и критически важных областей использования тепловой энергии является жилищно-бытовой сектор. Снабжение потребителей тепловой энергией предусматривает как прямые способы ее получения для использования в системах отопления, так и косвенные. В последнем случае для доставки тепловой энергии потребителю предусматривается преобразование энергии из одного вида в другой, ее трансформация и регенерация. Естественно, что при выборе способа получения тепловой энергии для систем индивидуального отопления определяющими являются стоимость первичной энергии, характер ее преобразования в тепловую, а также эффективность и стоимость этого преобразования на каждом этапе.

Быстрое развитие цивилизации в XX-XXI вв. привело к резкому увеличению масштабов потребления углеводородного топлива во всех видах хозяйственной деятельности. Ограниченность мировых запасов этого топлива вызывает его скачкообразное подорожание, особенно в последние 2–3 года. Ситуация в обозримом будущем не

изменится и, если не будут найдены альтернативные источники энергии, то только усугубится. Поэтому вполне понятно внимание, которое уделяется поиску альтернативных способов получения тепловой энергии для различных потребителей и прежде всего – для систем локального теплоснабжения. Одним из таких способов является ступенчатое превращение механической энергии в тепловую с использованием на промежуточном этапе кинетической энергии рабочего тела [1, 2]. В качестве рабочего тела чаще всего используется вода, но могут применяться и другие жидкости (например, тосол). Источником механической энергии обычно служит электродвигатель, хотя в полевых условиях могут быть использованы бензиновые или дизельные двигатели.

Название устройств, которые реализуют такой способ преобразования энергии, определяют сами авторы, предлагающие устройства. Их называют: механическими, гидромеханическими, гидродинамическими, гидроимпульсными, вихревыми, дисковыми, кавитационными и даже торсионными теплогенераторами. Учитывая наиболее общий принцип работы таких уст-

ройств, основанный на вихревом или закрученном движении рабочей среды, эти устройства можно выделить в общий класс вихревых тепловых генераторов (ВТГ). В зависимости от особенностей преобразования кинетической энергии рабочего тела в основном элементе устройства (активаторе) различают два вида ВТГ: статические (пассивные) и динамические (активные). В первом случае активатор вихревого теплогенератора не имеет подвижных частей, второй тип характеризуется наличием роторных (перфорированных или лопаточных) активаторов. Более подробно особенности конструкции и работы ВТГ рассмотрены в работах [3, 4].

Рынок вихревых теплогенераторов

Вихревые теплогенераторы выпускаются в достаточно широком ассортименте (см. таблицу) и находят применение как в жилищно-коммунальном секторе, так и в промышленности. Они изготавливаются в Украине, Беларуси, Словакии, но основная их масса производится в России [5–13]. С середины 90-х годов прошлого века в эксплуатации находятся уже сотни вихревых теплогенераторов и запатентованы десятки схем организации рабочего процесса. Они эксплуатируются как в странах СНГ, так и в государствах Европы и Азии.

Существенным и, пожалуй, главным стимулом быстрого продвижения вихревых теплогенераторов на международный рынок явилась широко разрекламированная величина коэффициента преобразования электрической энергии в тепловую (КПЭ). В соответствии с заявлениями многих производителей значение КПЭ вихревых генераторов может превышать единицу (“сверхединичные” теплогенераторы) и составлять от 1,1 до 1,9 и более. В классической термодинамике этот параметр определяется как коэффициент полезного действия (КПД), но его значение, превышающее 1, противоречит закону сохранения и превращения энергии, если только в системе не проявляются релятивистские эффекты, характерные для больших скоростей движения и способствующие превращению массы в энергию в соответствии с формулой А. Эйнштейна $E = mc^2$.

Изучение отзывов о практической работе ВТГ показывает [14–17], что они, подтверждая рабо-

тоспособность этих устройств в системе отопления или горячего водоснабжения, не всегда положительны. Основным их недостатком, по мнению потребителей, является невозможность реализации заявляемого параметра эффективности ВТГ более единицы.

