

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТДАЧИ ОТОПИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, РАБОТАЮЩЕЙ НА ОСНОВЕ ВИХРЕВОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА

Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь

Рассматривается возможность использования вихревого теплогенератора в качестве источника теплоснабжения. Получены критериальные зависимости для оценки величины теплоотдачи в условиях естественной конвекции (горизонтальная щель). Зависимости применены для отопительных приборов системы теплоснабжения.

Постановка проблемы. Необходим источник теплоснабжения, обеспечивающий автономность функционирования медицинского учреждения, работающего в условиях чрезвычайных ситуаций. Одним из таких источников является вихревой теплогенератор. Также вихревой теплогенератор можно использовать в качестве резервного источника теплоснабжения для жилых и общественных зданий.

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ эксплуатационных возможностей вихревых теплогенераторов, выполненный в работах докт. техн. наук, проф. А. А. Халатова чл.-корр. НАН Украины, зав. отделом высокотемпературной термогазодинамики инст. технической теплофизики НАН Украины, позволяет сделать выводы [1]:

- основными преимуществами вихревого теплогенератора являются: компактность (рис. 1, а) и исключительная простота устройства, взрыво- и пожаробезопасность, автономность работы в автоматическом режиме;
- возможность работы с использованием малых объемов неподготовленных жидкостей (техническая вода).

Такие повышенные требования к объекту требуют абсолютно независимого источника первичной энергии, в качестве которого может служить 100-сильный дизель-генератор БТР-82.

Также вихревые теплогенераторы обладают высоким коэффициентом полезного преобразования электрической формы движения материи в теплоту, т. к. преобразование направлено в сторону диссипации (вначале электрической, а затем – механической). Как показали выполненные авторами эксперименты, он составил 50 – 90%, что можно считать характеристической схемой вполне удовлетворительной (по данным работы [1] эта цифра составляет 93 – 96%).

Что касается работ [2] – [5], в которых рассматривается двойное преобразование энергии с коэффициентом преобразования $\eta_{\text{пр}} > 1$, то они грешат точностью эксперимента, либо же определенным непониманием процессов преобразования и недостаточной осведомленностью в области теплообмена при существенных числах Re [6].

Постановка задачи. Задача данной статьи заключается в изучении теплоотдачи от отопительных приборов в условиях свободной конвекции и конвекции в горизонтальной щели системы теплоснабжения, где в качестве источника используется вихревой теплогенератор.

Основная часть. Представленный материал является результатом экспериментальных исследований системы теплоснабжения (схема установки представлена на рис. 1, б), где в качестве источника используется теплогенератор ВТГ-2,2.

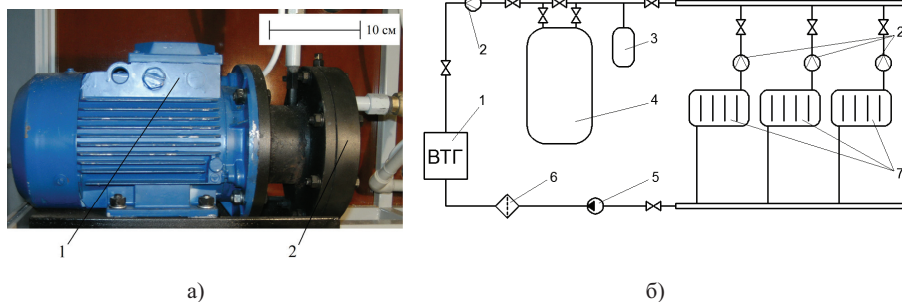


Рис. 1. Общий вид вихревого теплогенератора ВТГ-2,2 (а): 1 – электрический привод; 2 – вихревой насос ВТГ-2,2; схема экспериментальной установки (б): 1 – вихревой теплогенератор ВТГ-2,2; 2 – расходомеры; 3 – расширительный бак; 4 – бак накопитель; 5 – насос; 6 – фильтр; 7 – отопительные приборы.

Эксперимент проводился с использованием мягкого отопительного прибора (рис. 2 и [7]) в соответствии с планом эксперимента, разработанным согласно с [8] и [9] при установившемся тепловом режиме. Такой эксперимент представляет значительный интерес при условии естественной конвекции в горизонтальной щели (рис. 2 и [10]). В таких условиях отопительный прибор (рис. 2) располагается на горизонтальной поверхности (рис. 2, б).

