

УДК 66.041.6:662.951.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ГОРЕЛКИ ТИПА АГГ

*А.С. Печников, Л.Г. Григорян*

Самарский государственный технический университет  
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

E-mail: PetchnikovAS@mail.ru

*При организации настильного сжигания топлива в топках трубчатых печей большое значение имеет равномерность разогрева излучающей поверхности. Эта задача возложена на горелочные устройства, которые, в свою очередь, должны обеспечивать высокую степень равномерности истечения газовой смеси из выходной амбразуры. Для газовых горелок типа АГГ, широко применяемых в трубчатых печах нефтегазопереработки, на основании исследования аэродинамики проточной части сопла определены оптимальные конструктивные размеры амбразуры горелок типа АГГ-2 и АГГ-3, позволяющие достичь высокой степени равномерности выходного вихревого потока газовой смеси. Результаты исследований распространены на всю серию горелок типа АГГ, изготавливаемых серийно.*

**Ключевые слова:** горелка типа АГГ, испытания, аэродинамика проточной части сопла, равномерность истечения из сопла.

В трубчатых печах с излучающими стенами топки для процессов нефтегазопереработки широко применяются вихревые веерные горелки типа АГГ [1]. Для создания равномерного температурного поля кладки печей за счет веерных настильных факелов горелок типа АГГ необходимо в первую очередь обеспечить высокую степень равномерности выходных потоков топливо-воздушной смеси из сопла горелок.

Неравномерность выходного газовой смеси потока из сопла горелки связана с закруткой его в нескольких каналах завихрителя и геометрией проточной части от выходных каналов завихрителя до среза сопла. С целью определения оптимальных конструктивных размеров проточной части горелок типа АГГ, позволяющих достичь необходимой степени равномерности выходного вихревого потока газовой смеси, проведены аэродинамические испытания натуральных образцов горелок типа АГГ-2 и АГГ-3 на стенде.

Течение закрученного потока в цилиндрическом канале характеризуется двумя участками. На первом участке (в непосредственной близости от завихрителя) структура потока определяется конструкцией закручивающего устройства и его геометрическими характеристиками. Нами использовался завихритель (с каналами, выполненными по профилю двухзаходной полуспиральи Архимеда), позволяющий максимально сократить длину этого участка. Характерная особенность второго (основного) участка состоит в том, что структура потока на этом участке уже не зависит от вида завихрителя и определяется только интенсивно-

---

*Александр Сергеевич Печников (к.т.н.), старший преподаватель кафедры «Машины и аппараты химических производств».*

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

стью закрутки, которая уменьшается по мере удаления рассматриваемого сечения от завихрителя.

Качественное представление о структуре потока в проточной части модели горелки АГГ объясняется рис. 1.

