

МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ПОТОКА В ЦИКЛОННОЙ КАМЕРЕ С ДВУСТОРОННИМ ПОДВОДОМ СРЕДЫ

Наведено результати чисельного розрахунку аеродинаміки потоку в циклонній камері із двостороннім підведенням середовища за допомогою програмного забезпечення "FlowVision". Отримано розподілення структури потоку та зроблено порівняння з результатами інших досліджень для цього типу камер.

Happen to the results of the numerical calculation vortical Aerodynamics of a stream in the cyclonic chamber with a bilateral supply of environment as software was used program "FlowVision". Distribution of structure of a stream is received and comparison with results of other researches for this type of chambers is made

Введение

Циклонные камеры используются, как правило, для сжигания топлива и обработки материалов, которые трудно сжечь или трудно обработать с высоким КПД обычными способами; среди них овощные отбросы, угли с высоким содержанием золы, антрацит, нефти с высоким содержанием серы, низкокалорийные колошниковые газы, некоторые минеральные руды.

В промышленности используются циклонные камеры сгорания и технологические системы многих типов, но в данной работе была исследована структура потока в камере, общая схема которой представлена на рисунке 1.

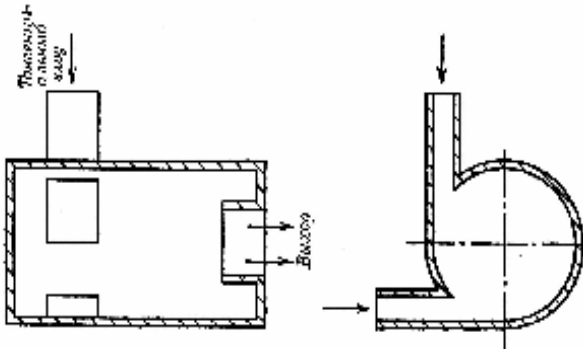


Рисунок 1 — Циклонная камера сгорания.

Аэродинамика потока в циклоне этого типа обсуждается в работах [1–3]. Общая аэродинамика течения в таких циклонах показана на рисунке 2.

Согласно описанию [1], различают пять характерных кольцевых областей (рисунок 2). Имеются два направленных вниз основных потока, которые коаксиально вращаются и несут основную массу газа: пристеночный поток (1) и приосевой поток (3). В этих потоках совмещаются максимумы величин осевой и тангенциальной скоростей. Потоки 1 и 3 разделены периферийной промежуточной областью 2, занятой поднимающимися турбулентными вихрями, которые отделяются от потоков 1 и 3 и образуют в результате обратный поток 2.

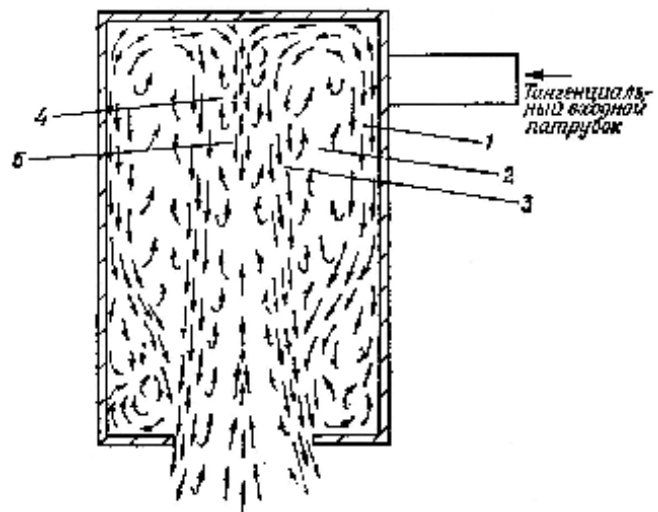


Рисунок 2 — Структура течения в циклонной камере.

Картина структуры течения выглядит осесимметричной. Однако при двух тангенциально расположенных входных окнах получить осесимметричный поток практически невозможно. Поэтому целью настоящей работы была попытка выяснить путем численного моделирования истинный характер течения в камерах указанного типа.

Постановка задачи. Результаты исследований

В качестве программного продукта для расчетов был выбран пакет "FlowVision" с последующей обработкой результатов в Excel.