Поэтому представляется важным провести анализ основных параметров выпускаемых вихревых теплогенераторов с целью определения действительных значений их эффективности, области практического использования и перспектив дальнейшего развития. Для этого были изучены как печатные источники, так и Internet-издания. К сожалению, в ряде случаев опубликованные материалы не отличаются полнотой информации, что сужает и затрудняет их анализ.

Коэффициент преобразования энергии

Изучение информационных материалов показывает, что для оценки тепловой эффективности вихревых теплогенераторов используются два параметра – КПД и КПЭ (см. таблицу). Если используется понятие КПД, то его величина нигде не декларируется больше единицы. Однако большой разброс значений КПД у различных производителей, связанный с отсутствием единой методики расчета, вызывает сомнение в корректности его определения.

Термин КПЭ [18, 19] был введен производителями в рекламных целях, поскольку его заявляемая величина часто превышает единицу. Сегодня ни в одной рекламной публикации по вихревым теплогенераторам не приводится методика расчета КПЭ и измерения необходимых для этого параметров, что заставляет усомниться в достоверности его определения. Опрос предприятий, где эксплуатируются вихревые теплогенераторы, показывает, что во многих случаях значение КПЭ не определяется, а оценивается только работоспособность вихревого теплогенератора. Теоретические разработки, направленные на обоснование того факта, что КПЭ ВТГ больше 1 [1, 2], имеют весьма отдаленное отношение к работе вихревого теплогенератора и не могут быть приняты во внимание.

Понятия “структурированная” жидкость и “структурированная” теплоемкость, применяе-

Таблица. Рынок вихревых теплогенераторов

Ист.	Производитель	Марка	Тип активатора	Мощность, кВт	Масса, кг	КПЭ	КПД
[5]	ООО “Тепло XXI века” (Россия, г. Москва)	ТС1	статический	55...250	700...2455	1,3... 1,9	—
[6]	ООО “Евроальянс” (Россия, г. Москва)	МТ	статический	5,5...55	120...570	1,2	—
[7]	ООО “Нотека-С” (Россия, Моск. обл.)	НТК “Русский Гольфстрим”	статический	5,5...75	50...700	не менее 0,98	—
[8]	ООО “Центр-лес” (Россия, г. Москва)	ТГВ	статический	3...37	50...480	1,6...1,85	—
[9]	ЗАО “Индустриальные технологии-21” (Россия, г. Зеленоград, Моск. обл.)	ВТГ	динамический	5...75	40...97	—	—
[10]	(Россия, г. Москва)	ТГ	статический	5,5...45	65...550	1,2...1,5	—
[11]	ООО “Аквариус-Дельта” (Украина, г. Шоска, Сумской, обл.)	ВТГ	статический	2,2...250	35...1700	более 1,2	—
[12]	ОАО СКТБ “Комплекс” (Украина, г. Киев)	НТГ “ТЕРМАЛ СТРИМ”	динамический	5,5...90	—	1,0	—
[13]	НПП “ИНСТИТУТ ТЕКМАШ” (Украина, г. Николаев)	ТЕК	динамический	—	—	—	не менее 0,90
[24]	ЗАО НПКС (Россия, г. Рязань)	Электрокотел “РусНИТ” Р-206...Р-2100	теновый	6...100	12...64	—	—
[25]	ООО “Северянин” (Россия, г. Санкт-Петербург)	Электрокотел “Северянин”	теновый	9...150	24...150	—	—
[26]	ЗАО “Галан” (Россия, г. Москва)	Электрокотел “Очаг”, “Гейзер”, “Вулкан”	электродный	5...25	1,05...5,7	—	—
[27]	ЧПП “Титан” (Украина, г. Днепропетровск)	Электрокотел “Титан”	теновый	39	65	—	—

