

УДК 629.7.036.22

Загребельная Л.И.<sup>1</sup>, к.техн.н., доцент, Кобец Е.В.<sup>2</sup>, к.техн.н., доцент,  
Мироненко А.Л.<sup>2</sup>, к.техн.н., доцент

<sup>1</sup>Украинская инженерно-педагогическая академия

<sup>2</sup>Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОСТРУЙНОГО ГЕНЕРАТОРА, РАБОТАЮЩЕГО НА СЖИЖЕННОМ ГАЗЕ И ВОЗДУХЕ

**Ключевые слова:** генератор, газоструйный, высокоскоростной, сверхзвуковой, сжиженный, природный, газопровод, высокотемпературный

При проектировании и выборе режимов работы газоструйного генератора необходимо знать термодинамические параметры рабочего тела (продуктов сгорания).

Термодинамический расчет дает возможность установить теоретические зависимости температуры продуктов сгорания в камере сгорания  $T_k$  и на выходе из сверхзвукового сопла  $T_a$ , а также скорости их истечения  $W_a$  от давления в камере сгорания  $P_k$  и коэффициента избытка воздуха  $\alpha_t$ .

В данном случае рассмотрены зависимости основных параметров рабочего тела  $T_k$ ,  $T_a$ ,  $W_a$  и расхода топлива  $M$  от  $\alpha_t$ , который изменяется в пределах  $0,7 \div 3,0$  при постоянном давлении в камере сгорания  $P_k = 5$  ат.

Результаты термодинамического расчета без учета диссоциации продуктов сгорания приведены в табл. 1, 2 и на рис. 1, 2. На рис. 1 (кривые 2) для сравнения проведены аналогичные параметры рабочего тела газогенератора, работающего на шебелинском природном газе.

Характер изменения  $T_k$ ,  $T_a$ ,  $W_a$  и  $M$  в зависимости от  $\alpha_t$  – аналогичен, (см. табл. 1 и рис. 1). Однако, несмотря на то, что теплотворность сжиженного газа по сравнению с шебелинским на 5 % ниже, температура рабочего тела внутри камеры сгорания на 3–4 % выше (см. табл. 1). Из таблицы видно, что количество воздуха, необходимое для сжигания 1 кг сжиженного газа на 6% меньше, чем для сжигания шебелинского газа. При этом количество тепла, приходящегося на килограмм рабочего тела,  $H = 663$  ккал/кг р.т., т.е. – величина того же порядка, что и в случае сжигания шебелинского газа. Следовательно, повышение температуры горения можно объяснить только уменьшением удельной теплоемкости продуктов горения.

Так как при сжигании сжиженного и природного газа состав продуктов горения топлива один и тот же, то показатели адиабаты и газовая постоянная имеют практически одно и то же значение (см. табл. 1). Поэтому при одинаковом давлении в камере сгорания скорость истечения продуктов сгорания можно записать в виде равенства  $W_a = c\sqrt{T_k}$ , где  $c$  – постоянная величина.

Очевидно, что при незначительном увеличении  $T_k$  в случае использования сжиженного газа, скорость истечения  $W_a$  для сравниваемых горючих остается практически одной и той же. Характер и величина относительных параметров  $\overline{T_k}$ ,  $\overline{T_a}$ ,  $\overline{W_a}$  и  $\overline{M}$  для сжиженного и шебелинского газов почти одна и та же.