Средствами "Solid Works" были созданы четыре модели циклонной камеры с двухсторонним тангенциальным подводом воздуха с размерами:

- 1) диаметр камеры $d=280$ мм;
- 2) протяженность камер L : одна камера — $1,5 d$ (430 мм) и три камеры длиной $3 d$ (840 мм);
- 3) линейный размер подводящего канала составлял на двух камерах по 25 мм, на остальных двух — по 50 мм.

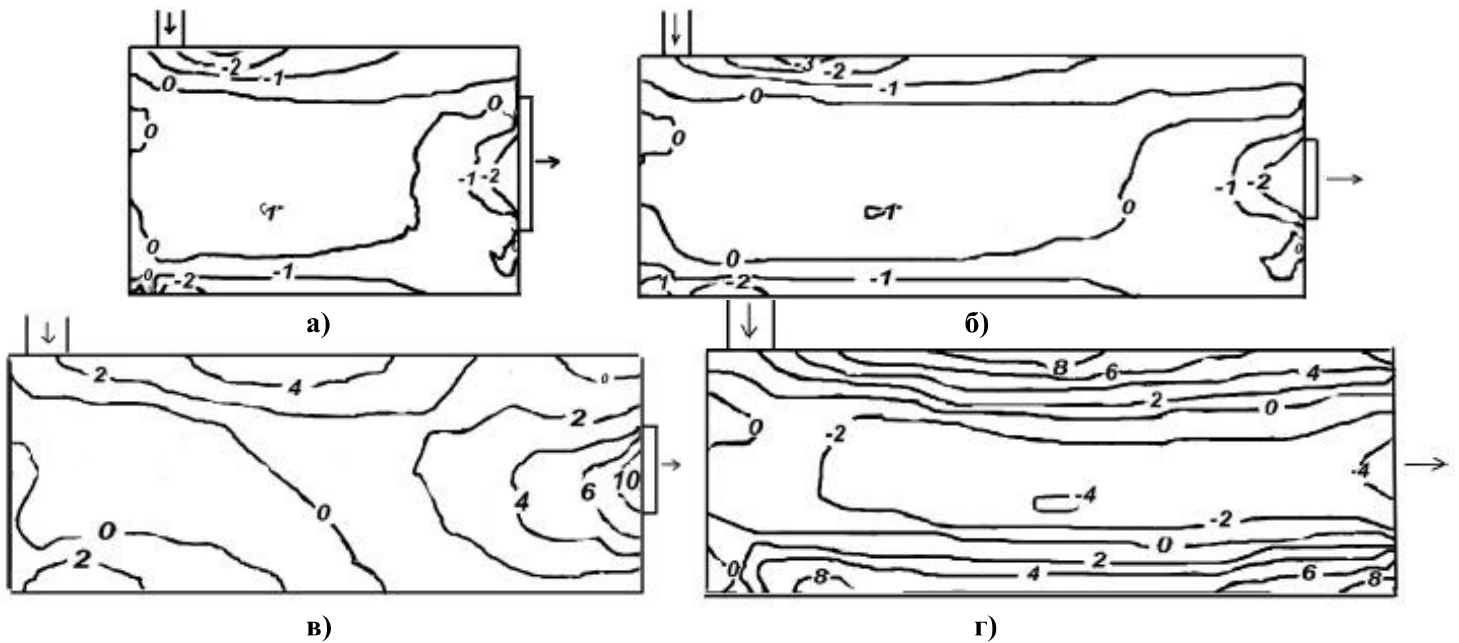


Рисунок 3 — Изолинии равных осевых скоростей (м/с) потока циклонных камер с параметрами: а) $L/d=1,5$, $d_{\text{вых}}/d = 0,5$; б) $L/d=3$, $d_{\text{вых}}/d = 0,35$; в) $L/d=3$, $d_{\text{вых}}/d = 0,35$; г) $L/d=3$, $d_{\text{вых}}/d = 1$.

Диаметр выхода $d_{\text{вых}}$ камеры является одним из важных параметров, а рекомендуемые его значения находятся в диапазоне от 0,4 до 0,7 диаметра самой камеры. В данной работе были исследованы камеры с выходом, диаметр которого составлял от диаметра самой камеры: 0,5 (140 мм) (рисунок 3, а); 0,35 (98 мм) (рисунок 3, б, в); 1,0 (280 мм) (рисунок 3, г).

