

# т е п л о э н е р г е т и к а

УДК 536.24

## К ВЫБОРУ ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МОБИЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО СООРУЖЕНИЯ\*

Докт. техн. наук, проф. НЕСЕНЧУК А. П.<sup>1)</sup>, магистр техн. наук БЕГЛЯК А. В.<sup>1)</sup>,  
канд. техн. наук РЫЖОВА Т. В.<sup>2)</sup>, магистр техн. наук ИОКОВА И. Л.<sup>1)</sup>,  
студ. БЕГЛЯК В. В.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Белорусский национальный технический университет,

<sup>2)</sup>ОАО «Минский автомобильный завод» – управляющая компания холдинга  
«БелавтомАЗ»

E-mail: pte@bntu.by

## SELECTION OF HEAT SUPPLY SOURCE FOR MOBILE BUILDING STRUCTURE

NESENCHUK A. P.<sup>1)</sup>, BEGLIAK A. V.<sup>1)</sup>, RYZHOVA T. V.<sup>2)</sup>,  
IOKOVA I. L.<sup>1)</sup>, BEGLIAK V. V.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Belarusian National Technical University,

<sup>2)</sup>JSC «Minsk Automobile Plant» – Management Company  
of «BelavtoMAZ» Holding

В качестве источника теплоснабжения мобильного объекта предложен вихревой теплогенератор с преобразованием энергии высшей формы движения материи в низшую. В ходе опытов по определению эффективности вихревого теплогенератора были получены значения коэффициента преобразования энергии, близкие и равные единице. Такие результаты могут быть объяснены с помощью второго квантового постулата Бора.

Для теплоснабжения мобильного объекта (полевого госпиталя) предложен типоряд сертифицированных теплогенераторов марки ВТГ.

**Ключевые слова:** источник теплоснабжения, строительное сооружение, теплогенератор.

Ил. 6. Табл. 2. Библиогр.: 9 назв.

The paper proposes a vortex heat generator with energy transformation of the highest state of matter motion into the lowest one as a heat supply source for a mobile object. Energy transformation coefficient indices close or equal to 1 have been obtained as a result of experiments on efficiency of the vortex heat generator. Such results can be explained with the help of the 2<sup>nd</sup> Bohr quantum postulate.

Standard series of certified VTG heat generators has been proposed for heat supply of the mobile object (field hospital).

**Keywords:** heat supply source, building structure, heat generator.

Fig. 6. Tab. 2. Ref.: 9 titles.

\* Печатается в порядке обсуждения.

При выборе источника теплоснабжения мобильного сооружения (полевого госпиталя) вопрос энергетической целесообразности наряду с условиями, диктующими этот выбор, имеет немаловажное значение. Однако при этом приходится серьезно учитывать то обстоятельство, что преобразование высшей формы движения материи в низшую (в рассматриваемом случае – в теплоту) всегда затратное [1, 2]. Преобразование любой формы движения материи в теплоту (рассматривается источник теплоснабжения) может быть оправдано (в отдельных случаях) только типом и характером производства, его массовостью. В качестве примера целесообразно вспомнить планы по использованию при минимальных нагрузках в энергосистеме республики пиковых электрокотлов для обеспечения надежной и бесперебойной работы системы. Да, сегодня такое решение экономически оправдано, но ведь это же нонсенс с экспергетической точки зрения [3].

Однако в данной работе рассматривается особый случай. Здесь электрическая энергия будет затратно превращаться в теплоту, поступающую в отопительную систему мобильных сооружений, функционирующих в экстремальных ситуациях, когда связь с внешним миром отсутствует (отсутствуют и материальные источники обеспечения объекта – командный мобильный пункт дивизии, госпиталь первой волны).

В конце прошлого столетия в мировой практике широкое распространение получили разного типа теплогенераторы, преобразующие электрическую форму движения материи в теплоту [4]. Дело в том, что, расходуя 1 кВт·ч электрической энергии, можно получить более 1 кВт·ч теплоты при наличии интересующих условий такого преобразования [5, 6]. Казалось бы, хорошо, и КПД близок и даже выше единицы. Однако первое представление о КПД обманчиво, так как преобразование связано со структурным изменением  $H_2O$  (воды), а коэффициент преобразования энергии (КПЭ) – вовсе не коэффициент полезного действия источника. Появляется понятие  $\eta_{КПЭ}$  – коэффициент преобразования энергии высшей формы движения материи в низшую (наименее дефицитную) – теплоту (рождается энтропийная составляющая теплоотвода источника). КПЭ теплогенератора – это соотношение количества тепловой энергии, которую он производит, к количеству потребляемой электрической энергии.