мые в [4], могут быть приняты во внимание только для объяснения механизма воздействия кавитации на рабочее тело. В соответствии с основными положениями термодинамики тепловой баланс системы определяется разностью энтальпий (произведение удельной теплоемкости на температуру в градусах Кельвина) рабочего тела, а не разностью его температур на выходе и входе в теплогенератор. На входе в вихревой теплогенератор вода находится в обычном состоянии и имеет соответствующую своим параметрам теплоемкость. В рабочем объеме теплогенератора, как правило, создается зона развитой кавитации, которая является эффективным “проводником” трансформации механической энергии в тепловую. По заявлению автора [4], под воздействием высокой температуры и давления при “схлопывании” кавитационных пузырьков вода приобретает новые свойства (“структурируется”). В частности, удельная теплоемкость “структурированной” воды становится в два раза меньше теплоемкости обычной воды (экспериментально это никто не подтвердил), поэтому переход воды в “структурированное” состояние сопровождается тепловыделением и ростом температуры воды в зоне кавитации. Однако переход в “структурированное” состояние имеет существенно неравновесную природу, поэтому на выходе из зоны кавитации вода быстро релаксирует и вновь переходит в “обычное” состояние с поглощением ранее выделенной теплоты.

Так как на выходе из вихревого теплогенератора вода обладает обычными свойствами, то нагрев рабочего тела может быть обусловлен процессами трения в системе и изменением теплоемкости рабочего тела за счет его двухфазности. Действительно, вода, содержащая большое количество газовой фазы на выходе из ВТГ, имеет пониженную теплоемкость, что приводит к увеличению ее температуры. На больших расстояниях от выхода этот эффект вырождается, и степень подогрева воды определяется только процессами трения.

Этот вывод подтвержден опытами [19], в которых температура воды уменьшалась по мере увеличения расстояния от выхода из ВТГ. Это также объясняет факт получения разными исследователями значений КПЭ, значительно превышающих единицу. Для определения достоверных значений КПЭ надо тщательно теплоизолировать

выходной трубопровод и измерять температуру рабочего тела и его удельную теплоемкость вдали от выхода из вихревого теплогенератора, желательно в сечении, где вода уже находится в однофазном состоянии.

Для учета подводимой к рабочему телу ВТГ электрической энергии достаточно использовать стандартный счетчик активной энергии (в случае использования трехфазного тока) [15, 20–22]. Тогда основным источником погрешности в определении КПД (КПЭ) могут быть только инструментальные погрешности, которые при аккуратных измерениях незначительны.

Результаты исследований, представленные в работе [19], показывают, что в зависимости от места измерения температуры воды КПЭ вихревого генератора изменялся от 3,0 – при измерениях на выходе из активатора, до 1,0 – при измерениях в бойлере. Изоляция всех элементов установки уменьшала величину КПЭ в первом случае до 1,4, а во втором – он остался таким же. В данном случае ошибки в определении КПЭ обусловлены неучетом величины теплоемкости двухфазного рабочего тела. В работах [15, 22], где температура теплоносителя измерялась во многих точках бойлера и всей системы, величина КПЭ составляла 0,96...0,98 и является более обоснованной. Подробные исследования, выполненные в США (Institute for Advanced Studies at Austin, TX), показали, что КПД вихревого теплогенератора “ЮСМАР-2” (генератор Ю. Потапова) в широком диапазоне изменения режимных параметров находится в пределах от 0,33 до 0,81 [20], в то время как в рекламных материалах КПЭ составлял 1,5...1,7 [1].

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

- ◆ величина КПЭ присутствующих на рынке ВТГ при правильных измерениях не превышает единицы;
- ◆ 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;

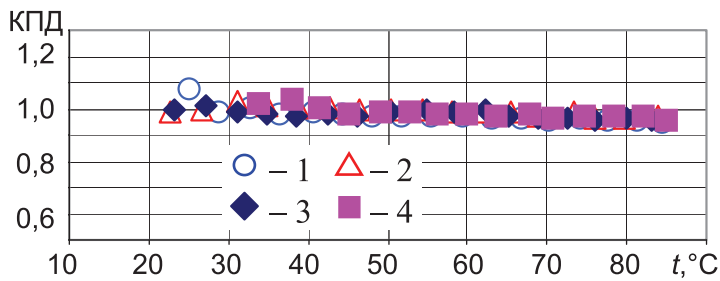


Рис. 1. Зависимость КПД вихревого теплогенератора от температуры воды и избыточного давления в системе с изоляцией без тепловой нагрузки: 1–4 – давление равно: 150 кПа, 253 кПа, 335 кПа, 456 кПа соответственно.