Таблиця 1 – Параметри робочого тела газогенератора, працюючого на сжиженому газе

$\alpha_T$	$T_K, K$	$\bar{T}_K$	$T_a, K$	$\bar{T}_a$	$W_a, \text{м/с}$	$\bar{W}_a$	$R_{\text{ж}}, R_{\text{га}}, \text{Дж/кг}\cdot\text{град}$	$\bar{R}$	$K$	$\bar{K}$	$\beta, \text{с}$	$\bar{\beta}$	$P_{k_{\text{min}}}, \text{ат}$	$\bar{P}_{k_{\text{min}}}$	$M$	$\bar{M}$
0,7	2047	0,85	1453	0,82	1328	0,95	330,60	1,09	1,27	1,02	126,9	0,95	1,81	1,01	11,87	0,72
0,8	2193	0,91	1560	0,88	1364	0,97	320,45	1,05	1,27	1,02	129,1	0,97	1,80	1,00	13,43	0,81
0,9	2314	0,95	1665	0,94	1380	0,88	310,59	1,02	1,25	1,01	131,5	0,98	1,80	1,00	14,98	0,90
1,0	2419	1,00	1770	1,00	1402	1,00	300,87	1,00	1,24	1,00	133,3	1,00	1,79	1,00	16,54	1,00
1,1	2278	0,94	1630	0,92	1350	0,96	300,83	0,99	1,26	1,01	128,6	0,96	1,80	1,00	18,09	1,09
1,2	2143	0,88	1540	0,87	1310	0,93	300,79	0,99	1,26	1,01	124,6	0,93	1,80	1,00	19,64	1,18
1,5	1840	0,76	1316	0,74	1211	0,86	300,63	0,99	1,27	1,02	114,9	0,86	1,81	1,01	24,30	1,47
2,0	1521	0,63	1055	0,60	1082	0,77	300,62	0,99	1,29	1,04	103,8	0,78	1,82	1,01	32,07	1,94
3,0	1163	0,48	791	0,45	934	0,67	300,54	0,99	1,31	1,05	90,2	0,67	1,84	1,02	47,61	2,88

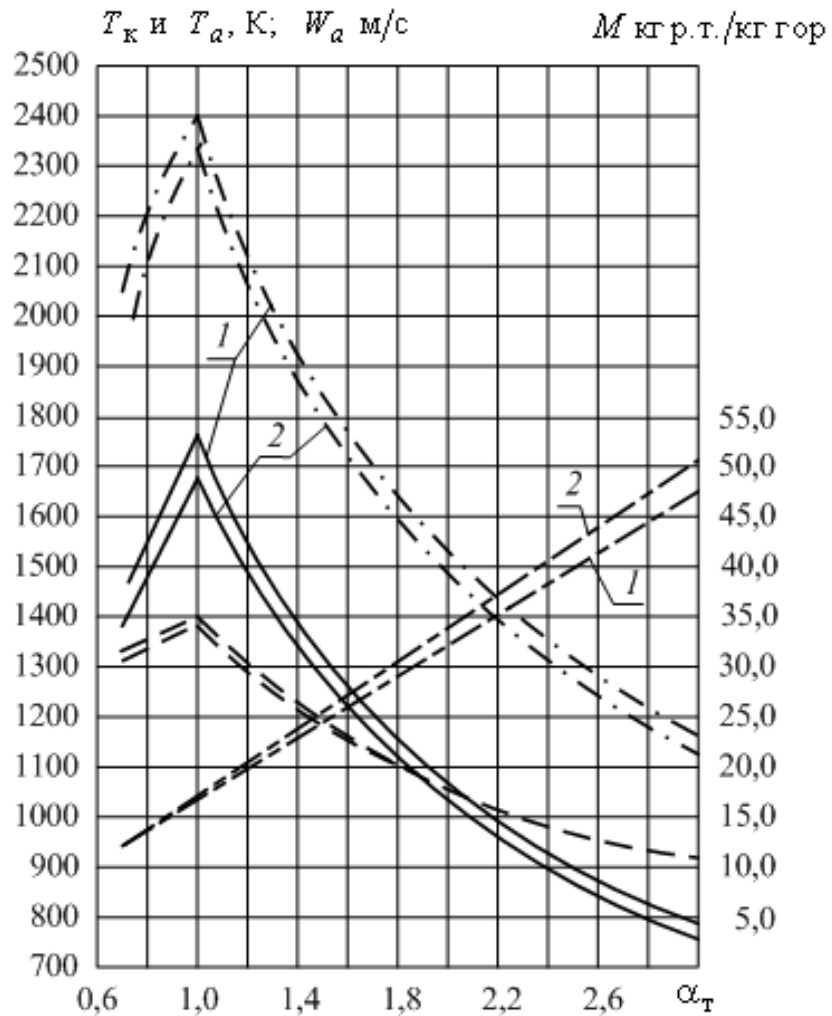


Рисунок 1 – Характер изменения  $T_k, T_a, W_a, M$  в зависимости от  $\alpha_T$  при работе газогенератора на шебелинском и природном газе:

— · —  $T_k$  —  $T_a$  — — —  $W_a$  — — —  $M$

Таблица 2 – Сравнительные данные параметров рабочего тела (сжиженный газ – воздух, шебелинский газ – воздух)

$\alpha_T$	$\bar{T}_k$	$\bar{T}_a$	$\bar{W}_a$	$\bar{M}$	$\bar{R}$	$\bar{K}$	$\bar{P}_{k_{min}}$	$\bar{\beta}$
0,7	1,03	1,03	~1,0	0,94	1,0	1,0	1,0	1,02
0,8	1,03	1,03	~1,0	0,94	1,0	1,0	1,0	1,02
0,9	1,04	1,04	~1,0	0,94	1,0	1,0	1,0	1,02
1,0	1,04	1,05	~1,0	0,94	1,0	1,0	1,0	1,02
1,1	1,04	1,04	~1,0	0,94	1,01	1,0	1,0	1,02
1,2	1,04	1,04	~1,0	0,94	1,01	1,0	1,0	1,02
1,5	1,04	1,04	~1,0	0,94	1,01	1,0	1,0	1,02
2,0	1,03	1,03	~1,0	0,94	1,02	0,99	~1,0	1,02
3,0	1,02	1,03	~1,0	0,94	1,02	0,99	1,0	1,02

Несмотря на то, что температура рабочего тела на выходе из сопла  $T_a$  на 3–4 % выше из-за меньшего количества рабочего тела, энергетические возможности газогенератора, работающего на сжиженном газе, несколько ниже энергетических возможностей газогенератора, работающего на шебелинском газе.

Характер изменения температур  $\overline{T}_k$  и  $\overline{T}_a$ , скорости истечения  $\overline{W}_a$  и количества рабочего тела  $\overline{M}$  в зависимости от  $\alpha_T$  при работе газогенератора на сжиженном газе аналогичен случаю работы газогенератора на шебелинском газе (см. рис. 2).

Температура рабочего тела газогенератора, работающего на сжиженном газе, незначительно выше температуры рабочего тела генератора, работающего на шебелинском газе.

Энергетические возможности газогенератора, работающего на сжиженном газе, несколько ниже.