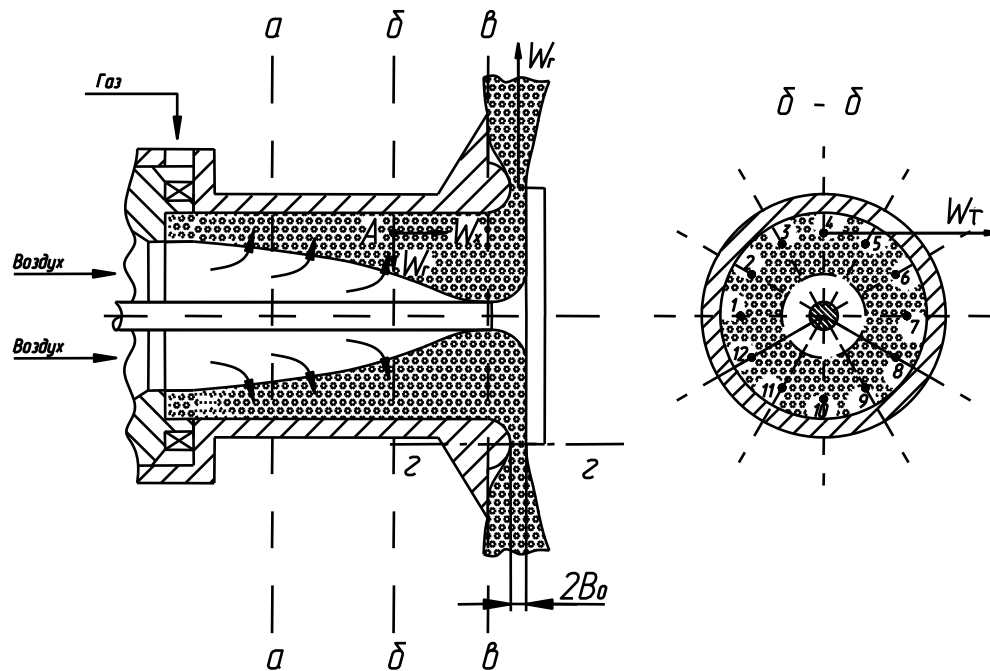


Рис. 1. Схема измерения скоростного напора в проточной части горелки АГГ:

*a-a, б-б, в-в, г-г* – исследуемые сечения проточной части модели горелки;  
 1÷12 – точки замера тангенциальной и радиальной составляющих скорости потока в указанных сечениях

Для создания большого фронта распространения потока за горелкой необходимо сохранить высокую крутку потока и высокие выходные скорости газозвушной смеси, поэтому длину этого участка также необходимо сократить до минимума. При этом основным условием эффективной работы горелки является равномерность поля скоростей газозвушной смеси по периметру камеры смешения у среза сопла.

Для исследования аэродинамики проточной части горелок типа АГГ был разработан и смонтирован аэродинамический стенд, схема которого представлена на рис. 2.

Исследуемая модель 1 горелки АГГ жестко устанавливалась на специальном столике 2. Рабочим телом при испытаниях являлся атмосферный воздух, подаваемый в горелку под давлением за счет компримирования его в компрессорной установке 3. Расход подаваемого на горелку воздуха регулировался вентилем 4 на байпасной линии и замерялся с помощью камерной диафрагмы 5 и дифманометра 6. Давление воздуха в газопроводе до диафрагмы и непосредственно перед горелкой измерялось манометрами 7, а его температура – ртутным термометром 8.

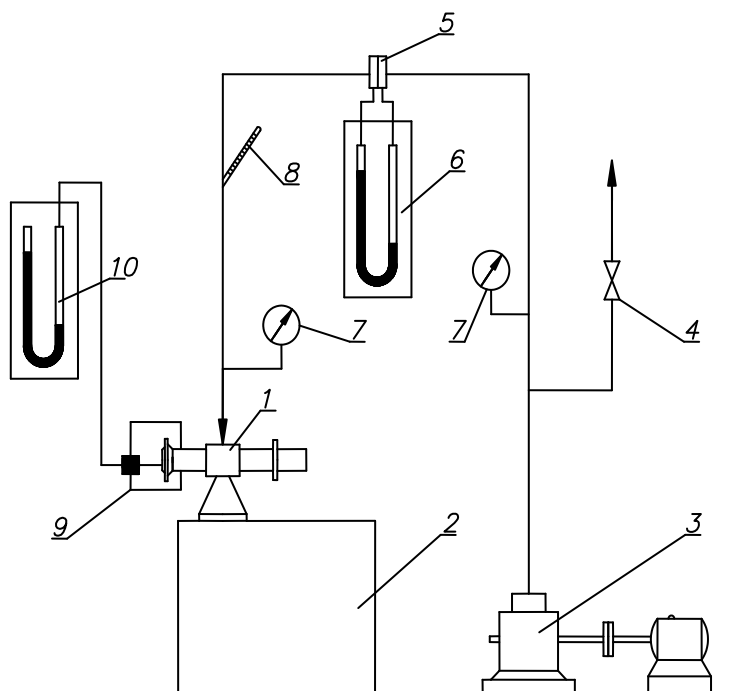


Рис. 2. Схема стенда для исследования проточной части горелки:  
 1 – исследуемая модель горелки; 2 – столик; 3 – компрессорная установка; 4 – регулировочный вентиль; 5 – камерная диафрагма; 6 – дифманометр; 7 – манометр; 8 – термометр; 9 – координатник с датчиком; 10 – U-образный манометр

