

# ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ РЕШЕТКИ КИПЯЩЕГО СЛОЯ С КОЛПАЧКАМИ ДИФFUЗОРНОГО ТИПА

С.М. Кисляк, А.А. Беребердин

*Изложены результаты исследований характеристик воздухо-разделительных решеток с колпачками диффузорного типа. Сделан вывод о том, что сочетание плавного входа потока в канале колпачка с диффузорным эффектом позволяет понизить сопротивление колпачка. Для устранения сильного износа колпачков с отверстиями при их коридорном расположении необходимо использовать колпачки с большим углом раскрытия.*

В топках кипящего слоя наибольшее распространение имеют колпачковые решетки [1]. Они несколько сложнее перфорированных, но исключают провал частиц. Кроме того, неподвижный слой частиц, лежащий на плите ниже уровня отверстий колпачков, защищает плиту от перегрева при останове котла в горячий резерв. В этом режиме только верхняя часть колпачков касается лежащего раскаленного слоя, а решетка в целом не подвергается тепловому воздействию.

Применение в топках преимущественно колпачковых решеток связано еще и с тем, что непосредственно в сечении ввода воздуха его объемный расход, а соответственно и скорость в 3-4 раза ниже, чем расход газов в объеме слоя. Главными характеристиками колпачковых решеток являются расположение и конструкция колпачков. Обычно колпачки имеют симметричное расположение выходных отверстий. Геометрия отверстий, их ориентация и расположение колпачков взаимосвязаны условием недопустимости прямого контакта истекающих струй с соседними колпачками, так как это приводит к быстрому их изнашиванию.

В данной работе были проведены измерения аэродинамических характеристик колпачка с двумя прямоугольными отверстиями с углом раскрытия в горизонтальной плоскости  $60^\circ$  (рис. 1).

При этом большое внимание уделялось возможности полезного использования кинетической энергии истекающих струй. В основе этого, на наш взгляд нового подхода, лежит предположение, что главную роль при создании однородного по площади слоя псевдооживления играет не просто условие поддержания требуемого сопротивления воздухо-распределителя за счет соответствующих потерь 10-15 % энергии потока воздуха [2]. Полагается, что эквивалентным может быть условие создания соответствующего перепада только статического давления внутри отверстий колпачка.

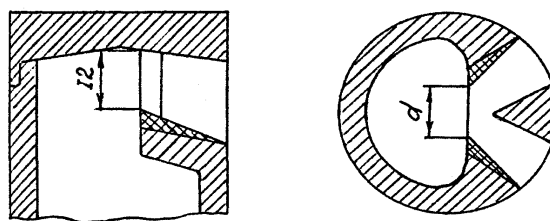


Рис. 1. Вертикальный и поперечный профили колпачка с двумя отверстиями

Требуемый перепад статического давления достигается в суживающейся части отверстий за счет ускорения потока. Затем дополнив сужающуюся часть отверстий расширяющейся, т.е. диффузором, можно, плавно затормаживая поток без особых потерь, полезно использовать кинетическую энергию струй. При торможении струй за счет расширения отверстий кинетическая энергия потока переходит в статическое давление, которое расходуется на преодоление давления кипящего слоя. Соответствующая добавка статического давления при использовании диффузорного эффекта эквивалентна уменьшению аэродинамического сопротивления колпачка.

По нашим опытам увеличение диффузорного расширения отверстий в вертикальной плоскости за счет большего наклона нижней стенки каналов привело к увеличению коэффициента сопротивления колпачка ( $\xi = 3,7$ ). В то же время увеличение диффузорного расширения каналов в горизонтальной плоскости при отношении выходного и входного сечений отверстий колпачка  $F_1/F_0=2,3-2,5$  уменьшило коэффициент сопротивления колпачка до 2,5 (табл. 1).

Это указывает на существенное влияние диффузорного эффекта именно в этой плоскости и позволяет использовать его для снижения сопротивления колпачка. Скругление кромок во входных сечениях каналов колпачка дополнительно уменьшает коэффициент сопротивления в 1,14 раза. Положительный

эффект за счет более плавного входа потока в каналы колпачка можно увеличить добавлением горизонтального диффузорного эффекта и приблизить сопротивление колпачка при  $F_1/F_0 = 2,3$  к значению  $\xi = 2,2 - 2,3$ .