Как уже отмечалось, работы с теплогенераторами проводились в ряде научно-исследовательских организаций (в том числе НАН Украины и МЭИ) (рис. 1) [4, 5], но в силу их практической бесперспективности были прекращены. В процессе испытаний авторами [7] были получены температурные графики  $t_{вых}$  (обратная магистраль) и  $t_{вх}$  (прямая магистраль), которые приведены на рис. 2. Аналогичные испытания выполнены авторами 21.05.2010: получены КПЭ = 91 % и КПЭ = 60 %, т. е. КПЭ < 1. Однако эти цифры не опровергают условия  $1 < \text{КПЭ} < 1$ , так как они получены в мае месяце, когда перепад  $t_{вх} - t_{вых}$  сетевой воды составляет 6 °C. В зимний период отопительного сезона, когда  $(t_{вх} - t_{вых}) > 6$  °C, КПЭ получается более 1,0 (примерно 1,1–1,4).

Определение коэффициента эффективности преобразования энергии теплогенератора и влияния на него режимных параметров проводили на тепловом преобразователе мощности ТПМ-5,5-1, который был изготовлен в ЗАО «Энергоресурс» (г. Краматорск) по лицензии фирмы «Юсмар» (г. Кишинев) и эксплуатировался шесть лет.

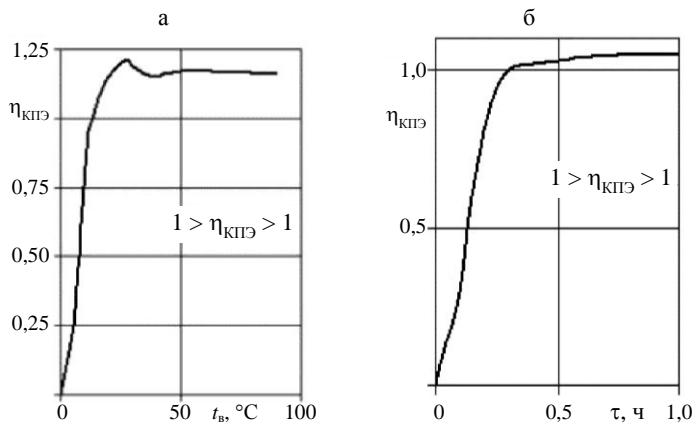


Рис. 1. Графики зависимости КПД: а –  $\eta_{\text{КПЭ}} = f(t_b)$ , построен по данным МЭИ [4]; б –  $\eta_{\text{КПЭ}} = f(\tau)$ , построен по данным НАН Украины [5]

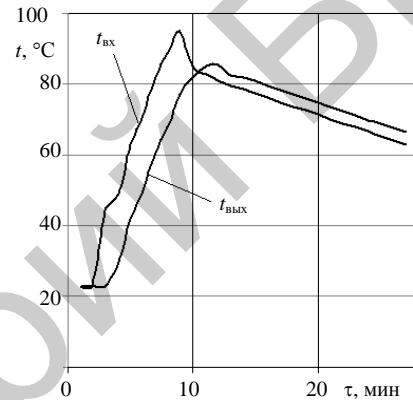


Рис. 2. Температурные графики испытаний теплогенератора ТС1-075, проведенных авторами 15.07.09

Были получены графики  $\eta_{\text{КПЭ}} = f(t)$ , указывающие на соблюдение условия  $1 > \text{КПЭ} > 1$  (рис. 3, 4).

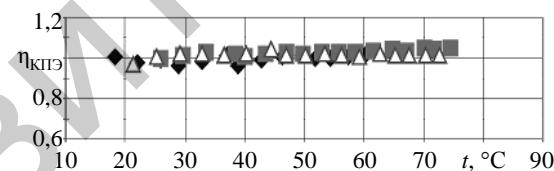


Рис. 3. Зависимость КПЭ от температуры воды, полученная в серии экспериментов (теплогенератор без изоляции, вода не стратифицирована) [7]

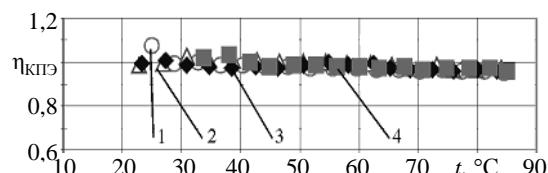


Рис. 4. Зависимость интегрального КПЭ от температуры воды и избыточного давления в системе (теплогенератор с изоляцией, вода не стратифицирована): 1 – 1,5 атм; 2 – 2,5; 3 – 3,5; 4 – 4,5 атм [7]