Как видно из рис. 2, а опыты выполнялись в десяти точках и были связаны с измерением температур теплоотдающей и тепловоспринимающей поверхностей, а также температуры в щели. В качестве инструментария использовались бесконтактный пирометр AR852В и хромель-копелевые термомпары.

Средняя температура по поверхности отопительного прибора $\bar{t}_n = 74^\circ\text{C}$. Определяющим размером будем считать размер щели: $l = 0,05$ м.

По результатам расчетов коэффициент теплоотдачи α для свободной поверхности (рис. 2, а) составил $\alpha = 5,942$ Вт/(м²·К).

Схема теплообмена в щели представлена на рис. 2, б.

В качестве определяющего размера принимаем размер щели $l = 0,05$ м, а в качестве определяющей температуры – температуру поверхности, на которой располагается отопительный прибор ($\bar{t}_n = 46^\circ\text{C}$).

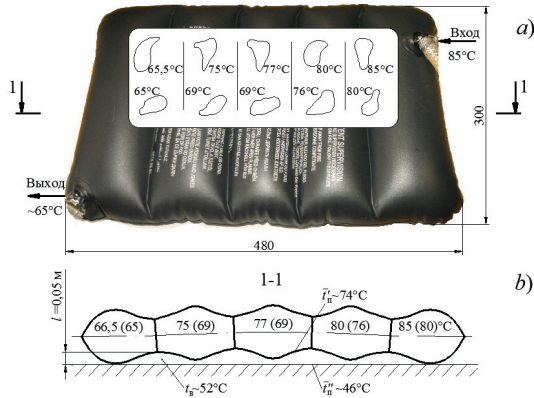


Рис. 2. Общий вид отопительного прибора (а) и расчетная схема (б): l – характерный размер; t''_n и t''_n – соответственно температуры теплоотдающей и тепловоспринимающей поверхностей

Для нахождения функции $\lg Nu$ воспользуемся формулой для ориентированной вниз горячей поверхности в холодной среде [10]:

$$Nu = 0,24 (Gr \cdot Pr)^{0,25}, \quad (1)$$

где $4 \cdot 10^3 \leq (Gr \cdot Pr) \leq 3 \cdot 10^6$.

Точки, являющиеся результатом обработки данных опыта, практически укладываются на одну прямую линию. Запишем математически уравнение для линии, соответствующей значениям произведения $\lg(Gr \cdot Pr) = 5,216...5,516$.

Тогда

$$\lg Nu = a_0 + a_1 \lg(Gr \cdot Pr). \quad (2)$$

Определение коэффициентов при неизвестных выполним по методу наименьших квадратов [2]. Для суммы:

$$\sum (\lg Nu_x - \lg Nu)^2 = \sum (\lg Nu_x - a_0 - a_1 \lg(Gr \cdot Pr))^2,$$

где $\lg Nu_x$ - обработанные экспериментальные данные (табл. 1).

Для того чтобы эта сумма была минимальной, необходимо, чтобы ее частные производные по параметрам a_0 и a_1 были равны нулю. Значения $\lg Nu_x$ и $\lg(Gr \cdot Pr)$ отсчитываются от их средних значений $\overline{\lg Nu}$ и $\overline{\lg(Gr \cdot Pr)}$. Тогда:

$$\begin{cases} a_0 N + a_1 \sum [\lg(Gr \cdot Pr) - \overline{\lg(Gr \cdot Pr)}] = \sum (\lg Nu_x - \overline{\lg Nu}); \\ a_0 \sum [\lg(Gr \cdot Pr) - \overline{\lg(Gr \cdot Pr)}] + a_1 \sum [\lg(Gr \cdot Pr) - \overline{\lg(Gr \cdot Pr)}]^2 =, \\ = \sum [\lg(Gr \cdot Pr) - \overline{\lg(Gr \cdot Pr)}] (\lg Nu_x - \overline{\lg Nu}). \end{cases} \quad (3)$$

Таблица 1
Обработка результатов экспериментов
(горизонтальная щель)

