

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИСТЕЧЕНИЯ ГАЗА ЧЕРЕЗ ГОРЕЛКИ ТИПА АГГ

А.С. Печников, Л.Г. Григорян

Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: PetchnikovAS@mail.ru

Для газовых горелок типа АГГ, широко применяемых в трубчатых печах нефтегазопереработки, на основании опытных данных исследования процесса истечения газа через сопло определены коэффициенты расхода газа для горелок типа АГГ-2, АГГ-3 и АГГ-4, позволяющие расчетным путем определять динамические параметры указанных горелок на стадии проектирования систем сжигания топлива.

Ключевые слова: горелка типа АГГ, истечение газа через сопло, коэффициент расхода газа.

В настоящее время в печах с излучающими стенами топки широко применяются горелочные устройства типа АГГ [1]. При проектировании систем сжигания топлива необходима информация об основных характеристиках применяемых горелок. Одной из основных характеристик, определяющей конструктивное совершенство и качество изготовления проточной части горелочных устройств, является коэффициент расхода газа. Определяется он отношением действительного расхода газа, прошедшего через горелку, к теоретическому расходу газа, рассчитанному по формуле адиабатного истечения газа через отверстие:

$$\mu = \frac{M_1}{M_T} \quad (1)$$

Методика определения этого коэффициента достаточно подробно изложена в работе [2]; в нашем случае, следуя ее рекомендациям, определяем теоретический массовый расход газа в условиях опыта по формуле Сен-Венана и Вентцеля [3]:

$$M_T = 3600 \cdot F_0 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{k}{k-1} \cdot P_1 \cdot \rho_T \cdot \left[(\beta)^{\frac{2}{k}} - (\beta)^{\frac{k+1}{k}} \right]}, \text{ кг/ч}, \quad (2)$$

где F_0 – суммарная площадь газовыпускных отверстий горелки, м²;

$k = k_i \cdot r_i$ – показатель адиабаты топливного газа;

k_i – показатель адиабаты компонента топливного газа;

$\beta = \frac{P_2}{P_1}$ – отношение абсолютных давлений в топке и перед газовыпускными отверстиями горелки.

Полное абсолютное давление в топке:

Александр Сергеевич Печников, старший преподаватель кафедры «Машины и аппараты химических производств».

Леон Гайкович Григорян (д.т.н., проф.), профессор кафедры «Машины и аппараты химических производств».

$$P_2 = P_H - P_T, \text{ кПа}, \quad (3)$$

где P_H – барометрическое давление среды, кПа;

P_T – разрежение в топке, кПа.

Полное абсолютное давление газа перед газовыпускными отверстиями

$$P_1 = P_{1CT} + P_{1DIN} + P_H, \text{ кПа} \quad (4)$$

где P_{1CT} – измеренное давление газа перед газовыпускными отверстиями, кПа;

P_{1DIN} – динамическое давление газа перед газовыпускными отверстиями, которое находим по формуле

$$P_{1DIN} = \frac{(V_1^P)^2 \cdot \rho_T}{2 \cdot f_K^2 \cdot 3600^2 \cdot 1000}, \text{ кПа}. \quad (5)$$

Здесь V_1^P – расход газа, приведенный к рабочим условиям:

$$V_1^P = V_T \cdot \frac{\rho_T^0}{\rho_T}, \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (6)$$

V_T – действительный объемный расход газа, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Действительный расход газа при испытаниях подсчитывался по показаниям прибора V_{OP} с учетом поправочных коэффициентов на температуру k_t , давление k_p и плотность газа k_ρ [4]:

$$V_T = V_{OP} \cdot k_t \cdot k_p \cdot k_\rho = V_{OP} \cdot \sqrt{\frac{273,15 + t_T}{273,15 + t_p}} \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_T + P_H}{P_p + P_{H,p}}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_p}{\rho_T^0}}, \quad (7)$$

где t_p, t_T – расчетная и действительная температура газа, °С;

$P_p, \Delta P_T$ – расчетное и действительное давление газа, кПа;

ρ_p, ρ_T^0 – плотность газа при расчете диафрагмы и при проведении опыта, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$P_{H,p}, P_H$ – расчётное и действительное барометрическое давление, кПа;

$f_K = \frac{\pi \cdot d_K^2}{4}$ – площадь поперечного сечения канала в месте измерения статического давления газа, м^2 .

