

# ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

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](mailto: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 электродвигателей для обеспечения надежной и бесперебойной работы системы. Да, сегодня такое решение экономически оправдано, но ведь это же нонсенс с энергетической 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  $t_{\text{вых}}$  (обратная магистраль) и  $t_{\text{вх}}$  (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  $t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}$  сетевой воды составляет 6 °С. В зимний период отопительного сезона, когда  $(t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}) > 6$  °С, 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.

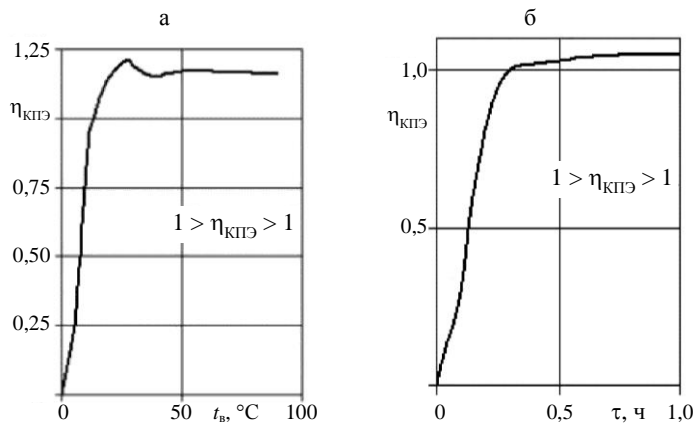


Рис. 1. Графики зависимости КПД: а –  $\eta_{\text{КПЭ}} = f(t_{\text{в}})$ , построен по данным МЭИ [4]; б –  $\eta_{\text{КПЭ}} = f(\tau)$ , построен по данным НАН Украины [5]

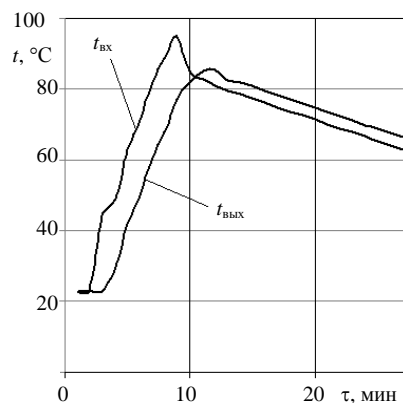


Рис. 2. Температурные графики испытаний теплогенератора ТС1-075, проведенных авторами 15.07.09

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

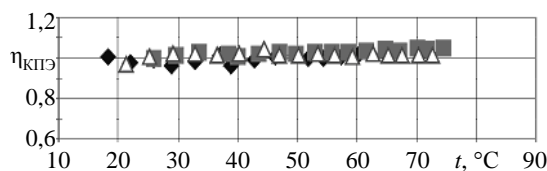


Рис. 3. Зависимость КПЭ от температуры воды, полученная в серии экспериментов (теплогенератор без изоляции, вода не стратифицирована) [7]

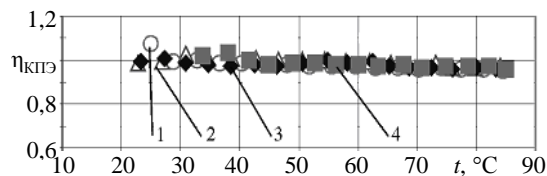


Рис. 4. Зависимость интегрального КПЭ от температуры воды и избыточного давления в системе (теплогенератор с изоляцией, вода не стратифицирована): 1 – 1,5 атм; 2 – 2,5; 3 – 3,5; 4 – 4,5 атм [7]

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

$$Q_i = Q_{\text{в}} + Q_{\text{уст}} + [(qS)_{\text{ст}} + (qS)_{\text{кр}} + (qS)_{\text{тр}} + (ES)_{\text{уст}}] \tau; \quad (2)$$

$$Q_{\text{в}} = M_{\text{в}} c_{\text{рв}} (t_{\text{в2}} - t_{\text{в1}}); \quad (3)$$

$$Q_{\text{уст}} = M_{\text{уст}} c_{\text{уст}} (t_{\text{уст2}} - t_{\text{уст1}}). \quad (4)$$

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

$$Q_i = Q_{\text{в}} + Q_{\text{уст}}. \quad (5)$$

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

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

где

$$Q_{\text{охл}} = V_{\text{врв}} c_{\text{рв}} (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}) \tau. \quad (7)$$

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 ( $Q_{\text{эл}} = 0,86W_{\text{эл}}$ ) и полученной теплоты ( $Q_{\text{тепл}}$ ), 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 Н и атома О) 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.