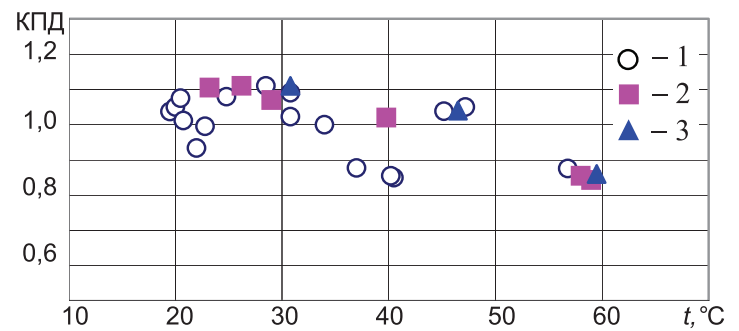


Рис. 2. Зависимость КПД ВТГ от температуры воды и избыточного давления в системе с изоляцией и тепловой нагрузкой (теплообменником): 1–3 – давление равно 274 кПа, 405 кПа, 506 кПа соответственно.

♦ значение КПЭ для однотипных ВТГ одинаковой мощности у различных производителей изменяется в широких пределах.

Ситуация усугубляется еще и тем, что в публикациях и рекламных материалах некорректно применяются единицы мощности и тепловой энергии. Например, количество теплоты измеряется в кВт [1, 6, 7, 10, 17], в других материалах применяется размерность кВт/ч [5, 7] или “квч” [9]. Для мощности в ряде случаев используется размерность кВт/ч [7].

С целью проверки достоверности рекламных параметров одного из вихревых теплогенераторов в Институте технической теплофизики НАН Украины в 2001–2002 г.г. были проведены испытания статического ВТГ закрытого типа, изготовленного в г. Краматорске по лицензии фирмы “Юсмар” (Молдова) [21]. Изоляция установки практически исключала свободную конвекцию и излучение. Температура воды измерялась в бойлере. Значения КПД в серии экспериментов (рис. 1) близки к единице, что соответствует закону сохранения 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 экспериментах не учитывался отвод теплоты теплопроводностью в изоляцию и далее во внешнюю среду свободной конвекцией и излучением. Уровень избыточного давления на входе в активатор на величину КПД влиял незначительно.

Исследование этого же вихревого теплогенератора с использованием теплообменника пока-

зало, что величина КПД на стационарных режимах работы, в пределах рассматриваемого диапазона режимных параметров, практически отвечает балансу потребляемой и производимой энергии (рис. 2). Увеличение гидравлического давления в системе вызывает некоторое увеличение КПД – практически незаметное при больших температурах теплоносителя.

Небольшое отклонение значений КПД от единицы можно объяснить теплообменом между неизолированными элементами теплообменника (краны, соединительные шланги, штуцера) и внешней средой. При этом 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.

Более интересным является факт увеличения КПД более 1,0 с уменьшением температуры рабочего тела. Это означает, что установка 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 [23].

Такое явление возможно, если температура помещения с установленной в нем системой

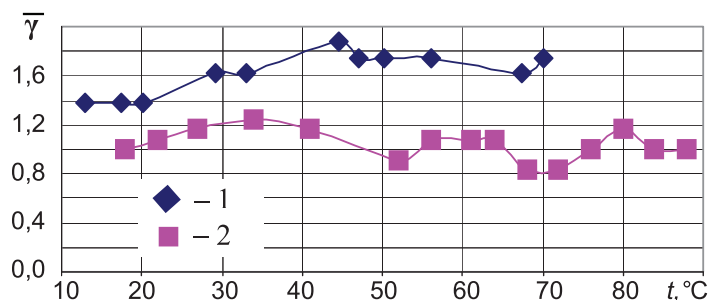


Рис. 3. Зависимость относительной мощности гамма-излучения от температуры воды:

**1 — фон 8 мкР/ч, избыточное давление 3,5 кПа;
2 — фон 12 мкР/ч, избыточное давление 1,5 кПа.**

отопления выше начальной температуры рабочего тела (например, водопроводной воды). Более того, количество тепловой энергии, поглощенной в этом случае системой извне при прокачивании через нее теплоносителя, 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, т.е. на некотором расстоянии от ВТГ. Естественно, что в этом случае величина КПД 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 различных дискуссий на тему КПД и найдет свою область внедрения.