Плотность газа в условиях опыта определяется с учетом рабочей температуры и давления газа:

$$\rho_T = \rho_T^0 \cdot \frac{273,15 \cdot (P_{1CT} + P_H)}{T_1 \cdot 101,325}, \text{ кг}/\text{м}^3. \quad (8)$$

Действительный массовый расход газа ($\text{кг}/\text{ч}$) определялся по формуле

$$M_1 = V_T \cdot \rho_T^0. \quad (9)$$

С учетом размеров и других характеристик стенда (рис. 1) для огневых испытаний были изготовлены по две горелки, соответствующих типоразмерам АГГ-2, АГГ-3 и АГГ-4.

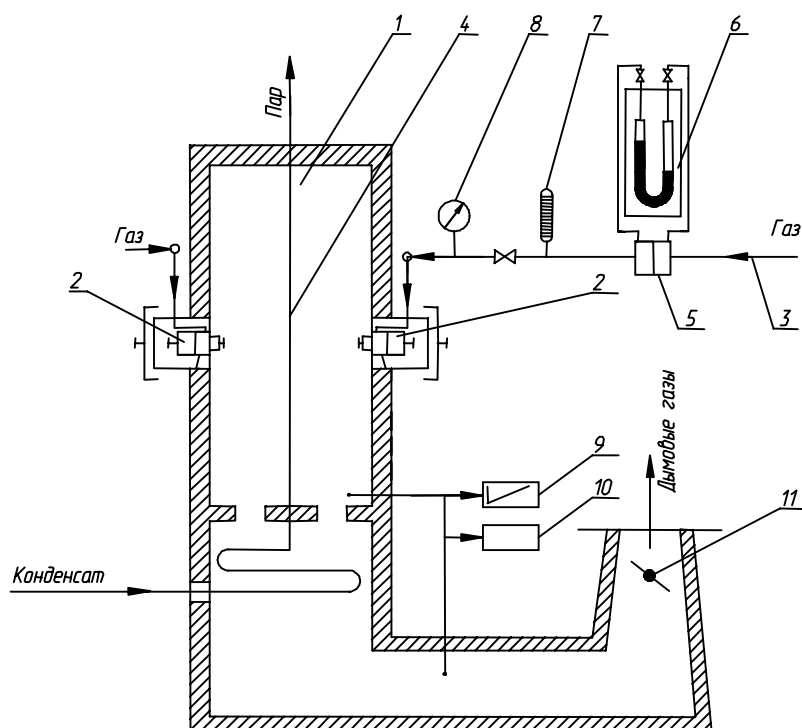


Рис. 1. Схема огневого стенда для исследования газовых горелок типа АГГ:

- 1 – топочная камера; 2 – горелка типа АГГ; 3 – газопровод; 4 – змеевик;
5 – камерная диафрагма; 6 – дифманометр; 7 – термометр; 8 – манометр;
9 – тягомер; 10 – газоанализатор, 11 – шибер

Огневой стенд имеет топочную камеру 1, на излучающих стенах которой устанавливались испытываемые горелки 2 (по одной с каждой стороны), в них подавался топливный газ по газопроводу 3 из топливной сети завода. Стенд оборудован змеевиковой системой съема теплоты сжигаемого топливного газа 4, приборами для измерения расхода топливного газа 5 и 6, его температуры 7 и давления 8, разрежения в объеме топки и дымоходе 9, системой для определения состава топливного газа и продуктов его сгорания на выходе из топки 10. Регулирование теплового режима топочной камеры осуществлялось при помощи шиберы 11.

Коэффициент расхода горелок определялся для нескольких установившихся режимов расхода газа через горелку (в условиях опыта режимов было 15).

Условия при проведении опытов по определению коэффициента расхода горелок типа АГГ представлены в табл. 1.

Из результатов проведенных опытов по определению коэффициента расхода горелок типа АГГ выявлена зависимость μ от перепада давления газа на горелке $\frac{1}{\beta} = \frac{P_1}{P_2}$ (рис. 2).