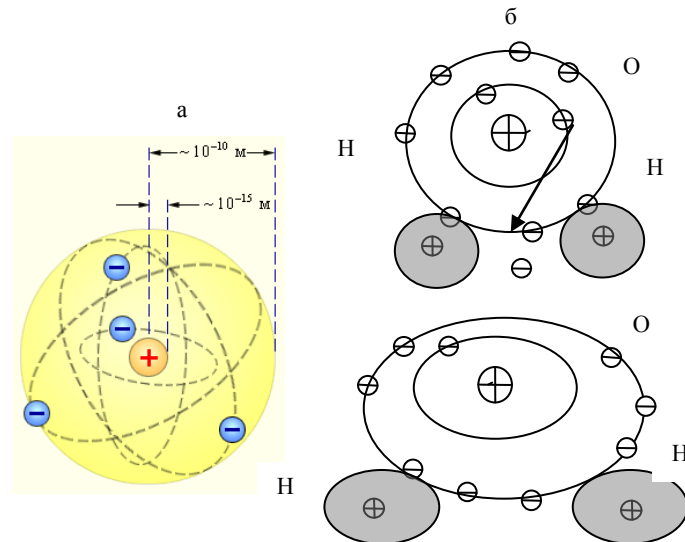


Рис. 5. а – планетарная модель атома Резерфорда;

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:

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

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].

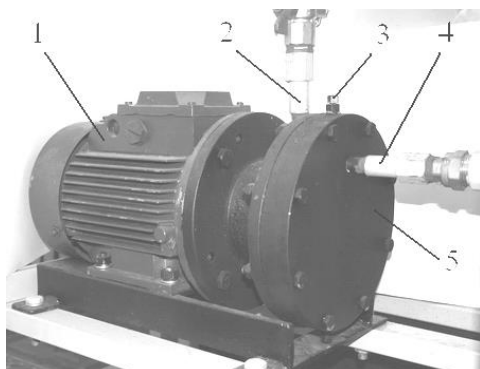


Рис. 6. Общий вид ВТГ-2,2 (центрифуги, моноблочный вариант):  
1 – электродвигатель; 2 – выходной патрубок; 3 – устройство для удаления воздуха; 4 – входной патрубок; 5 – вихревой теплогенератор

Таблица 1

Основные технические характеристики НТК (Российский сертификат Госстандарта № 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 электродвигателя, 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 теплоносителя, °С	До 115	До 115	До 115	До 115	До 115	До 115	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	Автомат	Автомат	Автомат	Автомат	Автомат	Автомат
Цена, евро	1900	2300	2500	3500	4600	5900	6400

Таблица 2

Типоряд по производительности ВТГ [3]

Наименование установки	Мощность электродвигателя, кВт	Масса, кг	Теплопроизводительность, ккал/ч (не менее)	Обогреваемый объем, м <sup>3</sup> /площадь, м <sup>2</sup>	Габариты: длина/высота, мм	Температура теплоносителя, °С
ВТГ-5	5	40	4700	400/145	950/400	95
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

## ВЫВОД

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.

## ЛИТЕРАТУРА

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-tehnicheskij-1/vihrevyie-teplogeneratoryi.html?sid=96083ee38b2ce8cb71e446cf3f8d2c07>. – Дата доступа: 12.11.2011.
6. Вихревые теплогенераторы (термеры): 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.

## REFERENCES

1. N e s e n c h u k, A. P., & Timoshpolsky, V. I. (2008) *High Temperature Heat Technological Processes and Plants*. Part 1. Minsk: BNTU.
2. N e s e n c h u k, A. P., & Timoshpolsky, V. I. (2008) *High Temperature Heat Technological Processes and Plants*. Part 2. Minsk: BNTU.
3. B r o d i a n s k y, V. M., Fratsher, V., & Mikhalek, K. (1988) *Exergy Method and its Application*. Moscow: Energoatomizdat.
4. *H e a t i n g, Hot Water Supply*. Available at: <http://www.teplovelebit.ru> (accessed 20 September 2011).
5. I g l i n, 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-tehnicheskij-1/vihrevyie-teplogeneratoryi.html?sid=96083ee38b2ce8cb71e446cf3f8d2c07> (accessed 12 November 2011).
6. K h a l a t o v, 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. K o z l o v, 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. B o h r, N. (1985). On the Structure of Atoms. *Uspekhi Fizicheskikh Nauk [Physics-Uspekhi]*, 3, (4), 417–448.
9. K h a l a t o v, A. A., Kovalenko, A. S., & Shevtsov, S. V. (2002) Results of Vortex ТПМ 5.5-1 Heat Generator Tests. *Promyshlennaya Teplotekhnika [Heat-Process Engineering]*, 24, (6), 40–46.

Представлена кафедрой ПТЭ и Т

Поступила 30.09.2013