Таблица 1  
Зависимость коэффициента сопротивления колпачка от степени расширения отверстия

d, мм	9	10	12,5
F <sub>0</sub> , мм <sup>2</sup>	135	150	188
F <sub>1</sub> , мм <sup>2</sup>	340	340	340
F <sub>1</sub> /F <sub>0</sub>	2,5	2,3	1,8
ξ	2,5	2,7	2,9

Во всех опытах колпачки работали в автомодельном режиме с квадратичным законом сопротивления.

Известно [3], что максимальный диффузорный эффект обеспечивается при отношении длины канала к его ширине  $L/d = 5-10$ , поэтому для увеличения соотношения  $L/d$  в отверстие колпачка вводилась горизонтальная перегородка 1 (рис. 2), делящая каждое отверстие колпачка на две части.

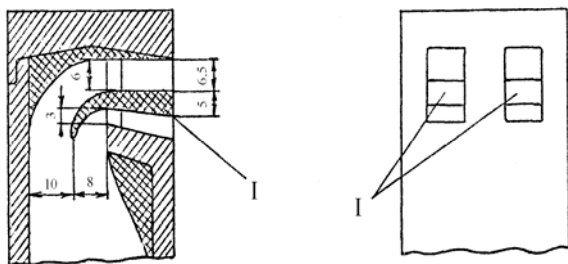


Рис. 2. Вертикальное сечение и вид спереди колпачка с перегородкой 1 и четырьмя отверстиями

Форма перегородки выбиралась из условия максимально плавного входа в каналы. Для такого четырехканального колпачка коэффициент сопротивления составил  $\xi = 2,4$ , что объясняется увеличением диффузорного эффекта за счет роста отношения  $L/d$ , которое составило  $\approx 4$ . При этом величина  $F_i/F_0$  для верхних каналов оказалась равной 1,2, а для нижних 1,7.

На рис. 3 приведена диаграмма распределения скорости струй колпачка для двух значений расхода воздуха.

Угол раскрытия струй составил  $40-60^\circ$  в диапазоне чисел Рейнольдса 20000-40000. При увеличении расхода воздуха истекающие струи в свободном пространстве слегка сходятся за счет эффекта Бернулли. Опускание

струй нижних отверстий колпачка составило  $7,1^\circ$ , что повышает надежность псевдооживления нижних слоев.

Исследовалась также работа одиночного колпачка в кипящем слое ограниченного объема сечением  $190 \times 130$  мм и высотой 650 мм. Высота слоя над колпачком составляла 100 мм и оставалась постоянной в процессе опытов. В качестве материала слоя использовался инертный наполнитель котла с кипящим слоем.

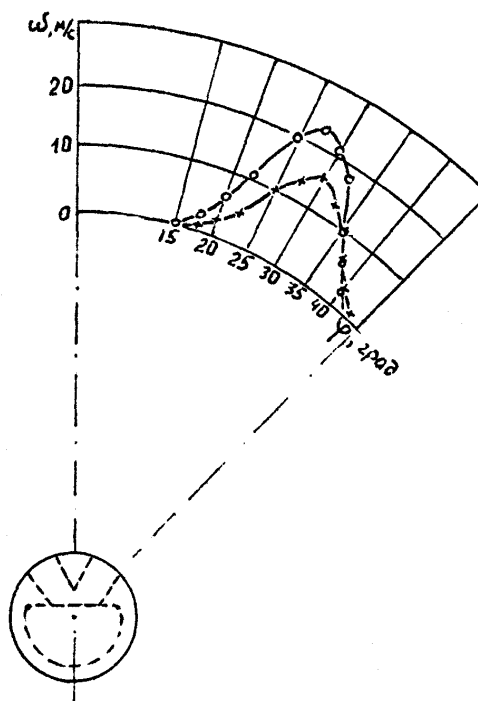


Рис. 3. Диаграмма направленности струй колпачка

В экспериментах измерялись также угол раскрытия струй  $\psi$  в кипящем слое и угол смещения струи  $\varphi$  в вертикальной плоскости (рис. 4):

$$\psi = 2 \arctg \left( \frac{a}{2L + D/2} \right),$$

$$\varphi = 2 \arctg \left( \frac{b-h}{L} \right),$$

где  $h = 74$  мм - расстояние от дна до центра отверстий колпачка, а  $D = 40$  мм - внешний диаметр колпачка.

Зависимость угла раскрытия струй  $\psi$  от числа Рейнольдса показана на рис. 5, а величина углового смещения струи  $\varphi$  на рис. 6.