Проведенные авторами на работающей установке исследования [21] позволили обнаружить факт повышенного гамма-излучения. Измерения мощности экспозиционной дозы излучения пока-

зали, 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 получившие пока научного объяснения.

В начале нагрева (рис. 3) мощность дозы излучения по сравнению с естественным фоном резко возрастает (в 1,3...1,9 раза), однако затем при повышении температуры воды в баке до 40...45°C она начинает падать, достигая минимума при 60...70°C, с последующим быстрым ростом. 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, т.е. 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 отмечено падение мощности излучения до фонового уровня и даже ниже его. 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 с металлическими частями ВТГ при их схлопывании.

Эксплуатационные характеристики

Несмотря на неоднозначность в определении экономичности, вихревые теплогенераторы различной мощности широко используются на практике для целей отопления помещений и горячего водоснабжения. Они являются условно автономным источником тепловой энергии, поскольку им необходим механический привод. По своему назначению и характеру рабочего процесса ВТГ наиболее близки к другим источникам, преобразующим электрическую энергию в тепловую (тэновые 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 химводоподготовка, не образуется накипь на внутренних стенках оборудования, вихревой теплогенератор может работать с любыми, в том числе и агрессивными жидкостями.

Однако главным (наряду с КПЭ > 1,0) преимуществом, которое рекламируется производителями, является возможность применения пониженного тарифа на оплату электроэнергии (ВТГ проходит сертификацию как насосное оборудование) и эксплуатация без разрешения котло- и энергонадзора (по той же причине). Но эти преимущества связаны не с техническим усовершенствованием устройства или рабочего процесса, а с административным регулированием эксплуатации ВТГ. Ужесточение политики администрирования приведет к потере этих преимуществ. Например, в Беларуси к вихревым теплогенераторам, в случае установки их в качестве отопительного оборудования, применяются повышенные тарифы на электроэнергию (пятикратное увеличение). Поэтому их используют только в качестве технологического оборудования.

Эксплуатация ВТГ выявила ряд недостатков по сравнению с электрическими котлами. 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 аппаратуры плавного пуска. В результате работа вихревого 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 [14–17], что многие потребители вполне удовлетворены их способностью производить тепловую энергию и надежностью работы. Часто, при возникновении форс-мажорных обстоятельств, этого оказывается достаточно. Однако обоснованно подойти к выбору 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 оценивается отношением его массы к установленной мощности электродвигателя. Чем оно меньше при прочих равных условиях, тем более высоким является конструкторский и производственный уровень теплогенератора. Анализ рынка ВТГ показывает (рис. 4), что в рассматриваемом диапазоне для большинства вихревых теплогенераторов удельная масса с уменьшением мощности возрастает почти в два раза. Исключение составляют теплогенераторы динамического типа марки “ВТГ-ИТ21”, для которых уменьшение установленной мощности ведет к четырехкратному увеличению анализируемого параметра. 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 связано в основном с интенсификацией тепловыделения в динамическом активаторе. Существенный разброс значений удельной массы при выбранной мощности, особенно для маломощных установок, позволяет потребителю более обоснованно подойти к выбору ВТГ.

Основным параметром, характеризующим ценовую политику производителя на рынке, является стоимость единицы установленной мощности (рис. 5). 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. Однако ценовая характеристика динамического теплогенератора (“ВТГ-ИТ21”) при