В постановке задачи использовались следующие граничные условия:

1. Стенка с логарифмическим законом изменения скорости.
2. На входе задавалась нормальная скорость потока.
3. Выход свободный с нулевым давлением на границе.

Скорость воздуха на входе каждого из двух тангенциально расположенных окон принята 30 м/с. Граничное условие сечения проточной части камеры задавалось как “свободный выход”. При численном моделировании была использована модель несжимаемой жидкости со стандартной $k-\epsilon$ моделью турбулентности. Расчетная сетка формировалась с адаптацией ячеек вблизи стенок.

На рисунке 3 показаны линии равных осевых скоростей для четырех модификаций циклонной камеры, полученные в результате численного расчета аэродинамики течения. Значения указаны в м/с. Положительные значения отвечают течению в сторону выхода, а отрицательные значения осевой скорости соответствуют обратному течению.

Было определено влияние различных параметров, таких как отношения L/d , $d_{\text{вых}}/d$.

В пристеночной области камер с сужением выхода величина осевой скорости имеет обратный знак. Профили осевой скорости имеют форму седла, которая меняется по длине x циклона (рисунок 4).

Центральная область потока довольно широка (от 0,3 до 0,5 диаметра камеры). Условно можно выделить два слабозакрученных осевых потока, которые движутся навстречу друг другу. Эти центральные потоки приобретают подкрутку, когда они проходят мимо области потока, вызванного входящими струями в периферийной левой части камеры.

Некоторая часть воздуха в пограничном слое у левой стенки переносится к оси циклона, образуя поток, который быстро размывается и исчезает на длине порядка одного калибра камеры.

Как видно, зоны рециркуляции, показанные в правой части циклона вблизи выхода, особенно хорошо развиты в длинных камерах (отношение L/d более 1,5) и при небольшом диаметре выходного канала (отношение $d_{\text{вых}}/d=0,35$).

Площадь тангенциального входа заметно влияет на профили осевой скорости в циклонной камере. При увеличении площади седлообразные профили скорости сглаживаются из-за уменьшения осевой скорости в центральной области; при этом обратный и прямой потоки в пристеночных областях исчезают, а вместо них появляется сильный прямой поток.

Для создания циклонных камер, обладающих высокой эффективностью, важно иметь возможность путем простых воздействий на аэродинамику течения, получить сильные изменения структуры потока и зон перемешивания.

Структуру течения в циклоне можно сильно изменить путем изменения угла наклона входных тангенциальных струй. Это может изменить направление потока в приосевой области и сместить зону циркуляции по направлению выхода. Это также позволит интенсифицировать рециркуляционные зоны, образующиеся в углах вблизи выхода.

Еще одним способом регулирования структуры потока видится изменение положения тангенциальных патрубков относительно правой (глухой) части камеры. Это приведет к изменению соотношения расходов в прямом и обратном течении.

Выводы

Структура потока при расположении тангенциального входа в виде двух окон, как показано на рисунке 1, приводит к появлению неоднородностей потока как и в случае использования одиночных блоков тангенциальных входных патрубков. Отсюда очевидно, что необходимо использовать, по меньшей мере, два, но симметрично расположенных, тангенциальных входных патрубка, так как в противном случае поток приобретает чрезвычайно неоднородную структуру, особенно когда L/d больше 1,5 и при этом $d_{\text{вых}}/d$ менее 0,5.

Литература

1. Балувев, Е.Д. Влияние конструктивных параметров на аэродинамику циклонных камер / Е.Д. Балувев, Ю.В. Троянкин // Теплоэнергетика. — 1967. — №2. — С. 67—71.
2. Балувев, Е.Д. Аэродинамическое сопротивление и совершенство циклонной камеры / Е.Д. Балувев, Ю.В. Троянкин // Теплоэнергетика. — 1969. — №6. — С. 29—32.
3. Балувев, Е.Д. Исследование аэродинамической структуры газового потока в циклонной камере / Е.Д. Балувев, Ю.В. Троянкин // Теплоэнергетика. — 1967. — №1. — С. 63—65.

Надійшла 20.09.2012 року