

## К РАСЧЕТУ ПАРАМЕТРОВ СТРУИ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ОТКРЫТОГО ГАЗОГЕНЕРАТОРА, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПОДЪЕМНОЙ СИЛЫ

В.Д. Барсуков<sup>1</sup>, С.А. Басалаев<sup>1</sup>, С.В. Голдаев<sup>2</sup>

1 – НИИ прикладной математики и механики Национального исследовательского Томского государственного университета, 634050 Томск, Россия, пр. Ленина, 36

2 – Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, Томск, Россия, пр. Ленина, 30

Для подъема затонувших малогабаритных объектов предложено использовать открытый газогенератор (ОТГ) на двухосновном твердом топливе [1], представляющий шашку 3, и размещенную в ее полости спираль накаливания (СН) 4. В верхней и нижней частях кожуха выполнены отверстия.

После запуска ОТГ с помощью подачи напряжения на СН, образующиеся продукты сгорания (ПС), барботируя через слой воды, охлаждаются, и попадают в мягкую оболочку [1].

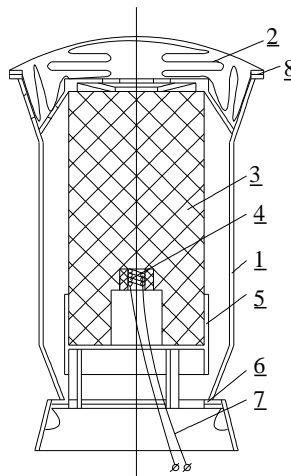


Схема малогабаритного подъемного устройства на основе открытого твердотопливного газогенератора

Процесс охлаждения ПС, используемых для наполнения оболочки, близок к взаимодействию горячих газов с водой в аппаратах погружного горения. Поэтому в приближенной методике при анализе процессов взаимодействия ПС с водой рассматриваемого ОТГ, использовались аппроксимационные зависимости для определения дальности и диаметра обратной струи, равновесной глубины погружения, полученные при разработке трубчатого и решетчатого барботеров [2].

Применительно к предполагаемым условиям эксплуатации ОТГ были проведены оценочные расчеты дальности струи в диапазоне гидростатических давлений  $p_h = 0,1 \dots 5$  МПа. Считалось, что для ПС применимо уравнение состояния идеального газа [2]. С использованием балансового соотношения, отражающего равенство секундных массовых прихода ПС в полость и их расхода, уравнения состояния идеального газа, и степенной зависимости линейной скорости горения от давления, получено следующее выражение для скорости истечения ПС

$$v = \left( k_T \rho_f R T_p u / p_1 \right) \left( p / p_1 \right)^{\nu-1}.$$

Здесь  $T_p$  – температура горения при постоянном давлении,  $k_T$  – коэффициент тепловых потерь;  $u_1, \nu$  – коэффициенты аппроксимации в законе скорости горения; масштабное давление, равное 0,1 МПа.

Результаты вычисления дальнобойности струи в зависимости от величины  $p_h$  при различных геометрических параметрах канала ОТГ приведены в таблице.

Дальнобойность струи ПС от  $p_h$ , при разных геометрических параметрах канала ОТГ

$l/d_k$	$p_h$ , МПа	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
0,2/0,02	$v_g$ , м/с	41,7	36,6	33	30,4	28,3
	$h$ , м	0,3	0,33	0,33	0,34	0,34
0,2/0,04	$v_g$ , м/с	20,9	18,3	16,5	15,2	14,1
	$h$ , м	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24
0,09/0,04	$v_g$ , м/с	9,5	8,3	7,5	6,9	6,4
	$h$ , м	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11

Анализ расчетных данных показал, что с уменьшением отношения площадей поверхности горения к выходному сечению  $S_f/S \propto l/d$  дальнобойность струи снижается. Например, при  $l/d = 2,25$ , что соответствует геометрическим размерам натурального ОТГ [1], значение  $h \approx 0,11$  м и медленно уменьшается с увеличением  $p_h$ .

Интенсивность охлаждения ПС при их барботаже через слой воды, зависит от температуры и расхода барботируемого газа, конструкция узла подачи газов, определяющая уровень межфазной поверхности и др.

При проектировании АПГ используются интегральные характеристики процесса охлаждения ПС [2], в частности, равновесная глубина погружения барботера  $h_0$ . Знание этого параметра в интересующей нас конструкции ОТГ позволяет оценить температуры газовой смеси, которая будет поступать в эластичную оболочку.

Для трубчатого барботера в работе [2] рекомендовано следующее критериальное уравнение:

$$h_0 / d = 34 \text{Re}_d^{-0,3},$$

которое применимо при  $10^3 < \text{Re}_d < 10^5$ .

О порядке величины  $h_0$  можно судить по опытным данным, приведенным в [2]. Так, ПС, имеющие на выходе из трубчатого барботера температуру около 600 К и размещенного на глубине 0,05 м, охлаждаются до 420 К. Увеличение глубины погружения до 0,15 м приводит к снижению температуры газов до 370 К.

Расчет равновесной глубины погружения  $h_0$  по интерполяционной зависимости для предполагаемого эксплуатационного диапазона применения ОТГ показал, что она находится в пределах 0,06...0,1 м.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Barsukov V.D., Goldaev S.V.** Scuba ignition and combustion of solid fuels. Theory, experiment, technical proposals. Tomsk, Tomsk St. Univ. Publ., 2003. 343 p. (in Russian).
2. **Alabovsky A. N.** Devices submerged combustion. Kiev, 1980. – 136 p.