Расход воздуха от компрессора определялся измерением перепада давления, показываемого дифманометром, и далее по зависимости

$$V = K \cdot \sqrt{\Delta P}, \text{ нм}^3/\text{ч}, \quad (1)$$

где  $K$  – постоянный для данной диафрагмы коэффициент, взятый из расчета диафрагмы;

$\Delta P$  – перепад давления по дифманометру, кгс/м<sup>2</sup>.

При определении размеров измерительной диафрагмы принимались определенные расчетные значения температуры, избыточного давления и плотности компримируемого воздуха, поэтому его расход соответствует измеренному по шкале дифманометра значению только при соблюдении расчетных параметров воздуха. При проведении испытаний измерениями параметров среды выявлялось отклонение указанных величин от расчетных и к показаниям дифманометра дополнительно вводились поправки [2].

Поскольку осевая составляющая скорости  $W_x$  у среза сопла мала, оценка неравномерности проводилась по тангенциальной составляющей скорости потока  $W_r$ , вырождающейся в радиальную  $W_r$  у среза сопла за счет полуторовой выходной амбразуры.

В качестве параметра неравномерности принималось соотношение

$$\varepsilon = \frac{W_{\max} - W_{\min}}{\frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m W_j} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где  $W_{\max}, W_{\min}$  – экстремальные значения тангенциальной составляющей скорости газовоздушного потока  $W_j$ , определяемой по периметру камеры смешения модели горелки и на срезе сопла;

$j$  – номер направления измерения в данном сечении;

$m$  – количество направлений.

Для измерения скоростей воздушного потока в проточной части горелки применялся пневмометрический метод. Для определения направления скоростного напора и его значения в соответствующих точках воздушного потока использовалась трубка Пито и цилиндрический зонд, изготовленный в виде трубки диаметром 1 мм, заглушенной с торца, с боковым отверстием, равным  $0,3d_{TP}$  и расположенном на расстоянии  $3d_{TP}$  от торца. Положение пневмометрической трубки и зонда в соответствующих точках воздушного потока устанавливалось при помощи координатника 9, обеспечивающего перемещение трубки и зонда в вертикальной и горизонтальной плоскостях, а также круговое вращение относительно оси модели горелки.

Тангенциальная составляющая скорости воздушного потока внутри и на выходе из камеры смешения (на срезе сопла) определялась по перепаду давления, измеренного при помощи цилиндрического зонда и  $U$ -образного манометра по формуле

$$W_{\tau} = 4,43 \cdot K_1 \cdot \sqrt{\Delta h_i}, \text{ м/с}, \quad (3)$$

где  $K_1 = 0,71$  – тарировочный коэффициент зонда;

$\Delta h_i$  – показания  $U$ -образного манометра при измерениях, кгс/м<sup>2</sup>.

Измерения величины напора, вызванного тангенциальной составляющей скорости газового потока, проводились в двенадцати точках по периметру камеры смешения ( $m = 12$ ), в трех сечениях по ее длине и на срезе сопла горелки (на расстоянии от внутренней поверхности камеры смешения, соответствующем максимальному значению скоростного напора). Исследуемые сечения выбирались на расстоянии от выходной части завихрителя, соответствующем 0,7; 1,2 и 1,55 диаметров камеры смешения, и на срезе сопла горелки (см. рис. 1).

Результаты исследований аэродинамики проточной части горелок типа АГГ-3 и АГГ-2 (при расходе компримируемого воздуха, близком к номинальному) представлены на рис. 3, где графически показано угловое распределение относительной тангенциальной составляющей скорости воздушного потока по сечениям проточной части и на выходе из сопла (на срезе) исследованных типов-размеров горелок.

По характеру представленной картины видно, что распределение тангенциальной составляющей скорости газового потока по периметру камеры смешения в каждом из сечений имеет по два явно выраженных максимума, соответствующих числу выходных каналов завихрителя, которые по мере удаления от завихрителя сглаживаются.