Измерения в точках (рис. 1, а)	Температура поверхности, °С	Значение $\lg Nu$	Значение $\lg(Gr \cdot Pr)$
1	66,5	0,692	5,248
2	75	0,729	5,394
3	77	0,736	5,421
4	80	0,745	5,459
5	85	0,759	5,516
6	80	0,745	5,459
7	76	0,732	5,408
8	69	0,704	5,297
9	69	0,704	5,297
10	65	0,684	5,216

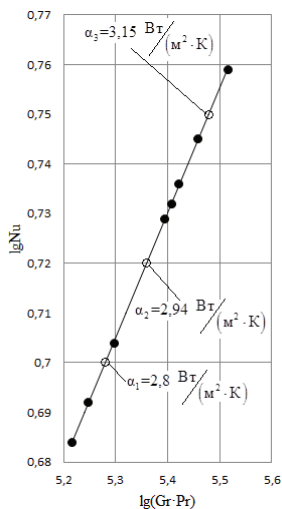


Рис. 3. График зависимости $\lg Nu = f(\lg(Gr \cdot Pr))$ по данным обработки эксперимента (горизонтальная щель)

где $N = 10$ – общее число данных.

Решая данную систему уравнений в MathCAD 15, находим коэффициенты при неизвестных и подставляем в уравнение (2):

$$\lg Nu = -0,628 + 0,251 \cdot \lg(Gr \cdot Pr).$$

В окончательном виде расчетное критериальное уравнение запишется

$$Nu = 0,236(Gr \cdot Pr)^{0,251}. \quad (4)$$

Выражение (4) позволяет производить расчеты интенсивности теплообмена в условиях естественной конвекции в ограниченном пространстве (горизонтальная щель).

Выводы. Вихревой теплогенератор может быть использован в качестве источника теплоснабжения для мобильных объектов. Определен коэффициент теплоотдачи от свободной поверхности отопительного прибора. Получено критериальное уравнение для расчета интенсивности теплообмена в условиях естественной конвекции в ограниченном пространстве (горизонтальная щель).

Литература

1. 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.

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. Вихревые теплогенераторы // Отопительные системы нового поколения [Электронный ресурс]. – Москва, 2009. – Режим доступа: <http://www.otopiteli.nm.ru>. – Дата доступа: 10.10.2011.

4. *Шваб В. А.* Вихревой теплогенератор для систем теплоснабжения [Текст] / В. В. Шваб // Новости теплоснабжения. – 2007. – №8. – С.12–13.

5. *Козлов С. В.* Опыт внедрения автономных энергосберегающих систем отопления [Текст] / С. В. Козлов // Новости теплоснабжения. – 2007. – №8. – С.14–16.

6. *Ван - Дайк М.* Альбом течений жидкости и газа: А 56/М. Ван-Дайк. – М.: Мир, 1986. – 184 с.

7. *Несенчук А.П., Рыжова Т.В., Качар И.Л., Бегляк А.В.* // Энергетика (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2011, - №3. – С. 91-93.

8. Д л и н, А.М. Математическая статистика в технике. - М.: «Советская наука», 1958 - 465 с.

9. *Несенчук А.П.* Исследование конвективного теплообмена в вакууме в условиях естественной конвекции: автореф. ... дис. канд. техн. наук. – Минск: БПИ, 1962.

10. *Акельев В.Д.* Тепло- и массообмен в ограниченных пространствах строительных конструкций и сооружений : монография / В.Д. Акельев; под общ. ред. А.П. Несенчука. – Мн.: БНТУ, 2010. – 317 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВІДДАЧІ ОПАЛЮВАЛЬНОГО ПРИЛАДУ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, ЩО ПРАЦЮЄ НА ОСНОВІ ВИХРОВОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА

А. П. Несенчук, І. Л. Качар

Розглядається можливість використання вихрового теплогенератора в якості джерела тепlopостачання. Отримано критеріальні залежності для оцінки величини тепловіддачі в умовах природної конвекції (горизонтальна щілина). Залежності застосовано для опалювальних приладів системи тепlopостачання.

HEATING TRANSFER INVESTIGATION OF HEATER IN HEAT SUPPLY SYSTEM WORKING ON THE BASIS OF VORTEX HEAT GENERATOR

A. P. Nesenchuk, I. L. Kachar

The paper considers a possibility of vortex heat generator as a source of heat supply system. Criteria dependences for assessment of heat transfer value under conditions of natural convection (a horizontal slot) have been obtained in the paper. The dependences are applicable for heaters in heat supply systems.