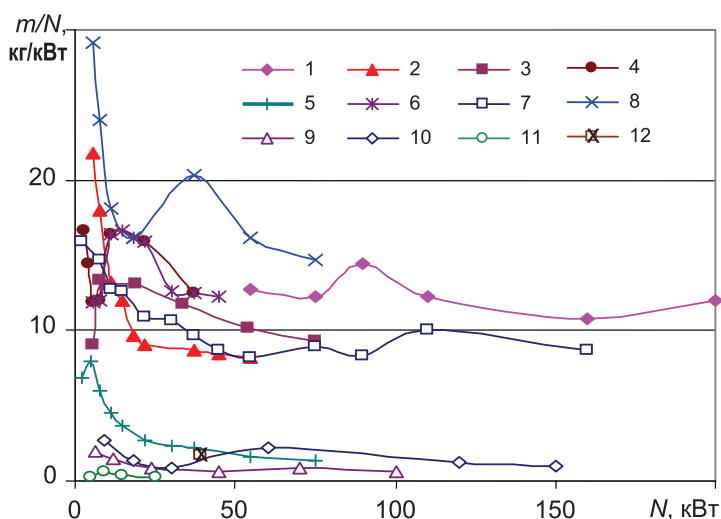


Рис. 4. Материалоемкость единицы установленной мощности ВТГ и электрического котла: 1 – “ТС1”; 2 – “МТ”; 3 – “НТК”; 4 – “ТГВ”; 5 – “ВТГ-ИТ 21”; 6 – “ТГ”; 7 – “ВТГ-Аквариус”; 8 – “НТГ”; 9 – Электрический котел “РусНИТ”; 10 – Электрический котел “Северянин”; 11 – Электрический котел “Галан”; 12 – Электрический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

$N > 25$ кВт располагается в верхней части анализируемой области. Ценовой разброс рассматриваемого параметра у различных производителей увеличивается с уменьшением установленной мощности и для значений $N < 75$ кВт составляет 200...250%.

Сравнение рассматриваемых параметров для вихревых теплогенераторов и электрических котлов [24–27], представленных на рынке, показывает, что электрические нагреватели воды 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 при $N > 25$ кВт вихревые теплогенераторы динамического типа по удельной массе вполне конкурентоспособны с электродкотлами. Несомненными преимуществами вихревых теплогенераторов перед электродкотлами являются пониженная пожароопасность и отсутствие системы химводоподготовки.

Перспективы использования

Изучение материалов, посвященных вихревым теплогенераторам, показывает, что “пик” интере-

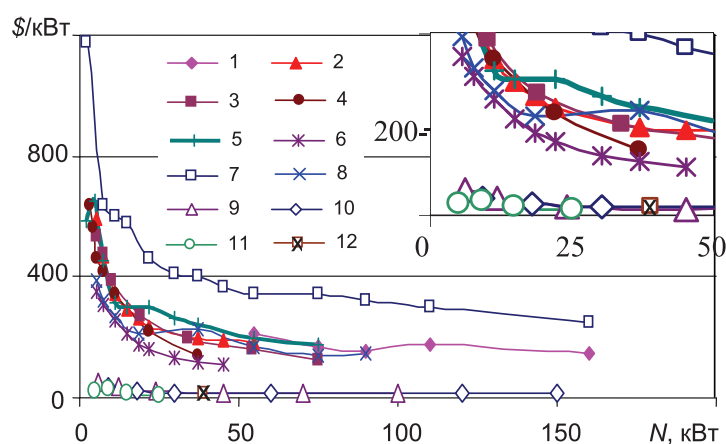


Рис. 5. Стоимость единицы установленной мощности вихревого теплогенератора и электрического котла. Обозначения такие, как на рис. 4.

са к ним в России в силу причин, рассмотренных выше и подсознательно усвоенных потребителем, уже прошел. Так, например, количество производителей ВТГ, участвующих в ежегодной выставке “Высокие технологии XXI века” (г. Москва) с каждым годом уменьшается: восемь фирм в 2004 г., шесть – в 2005 г., четыре – в 2006 г. и только две – в 2007 г. [28]. Вместе с тем наблюдается перенос их производства в другие страны ближнего зарубежья, сопровождающийся интенсивной (и необоснованной) рекламой. Характерно, что украинские фирмы в большинстве случаев позиционируют себя только как дилеры российских производителей со всеми вытекающими отсюда последствиями для украинского рынка.

После этапа использования ВТГ для целей локального отопления и технологического подогрева воды, они постепенно получили применение и в других областях. Многие производители использовали их способность перемешивать и одновременно подогревать различные вещества в активаторе вихревого устройства. Наибольших успехов в этой области на Украине достигло НПП “ИНСТИТУТ ТЕКМАШ” (г. Херсон), которое выпускает оборудование как для непосредственного подогрева воды, химических растворов и нефтепродуктов, так и для тепловой обработки (пастеризации) и приготовления пищевых продуктов и жидких кормовых смесей.