На расстоянии более 1,55 диаметра камеры смешения параметр неравномерности близок к 10 % (при нагрузках, близких к номинальным). Полученные результаты соответствуют теоретическим представлениям о диссипации энергии при смешении закрученного и осевого потоков газа в цилиндрическом канале. Дальнейшее снижение неравномерности может быть достигнуто путем увеличения числа выходных каналов завихрителя и (или) увеличения длины камеры

смешения, однако в первом случае усложняется конструкция горелки из-за дополнительной нарезки каналов, при этом уменьшаются также размеры газовых каналов, а во втором – снижается момент количества движения (закрутка) потока и, как следствие, сужается диапазон устойчивой работы горелки. Диаметр камеры смешения и ее длина определены из условий сохранения средних значений момента количества движения и скоростных характеристик у среза сопла в рабочем диапазоне производительности горелки по топливу. Таким образом, установлено соотношение длины камеры смешения и ее диаметра, принятое для конструктивного исполнения изготавливаемых горелок:

$$l_{KC} = (1,55 \div 1,8) \cdot d_{KC}, \text{ м}, \quad (4)$$

где  $d_{KC}$  – диаметр камеры смешения, м.

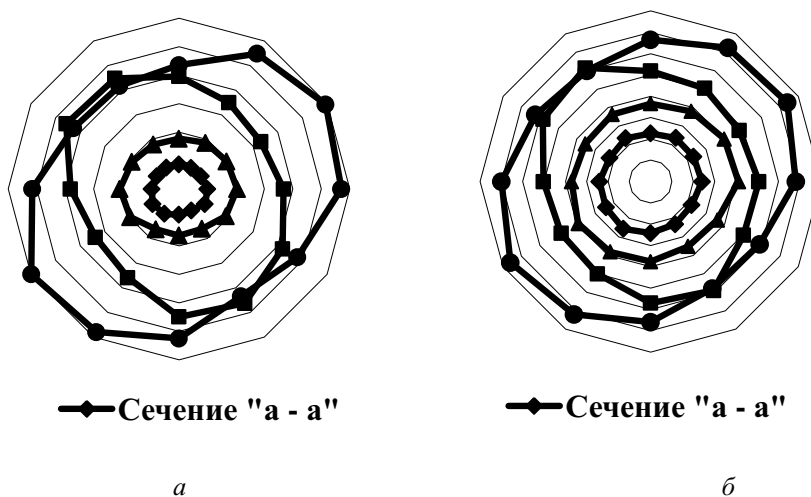


Рис. 3. Угловое распределение тангенциальной составляющей скорости потока в проточной части горелки типа АГГ-3 при производительности 56 м<sup>3</sup>/ч (а) и горелки типа АГГ-2 при производительности 122 м<sup>3</sup>/ч (б)

Получив разомкнутый газовый поток на срезе сопла горелки с минимальной неравномерностью по периметру сопла, следует ожидать минимальный градиент температур излучающей стенки печи по концентрическим окружностям вокруг горелок, что было выявлено и доказано последующими огневыми испытаниями горелок 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. Справочник эксплуатационника газовых котельных / Под ред. Е.Б. Столнера. – Л.: Недра, 1976. – 528 с.

Статья поступила в редакцию 30 июня 2014 г.

## **AERODYNAMIC RESEARCH OF AGG-TYPE BURNER FLOWING PART**

***A.S. Petchnikov, L.G. Grigoryan***

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

*Radiant surface heating regularity has the high profile at gas incineration in furnaces. This problem is solving by burners which must guarantee high regularity of air-gas outlet stream. AGG-type gas burners are much used in furnaces for oil refining. On the basis of aerodynamic research optimal constructive dimensions are determined. They allows to amount to high regularity of outlet vortical air-gas stream. Results of research are extended for all series-produced AGG-type burners.*

***Keywords:*** burner type AGG test, aerodynamics of nozzle flowing part, regularity of nozzle stream.