

- способности строительных конструкций». Магнитогорск, 1996. С. 38-44.
3. Тебеньков Б.П. Рекуператоры для промышленных печей. М.: «Металлургия», 1975. 296 с.
4. Михайлишин Е.В. Расчет трубчатых рекуператоров с интенсификацией теплообмена. Опубликовано в библиографическом указателе ВИНТИ «Депонированные научные работы», 1990. № 9. С. 136.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ЗАКРУЧЕННОГО ПОТОКА В КОРОТКОМ КАНАЛЕ С ПЕРФОРИРОВАННОЙ ВСТАВКОЙ**

Е.В. МИХАЙЛИШИН канд. техн. наук, доц., Е.А. МАЛЯР

*Уральский государственный технический университет*

В [1] предложено для интенсификации процессов тепло- массообмена в контактном аппарате использовать перфорированную поверхность. Как показали предварительные исследования, объемная теплопроизводительность в разработанной конструкции контактного аппарата  $Q_v$  ( $Q_v=Q/V$ , где  $Q$ ,  $V$  - соответственно теплопроизводительность и объем аппарата) выше, чем, в аппаратах с орошаемой насадкой на 280 % и центробежном контактном аппарате на 28 %.

В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований аэродинамики закрученного потока в коротком канале с перфорированной вставкой, являющегося моделью реактивного пространства контактного аппарата.

Экспериментальная установка состоит из вентилятора, регулирующего шибера, камеры статического давления и модели реактивного пространства. Модель представляет из себя цилиндрический канал диаметром 220 и длиной 550 мм, в котором соосно располагалась перфорированная вставка с глухим

торцом. Было испытано четыре вставки одинаковой высоты 420 мм: три цилиндра диаметром 150 мм и конус с диаметром нижнего основания 150, верхнего - 120 мм. Геометрические характеристики перфорированной поверхности приведены в таблице, где:  $f_o$  - общая площадь отверстий;  $f_b$  - площадь поперечного сечения перфорированной вставки;  $d_o$ ,  $n_o$  - соответственно диаметр и количество отверстий.

Таблица

Характеристика	Цилиндр №1	Цилиндр №2	Цилиндр №3	Конус
$f_o * 10^{-2}, \text{ м}^2$	0,754	1,147	1,127	1,147
$f_i = f_o / f_b$	0,427	0,65	0,638	0,65
$d_o, \text{ мм}$	5,3	5,3	8	5,3
$n_o, \text{ шт.}$	342	520	224	520

Воздух в модель подавался через тангенциальный завихритель, расположенный в нижней части перфорированной вставки. Высота его щели - 95, ширина - 35 мм.

Измерения проводились в трех сечениях по высоте модели пятиканальным шаровым зондом с диаметром шарика 7 мм по известной методике при постоянном расходе воздуха  $0,13 \text{ м}^3/\text{с}$ . Сечения находились на расстоянии  $0,53d_b$ ,  $1,6d_b$  и  $2,6d_b$  от завихрителя, где  $d_b$  - диаметр вставки. Расстояние между точками измерений в сечении составляло 5 в кольцевом пространстве и 10 мм в перфорированной вставке. Результаты измерений обрабатывались на ПК по разработанной программе.

По результатам экспериментов построены графики распределения составляющих скорости и давления. На рис.1 представлены профили относительных величин тангенциальной ( $V_z/V_{cp}$ ), осевой ( $V_x/V_{cp}$ ), полной ( $V/V_{cp}$ ) скорости,