На первом этапе также выполнено изучение работы неизолированного теплогенератора в условиях стационарного нагрева, КПЭ рассчитыва-

ли как отношение всей теплоты, полученной теплоносителем, конструкцией, а также отданной во внешнюю среду свободной конвекцией и излучением, к работе, израсходованной электросетью на вращение насоса. Таким образом:

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{\sum_{i=1}^n A_i}, \quad (1)$$

где

$$Q_i = Q_b + Q_{yst} + [(qS)_{ct} + (qS)_{kp} + (qS)_{tp} + (ES)_{yst}]t; \quad (2)$$

$$Q_b = M_b c_{pb}(t_{b2} - t_{b1}); \quad (3)$$

$$Q_{yst} = M_{yst} c_{yst}(t_{yst2} - t_{yst1}). \quad (4)$$

Работу  $A_i$  на каждом интервале времени определяли по электросчетчику. При исследовании работы установки с покрытием, практически полностью изолирующим ее от окружающей среды, КПЭ определяли аналогично (1). Однако в этом случае отсутствовал процесс теплообмена с окружающей средой, и тогда

$$Q_i = Q_b + Q_{yst}. \quad (5)$$

На втором этапе исследований КПЭ определяли как отношение теплоты, отведенной охладителем в теплообменнике, к работе, израсходованной электросетью:

$$m = \frac{Q_{oxl}}{A}, \quad (6)$$

где

$$Q_{oxl} = V_b \rho_b c_{pb}(t_{vых} - t_{bx})\tau. \quad (7)$$

Характер изменения коэффициента эффективности преобразования в зависимости от температуры в баке при постоянном избыточном давлении на входе в вихревую трубу и отсутствии изоляции теплогенератора представлен рис. 4. Значения КПЭ в серии экспериментов в пределах погрешности эксперимента, группируясь возле единицы, соответствуют закону сохранения и превращения энергии. При этом КПЭ практически не зависит от температуры теплоносителя, хотя и имеет некоторую тенденцию к росту с ее повышением.

Как видим, во всех экспериментах факт неравенства затраченной электрической формы движения материи ( $Q_{эл} = 0,86W_{эл}$ ) и полученной теплоты ( $Q_{тепл}$ ), поступающей от источника к системе, подтверждается опытом, однако это не нарушает закон сохранения энергии материи. Напомним, что в качестве рабочей жидкости для теплоснабжения использовали воду в жидкой фазе.

Для дальнейшего исследования обратимся к процессам, происходящим внутри молекул. Как известно, молекула воды состоит из одного атома кислорода и двух атомов водорода. Реальность существования атома была доказана только в XVIII в. благодаря работам ведущих ученых того времени А. Лавуазье, М. Ломоносова и др. Однако предложить и доказать

теорию строения атома смог только в начале XX в. английский ученый Э. Резерфорд. Им была предложена планетарная модель атома (рис. 5), которая предполагает существование ядра с положительным зарядом, а также электронов, вращающихся вокруг ядра по различным электронным оболочкам (энергетическим уровням). В дальнейшем данная теория была использована и развита датским ученым Н. Бором [8].

В контексте проделанных опытов наибольший интерес представляет второй квантовый постулат Бора, который гласит, что при переходе электрона с одной энергетической оболочки на другую происходит поглощение или излучение кванта электромагнитного излучения (фотона). Предположим, что в процессе центрифугирования электроны молекулы  $H_2O$  (электроны атома H и атома O) также могут изменять свою энергетическую орбиту, как это было в опытах Бора (рис. 5). Таким образом, при переходе электрона на более низкий энергетический уровень происходит выделение энергии [8]

$$dE = h\nu, \quad (8)$$

где  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с – постоянная Планка;  $\nu$  – частота фотона.

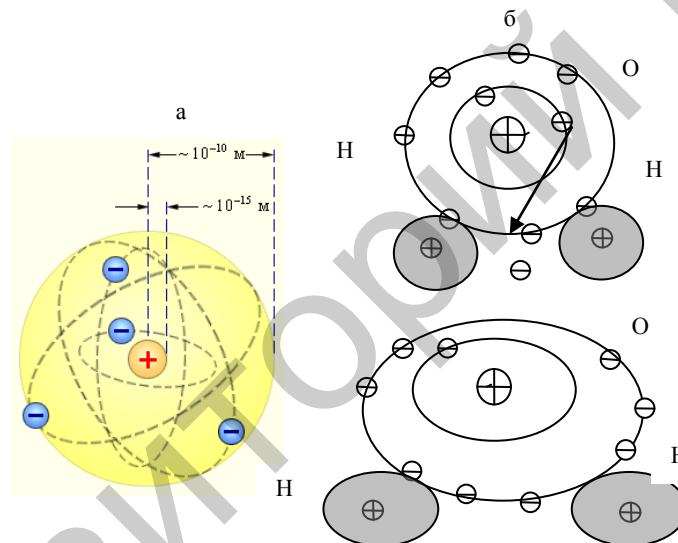


Рис. 5. а – планетарная модель атома Резерфорда;  
б – схематическое изображение перемещения электронов по энергетическим оболочкам