В обоих случаях угол раскрытия струй практически линейно растет с увеличением числа Рейнольдса. Одновременно с увеличением угла раскрытия увеличивается и сече-

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ РЕШЕТКИ КИПЯЩЕГО СЛОЯ С КОЛПАЧКАМИ ДИФFUЗОРНОГО ТИПА

ние самих струй, которые, начиная с чисел Рейнольдса  $Re > 350000$ , начинают сливаться в одну струю. Как видно из рис. 7, с увеличением расхода угол смещения струй в вертикальной плоскости уменьшается, стремясь к значению в свободном пространстве.

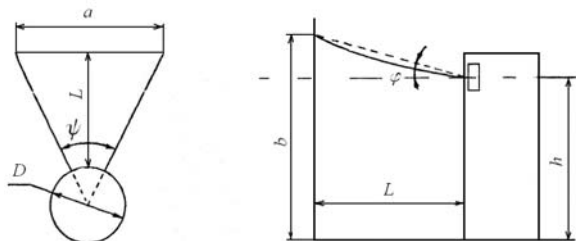


Рис. 4. Схема для расчета угла раскрытия струй  $\psi$  и вертикального углового смещения  $\phi$

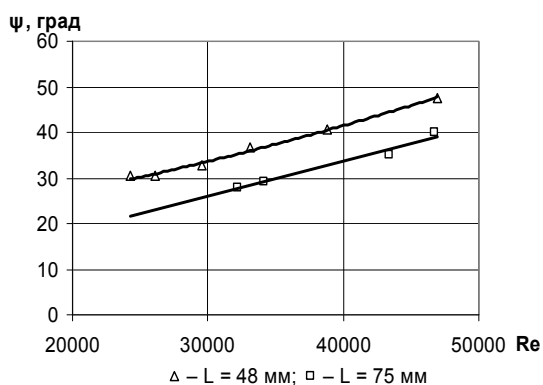


Рис. 5. Зависимость угла раскрытия струй колпачка от числа Рейнольдса

Увеличение расстояния от колпачка до стенки приводит к значительному увеличению угла  $\phi$ . Это обусловлено тем, что траектория струй в вертикальной плоскости сильно отличается от прямолинейной и загибается вверх.

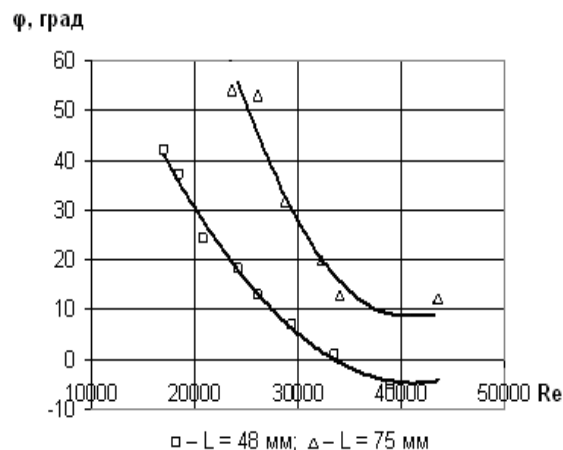


Рис. 6. Зависимость углового смещения струй от числа Рейнольдса

### ВЫВОДЫ

1. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что сочетание плавного входа потока в канале колпачка с диффузорным эффектом, зависящим от параметров  $F_1/F_0$  и  $L/d$ , позволит понизить сопротивление колпачка до значений  $\xi \leq 2,0$  в силу того, что указанные эффекты являются аддитивными.

2. В колпачках с отверстиями, имеющими угол раскрытия  $60^\circ$ , при числах Рейнольдса больших 35000 в кипящем слое наблюдается слияние струй, которое может приводить к сильному износу колпачков при их коридорном расположении. В этом случае лучше использовать колпачки с большим углом раскрытия (до  $90^\circ$ ).

### ЛИТЕРАТУРА

- Тен Аин Чен Сжигание низкосортных углей в котлах с кипящим слоем и способы их повышения К.П.Д. // Проблемы тепло- и массообмена в современной технологии сжигания и газификации твердого топлива. – Минск: Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова, 1988. – С.20-31.
- Basu P. Design of gas distributors for fluid bed boilers // Fluidized Bed Boilers. - Halifax. - 24-25 June. - 1983.
- Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. - М.: Наука, 1976. - 888 с.