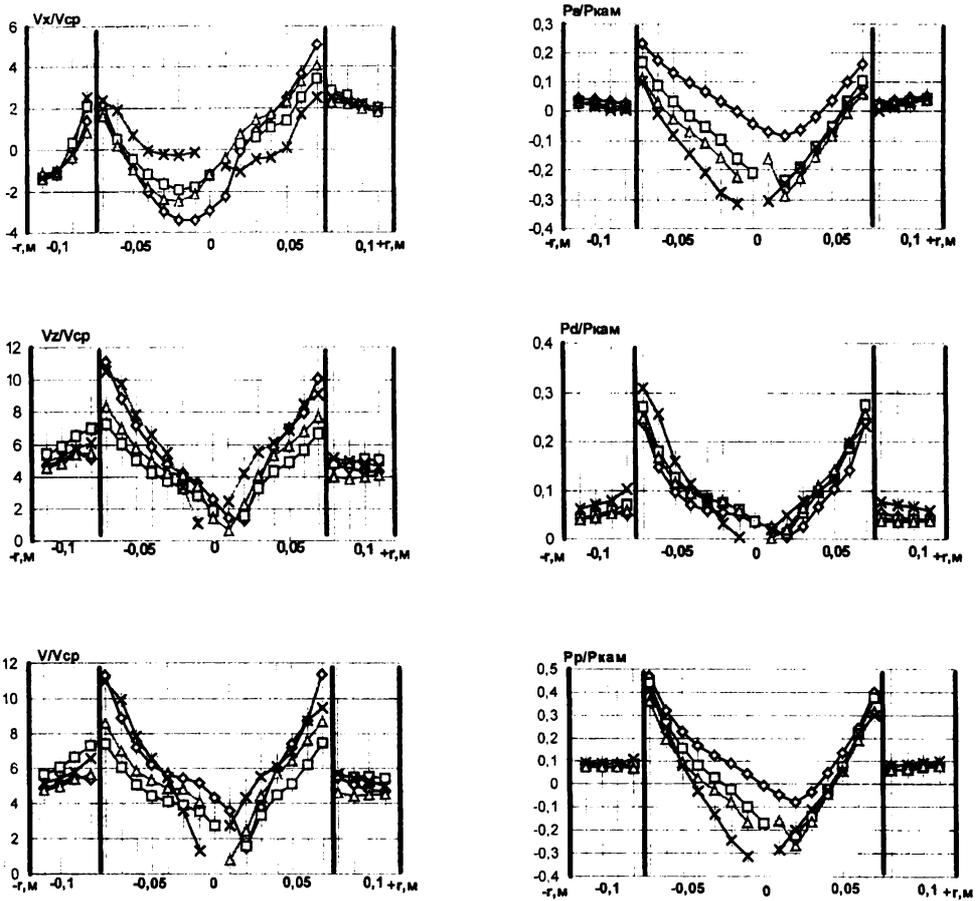


Рис. 1 Профили составляющих скорости и давления в коротком канале с перфорированной вставкой.

◇ -  $f/f_b = 0,427$  ( $d_o = 5,3$  мм,  $n_o = 342$ );

○ -  $f/f_b = 0,650$  ( $d_o = 5,3$  мм,  $n_o = 520$ );

△ -  $f/f_b = 0,638$  ( $d_o = 8$  мм,  $n_o = 224$ );

× -  $f/f_b = 0,650$  (конус,  $d_o = 5,3$  мм,  $n_o = 520$ ).

статического ( $P_s/P_{кам}$ ), динамического ( $P_d/P_{кам}$ ) и полного ( $P_p/P_{кам}$ ) давления во втором сечении. Здесь  $V_{cp}$  — средняя по сечению скорость

(определялась отдельно для кольцевого пространства и вставки),  $P_{\text{кам}}$  — давление в камере статического давления.

Анализ профилей скоростей и давлений в перфорированной вставке показывает следующее.

Наибольшая из составляющих скорости - тангенциальная. Профили тангенциальной и полной скорости несколько смещены относительно оси. Максимальные значения наблюдаются у стенок вставки. Аналогичное распределение и у составляющих давления. По оси вращения полное и статическое давления имеют отрицательные значения. При удалении от завихрителя относительная величина максимальных тангенциальных скоростей (по отношению к среднерасходной скорости в данном сечении) возрастает с 5 в первом сечении до 15,5 в третьем, а при отнесении к среднерасходной скорости на выходе из завихрителя убывает от 1,6 до 1.