При этом также происходит диссипация энергии (переход в тепловую) системы, что сопровождается выделением теплоты

$$dE = dQ = TdS. \quad (9)$$

Получается, что дополнительный нагрев воды может происходить от диссипации энергии, выделившейся вследствие перемещения электронов на более низкие энергетические уровни. Молекула воды в теплогенераторе центрифугируется с окружной скоростью  $u$ , м/с:

$$u = \frac{2\pi rn}{60}, \quad (10)$$

где  $r$  – радиус колеса теплогенератора, м;  $n$  – число оборотов колеса, 1/с.

Выполненный анализ позволяет принять к установке в качестве источника теплоснабжения уже сертифицированный типоряд вихревых теплогенераторов ВТГ ( $n \sim 3000$  об/мин) (рис. 6, табл. 1, 2) [9].

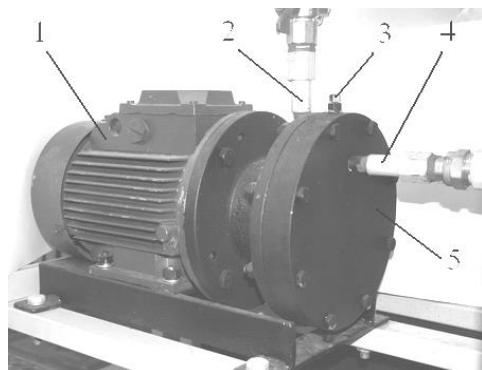


Рис. 6. Общий вид ВТГ-2,2  
(центрифуги, моноблочный вариант):  
1 – электродвигатель; 2 – выходной  
патрубок; 3 – устройство для удаления  
воздуха; 4 – входной патрубок;  
5 – вихревой теплогенератор

*Таблица 1*  
**Основные технические характеристики НТК (Российский сертификат  
Госстандарт № РОСС RU.АЯ46В13221 от 01.03.2002, ООО «Велебит») [3]**

Технические характеристики НТК	Тип ВТГ						
	5,5	7,5	11	22	37	55	75
Установленная мощность, кВт	5,5	7,5	11	22	37	55	75
Частота вращения элек- тродвигателя, об/мин	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900
Напряжение в сети, В	380	380	380	80	380	380	380
Обогреваемый объем, м <sup>3</sup>	230	300	350	700	1500	2500	3500
Температура теплоноси- теля, °C	До 115						
Теплопроизводительность, ккал/ч	4700	6500	8600	18000	32000	50000	65000
Масса установки, кг	50	До 100	130	250	400	550	700
Режим работы	Автомат						
Цена, евро	1900	2300	2500	3500	4600	5900	6400

*Таблица 2*  
**Типоряд по производительности ВТГ [3]**

Наимено- вание установки	Мощность электродви- гателя, кВт	Масса, кг	Теплопроизво- дительность, ккал/ч (не менее)	Обогреваемый объем, м <sup>3</sup> /площадь, м <sup>2</sup>	Габариты: длина/вы- сота, мм	Темпе- ратура теп- лоносите- ля, °C	95	
ВТГ-5	5	40	4700	400/145	950/400			
ВТГ-7,5	7,5	45	7900	500/240	950/400			
ВТГ-11	11	50	11400	900/330	1100/400			
ВТГ-15	15	55	15200	1230/440	1250/400			
ВТГ-22	22	60	24800	1800/650	1300/400			
ВТГ-30	30	70	35000	3000/1100	1400/500			
ВТГ-37	37	80	45700	3700/1350	1500/650			
ВТГ-55	55	90	58000	4500/1600	1600/650			
ВТГ-75	75	97	80500	6100/2200	1650/700			
Установка на 220 В								
ВТГ-2,2	2,2	15	2370	80	370/200	95		