Выводы

Выполненный выше анализ рынка и перспективы применения вихревых теплогенераторов для целей локального теплоснабжения показывают следующее:

1. КПД вихревого теплогенератора при преобразовании механической энергии в тепловую не превышает единицы и составляет 0,93...0,96;

2. Понятие КПЭ является полным аналогом КПД, значения КПЭ больше единицы являются или заведомо ложной информацией, или следствием ошибочной методики измерений;

3. Основными преимуществами вихревых теплогенераторов являются компактность, простота устройства, экологичность, взрыво- и пожаробезопасность, возможность работы в автоматическом режиме на неподготовленных и агрессивных жидкостях, а также отсутствие отложений и накипи на внутренних стенках системы отопления;

4. К недостаткам, по сравнению с электрическими котлами, следует отнести большую удельную массу, кавитационное разрушение элементов, повышенную вибрацию и шум, значительный пусковой ток, трудности плавной регулировки тепловой мощности;

5. Единица тепловой мощности ВТГ стоит в десятки раз больше, чем у ближайшего аналога — электрического котла; тем не менее, вихревые теплогенераторы могут использоваться в жилищно-коммунальном секторе для целей локального теплоснабжения при использовании ночного (пониженного) тарифа;

6. На торце вихревой трубы обнаружен участок с повышенной величиной гамма-излучения по сравнению с фоновым его значением; поэтому в будущем необходимы дальнейшие исследования, направленные на изучение природы данного явления;

7. Кроме систем отопления и горячего водоснабжения, существуют и иные перспективные области применения вихревых теплогенераторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Фоминский Л.П.* Как работает вихревой теплогенератор Потапова. — Черкассы: ООО «ОКО-ПЛЮС», 2001. — 103 с.

2. *Потапов Ю.С., Фоминский Л. П., Потапов С.Ю.* Энергия вращения. — Кишинев: Молдавский центр «Ноосферные технологии» РАЕН, 2001. — 382 с.

3. *Шваб В.В.* Вихревой теплогенератор для систем теплоснабжения // *Новости теплоснабжения.* — 2007. — № 8. — С. 12–13.

4. *Геллер С.* Вихревые теплогенераторы. Гидроимпульсный нагреватель жидкости // *АКВА·ТЕРМ.* — 2006. — № 6 (21).

5. www.teplomos.ru.

6. www.eurooaliance.ru.

7. www.noteka.narod.ru.

8. <http://tvgru.ru>.

9. www.intehno21.com.

10. www.otopiteli.nm.ru.

11. www.adelta.com.ua.

12. www.thermal-stream.com.ua.

13. www.tekmash.com.ua.

14. <http://rosdon.h1.ru>.

15. www.skif.bis.

16. <http://energyua.com>.

17. www.trinitas.ru.

18. *Козлов С.В.* Опыт внедрения автономных энергосберегающих систем отопления // *Новости теплоснабжения.* — 2007. — № 8. — С. 14–16.

19. *Кузнецов С.В.* О сверхэффективности вихревых теплогенераторов и не только. // *Новости теплоснабжения.* — 2007. — № 8. — С. 24–25.

20. www.earthech.org.

21. *Халатов А.А., Коваленко А.С., Шевцов С.В.* Результаты испытаний вихревого теплогенератора ТПМ 5.5-1 // *Пром. теплотехника.* — 2002. — Т.24, № 6. — С.40–46.

22. http://club.1-info.ru/html/mess_188883_60.html#top.

23. *Акимов А.Е., Кузьмин Р.Н., Мустафаев Р.Н.* Научные основы и пути развития торсионных источников энергии. — М.: Академия Тринитаризма, 15.10.2004. — Эл. № 77–6567, публ.11576.

24. www.teplo-souz.ru.

25. www.cvk.spb.ru/severynin.html

26. www.galan.ru.

27. www.titanelektro.dp.ua.

28. *Козлов С.В.* Тепловые гидродинамические насосы. Итоги 2007 года. — www.ekoteplo.ru.

Получено 09.09.2008 г.