Профиль осевой скорости существенно несимметричен относительно оси. В пристенной области осевая скорость имеет положительные значения и достигает максимальных значений у стенок вставки, которые, в одном сечении, отличаются в 6 (первое сечение), 2,5 (второе) и 5 (третье) раз. В связи с оттоком воздуха через боковую поверхность средняя скорость по сечению уменьшается почти линейно по высоте вставки. Зона обратных токов в первом и втором сечениях занимает примерно половину диаметра вставки и вырождается по направлению к торцу вставки, прежде всего за счет центральной области (относительно оси зоны обратных токов), что связано с влиянием торцевого эффекта.

Радиальные скорости во вставке в 1-ом и 2-ом сечениях сравнительно малы и достигают заметной величины в 3-ем, где ее средняя величина равна половине среднерасходной скорости на выходе из завихрителя, т.е. 3,6 м/с.

В кольцевом пространстве также формируется пространственное поле скоростей. Характерной особенностью картины течения является наличие зоны обратных токов у одной из стенок канала. В первом сечении она занимает почти всю ширину кольцевого пространства за исключением узкой пристенной

области у поверхности вставки. По направлению к выходу из канала ее ширина уменьшается и зона исчезает, по-видимому, между вторым и третьим сечениями.

Зоны обратных токов в кольцевом пространстве и перфорированной вставке смещены в сторону противоположную от входа в завихритель.

Профили скоростей и давлений в кольцевом пространстве не имеют ярко выраженного максимума. Тангенциальная составляющая скорости является наибольшей и по высоте канала имеет примерно одну величину. Значения осевой скорости по направлению к выходу возрастают. Причем, если в первом сечении тангенциальная скорость превышает осевую в 10 раз, то в третьем - только в 2.

Радиальная составляющая скорости в кольцевом пространстве близка к нулю в 1, 2-ом сечениях и не превышает 10 % от среднерасходной скорости в 3-ем.

Характер профилей давления и скоростей во всех сечениях одинаков. Значения статического и полного давлений имеют тенденцию к росту по мере приближения к наружной стенке канала. Динамическое же давление несколько возрастает у стенки перфорированной вставки. Составляющие скорости увеличиваются по мере приближения к поверхности вставки.

Общая картина течения в канале при изменении количества и диаметра отверстий вставки примерно одинакова. Увеличение площади отверстий в 1,5 раза при  $d_0 = \text{const}$  приводит к снижению максимальных составляющих скорости в цилиндрической вставке на 20-30 %, при этом, в кольцевом пространстве они увеличиваются на 5-15 %. Рост диаметра отверстий, при их постоянной общей площади, значительно меньше сказывается на величине составляющих скорости и давления и даже приводит к снижению тангенциальной и полной скоростей в кольцевом пространстве.

При установке конусной вставки общая картина течения в канале сохраняется. Однако, в конусе характер изменения скоростей по его высоте имеет несколько иной вид. На представленном рисунке, например, профиль

осевой составляющей скорости во 2-ом сечении примерно симметричен относительно оси, хотя в 1 и 3-ем - симметрия существенно нарушена. Так как площадь поперечного сечения кольцевого пространства по направлению к выходу потока увеличивается, то, естественно, что средняя осевая скорость по сечению уменьшается по сравнению с цилиндрической вставкой.

В заключение следует отметить, что потери давления в модели при установке перфорированных вставок и без них составляли примерно одну величину.

### **Выводы**

1. Общая картина течения в перфорированной вставке имеет характерные для закрученного течения признаки: пространственное поле скоростей, зону обратных токов. Однако, выход потока через боковую перфорированную поверхность приводит к некоторым особенностям распределения составляющих скорости: существенно несимметричный профиль осевой скорости, примерно постоянная тангенциальная скорость по высоте перфорированной вставки.
2. Наибольшее влияние из геометрических характеристик перфорированной поверхности на профили скоростей и давлений оказывает изменение суммарной площади отверстий при постоянном их диаметре.
3. Можно ожидать, что сепарирующая способность потока в кольцевом пространстве и тепло- массообмен будут увеличиваться при росте площади отверстий и применении конусной перфорированной вставки.

1. Михайлишин Е.В., Маляр Е.А. Повышение эффективности тепло-массообмена в контактных аппаратах. Тезисы докладов юбилейной научно-технической конференции «Подготовка кадров и экологические проблемы энергетики». Екатеринбург, 1997. С. 115-116.