## В Й В О Д

Авторами выполнено обоснование выбора теплогенератора для системы теплоснабжения мобильного объекта (командный пункт, госпиталь первой медицинской помощи). Наряду с обоснованием предложен типоряд (по производительности) вихревых теплогенераторов.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Несенчук, А. П. Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки: в 2 ч. Ч. 1 / А. П. Несенчук, В. И. Тимошпольский: под общ. ред. А. П. Несенчука. – Минск: БНТУ, 2008. – 525 с.
2. Несенчук, А. П. Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки: в 2 ч. Ч. 2 / А. П. Несенчук, В. И. Тимошпольский: под общ. ред. А. П. Несенчука. – Минск: БНТУ, 2008. – 531 с.
3. Бродянский, В. М. Эксергетический метод и его приложения / В. М. Бродянский, В. Фратшер, К. Михалек. – М.: Энергоатомиздат, 1988 – 288 с.
4. Отопление, горячее водоснабжение [Электронный ресурс] / ООО «Велебит». – Волжский, 2007. – Режим доступа: <http://www.teplovelebit.ru/>. – Дата доступа: 20.09.2011.
5. Иглин, П. В. Вихревые теплогенераторы [Электронный ресурс] / П. В. Иглин, А. Г. Шемпелев, Е. И. Эфрос // Вятский государственный университет. – Киров, 2009. – Режим доступа: <http://www.vyatsu.ru/studentu-1/nauka-i-praktika/el-tehnicheskiy-1/vihrevyie-teplogeneratoryi.html?sid=96083ee38b2ce8cb71e446cf3f8d2c07>. – Дата доступа: 12.11.2011.
6. Вихревые теплогенераторы (термры): проблемы и перспективы [Электронный ресурс] / А. А. Халатов [и др.] // ООО «НПО «Энергия Плюс». – Днепропетровск, 2011. – Режим доступа: <http://deger.com.ua/article/vortex-heat-thurmer-problems-and-prospects>. – Дата доступа: 25.01.2012.
7. Козлов, С. В. Могут ли теплогенераторы быть «сверхъединичными»? [Электронный ресурс] / С. В. Козлов // Информационная система по теплоснабжению. – М.: РосТепло, 2003. – Режим доступа: [http://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=2264](http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2264). – Дата доступа: 14.11.2011.
8. Бор, Н. Х. Д. О строении атома / Н. Х. Д. Бор // Нобелевская лекция по физике, 1922 г. – 1985. – Т. 3, № 4. – С. 417–448.
9. Халатов, А. А. Результаты испытаний вихревого теплогенератора ТПМ 5.5-1 / А. А. Халатов, А. С. Коваленко, С. В. Шевцов // Промышленная теплотехника. – 2002. – Т. 24, № 6. – С. 40–46.

## R E F E R E N C E S

1. Nesenchuk, A. P., & Timoshpolsky, V. I. (2008) *High Temperature Heat Technological Processes and Plants*. Part 1. Minsk: BNTU.
2. Nesenchuk, A. P., & Timoshpolsky, V. I. (2008) *High Temperature Heat Technological Processes and Plants*. Part 2. Minsk: BNTU.
3. Brodiansky, V. M., Fratsher, V., & Mikhalek, K. (1988) *Exergy Method and its Application*. Moscow: Energoatomizdat.
4. Heating, Hot Water Supply. Available at: <http://www.teplovelebit.ru> (accessed 20 September 2011).
5. Iglin, P. V., Shempelev, A. G., & Efros, E. I. (2009) *Vortex Heat Generators*. Kirov: Vyatka State University. Available at: <http://www.vyatsu.ru/studentu-1/nauka-i-praktika/el-tehnicheskiy-1/vihrevyie-teplogeneratoryi.html?sid=96083ee38b2ce8cb71e446cf3f8d2c07> (accessed 12 November 2011).
6. Khalatov, A. A., Kovalenko, A. S., Shevtsov, S. V., & Franko, N. V. (2011) *Vortex Heat Generators (Thurmes): Problems and Prospects*. Dnepropetrovsk: Scientific Industrial Association «Energia Plus». Available at: <http://deger.com.ua/article/vortex-heat-thurmer-problems-and-prospects> (accessed 25 January 2012).
7. Kozlov, S. V. (2003) *Can Heat Generators be «Supersingular»?* Moscow: RosTeplo. Available at: [http://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=2264](http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2264). (accessed 14 November 2011).
8. Bohr, N. (1985). On the Structure of Atoms. *Uspekhi Fizicheskikh Nauk [Physics-Uspexhi]*, 3, (4), 417–448.
9. Khalatov, A. A., Kovalenko, A. S., & Shevtsov, S. V. (2002) Results of Vortex ТРМ 5.5-1 Heat Generator Tests. *Promyshlennaya Teplotekhnika [Heat-Process Engineering]*, 24, (6), 40–46.

Представлена кафедрой ПТЭ и Т

Поступила 30.09.2013