Зависимости коэффициентов расхода газа горелок типа АГГ от перепада давления на горелке аппроксимированы логарифмической функцией

$$\mu = A + B \cdot \ln \frac{1}{\beta}, \quad (10)$$

Таблица 1

Показатели в условиях проведения опытов

Показатель	Единица измерения	Величина показателя		
		АГГ-2	АГГ-3	АГГ-4
Состав топливного газа:	% , об.			
H ₂		32,01	39,74	34,29
CH ₄		59,43	55,48	60,39
C ₂ H ₆		0,16	0,28	0,16
C ₂ H ₄		3,12	1,62	2,39
C ₃ H ₈		0,24	0,13	0,11
C ₄ H ₁₀		1,00	0,77	0,88
C ₄ H ₈		1,48	0,40	0,44
C ₄ H ₆		1,21	0,45	0,43
C ₃ H ₆		1,35	1,13	0,91
Температура топливного газа	°К	278	279	278
Барометрическое давление	кПа	99,442	98,109	98,909
Разрежение в камере	кПа	0,01	0,01	0,01
Суммарная площадь газовыпускных отверстий	м ²	96·10 ⁻⁶	32·10 ⁻⁶	12·10 ⁻⁶
Плотность топливного газа	кг/м ³	0,618	0,525	0,561
Общая поправка на рабочие условия	—	0,952	1,049	1,008
Теплота сгорания топливного газа	кДж/м ³	32482	28519	29978
Показатель адиабаты топливной смеси	—	1,333	1,345	1,340

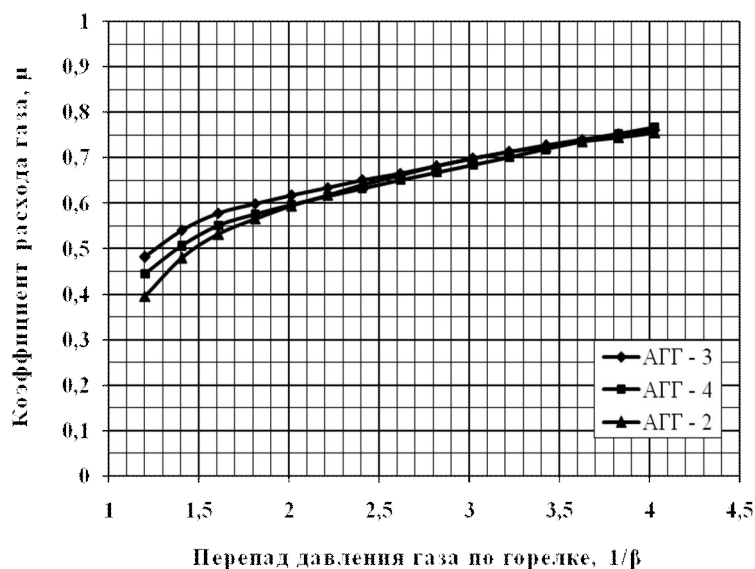


Рис. 2. Определение коэффициента расхода газа горелок типа АГГ в зависимости от перепада давления по горелке

где постоянные функции А и В определены для каждого типоразмера горелки (табл. 2).

Таблица 2

Постоянные расчетного уравнения при определении коэффициента расхода газа горелок типа АГГ

Типоразмер горелки АГГ	А	В	Достоверность аппроксимации
АГГ-2	0,386	0,276	0,979
АГГ-3	0,458	0,219	0,987
АГГ-4	0,419	0,247	0,991

Выявленные зависимости коэффициента расхода газа от перепада давления перед горелкой позволяют определить расход газа через горелку на стадии проектирования системы сжигания топлива трубчатых печей с использованием горелочных устройств типа АГГ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шарихин В.В. Газовые горелки типа АГГ для систем сжигания топлива в трубчатых печах / В.В. Шарихин, Т.Н. Мухина, А.С. Печников, В.В. Степанчук // Нефтепереработка и нефтехимия. – 1998. – № 1. – С. 32-35.
2. Эстеркин Р.И. Методы теплотехнических измерений и испытаний при сжигании газа: Справ. руководство / Р.И. Эстеркин, А.С. Иссерлин, М.И. Певзнер. – Л.: Недра, 1972. – 376 с.
3. Механика жидкости и газа / В.С. Швыдкий [и др.]; под ред. В.С. Швыдкого. Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 464 с.
4. Справочник эксплуатационника газовых котельных / Под ред. Е.Б. Столпнера. – Л.: Недра, 1976. – 528 с.

Статья поступила в редакцию 31 октября 2013 г.

RESEARCH OF GAS RUNNING THROUGH BURNER TYPE AGG

A.S. Petchnikov, L.G. Grigoryan

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100.

Coefficients of gas rate for burners type AGG-2, AGG-3 and AGG-4 are determined by experimental data. It allows to calculate dynamic parameters for these burners during designing of fuel burning systems.

Keywords: burner type AGG, gas running through nozzle, gas rate coefficient.