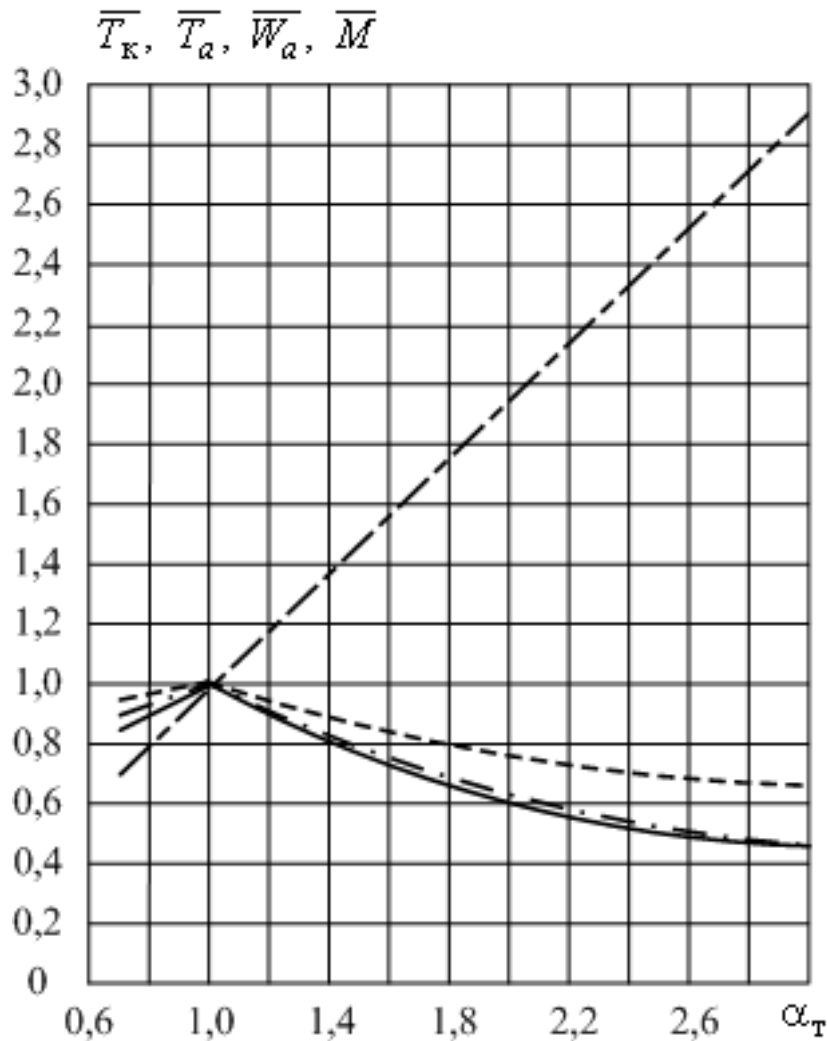


Рисунок 2 – Характер изменения  $\overline{T}_k$ ,  $\overline{T}_a$ ,  $\overline{W}_a$ ,  $\overline{M}$  в зависимости от  $\alpha_T$  при работе газогенератора на сжиженном газе:

— · —  $\overline{T}_k$  —  $\overline{T}_a$  — — —  $\overline{W}_a$  — — —  $\overline{M}$

Литература

1. Zagrebelna L.I. Reactive burner as power in the technological processes of hard rock dislocation / L.I. Zagrebelna // Annals of University of Petrosani – Romania. Mechanical Engineering. – 2002. – vol 1.

2. Загребельна Л.І. Джерело енергії для руйнування мінеральних середовищ / Л.І. Загребельна, О.В. Кобець // Інтегровані технології та енергозбереження.– 2011.– с. 10–13.

Bibliography (transliterated)

1. Zagrebelna L.I. Reactive burner as power in the technological processes of hard rock dislocation / L.I. Zagrebelna // Annals of University of Petrosani – Romania. Mechanical Engineering. – 2002. – vol 1.

2. Zagrebelna L.I. Dzherelo energiyi dlya ruynuvannya mineralnih seredovisch / L.I. Zagrebelna, O.V. Kobets // Integrovani tehnologiyi ta energozberezhennya.– 2011.– p. 10–13.

УДК 629.7.036.22

Кобець О.В., Загребельна Л.І., Мироненко О. Л.

**ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ  
ГАЗОСТРУМІННОГО ГЕНЕРАТОРА,  
ЩО ПРАЦЮЄ НА ЗРІДЖЕНОМУ ГАЗІ ТА ПОВІТРІ**

Дослідження роботи високотемпературного газострумінного генератора, працюючого на природному газі Шебелінського родовища і на скрапленому природному газі. Термодинамічний розрахунок параметрів газогенератора всередині камери згоряння на виході з надзвукового сопла. Зроблено порівняльні характеристики.

Kobets E.V., Zagrebelna L.I., Mironenko O.L.

**OF THEORETICAL STUDY THE THERMODYNAMIC PARAMETERS  
OF THE GAS-JET GENERATOR, WORKING ON LIQUEFIED GAS AND AIR**

Investigation of the work of high-temperature gas-jet generator, working on natural gas Shebelinskogo field and liquefied natural gas. Termodinamik calculation of parameeters of the gas-jet generator inside the combastion chamber and at the exit from the supersonic nozzle. Comparative characteristics.