

Б.П.Устименко, М.А.Бухман, Н.Г.Абрамович,
В.И.Арещенко

АЭРОДИНАМИКА ВИХРЕВЫХ СУШИЛЬНЫХ КАМЕР

Экспериментальное исследование аэродинамики вихревых сушильных камер выполнено с целью создания новой аппаратуры для сушки пульпы рудных концентратов в распыленном состоянии, которая может быть использована в химической, пищевой и других отраслях промышленности при сушке текучих сред.

Опыты проводились на моделях, изготовленных из оргстекла с внутренним диаметром 0,4 и высотой цилиндрической части 0,72 м.

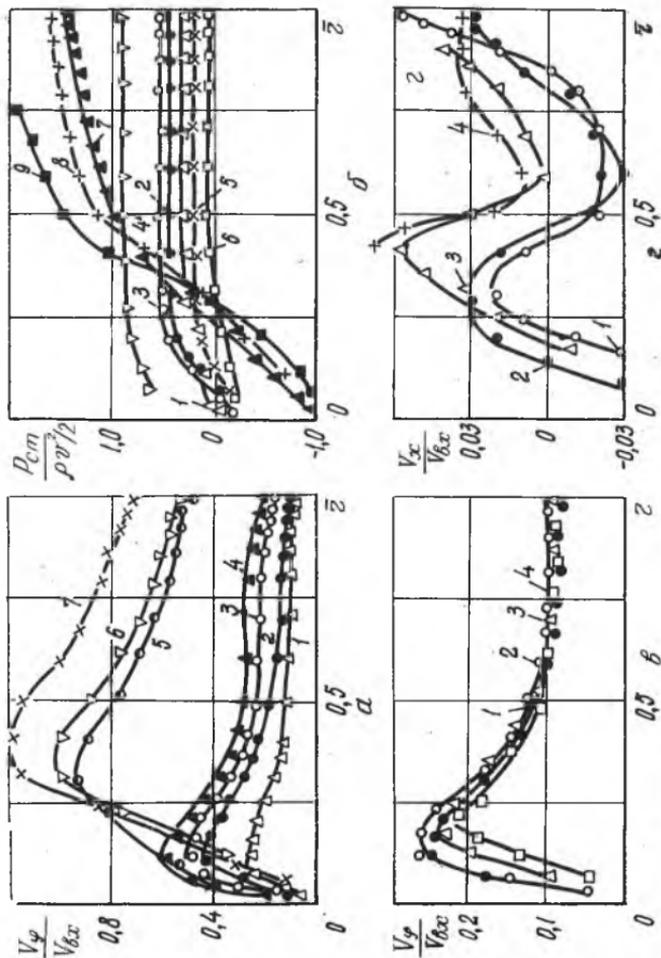
В цилиндрической части модели имелись отверстия для ввода измерительных зондов и датчики для измерения распределения статического давления по поверхности стенки. Сушильный агент вводился в камеру через цилиндрические сопла, равномерно распределенные по периметру, а распыливаемый материал - по оси камеры.

Хордальность $\bar{\alpha}$ (отношение диаметра условной окружности ввода воздушных струй к диаметру камеры) в моделях с относительной суммарной площадью входных сопел $\bar{F}_+ = 5,5\%$ (отношение суммарной площади входных сопел к площади камеры) изменялась от 0,25 до 0,87 (тангенциальный ввод), а в моделях с $\bar{F}_+ = 0,83\%$ - от 0,1 до 0,4. Относительный диаметр выхода (отношение диаметра диафрагмы к диаметру камеры) изменялся от 0,1 до 0,4.

Аэродинамические измерения в объеме камеры осуществлялись по методике, описанной в работе [1]. Во всех исследованных моделях камер основным является вращательное движение. Осевая и радиальная скорости в большей части камеры составляют 5-10% от величины входной скорости и становятся сопоставимыми с тангенциальной скоростью U_φ только в приосевой области камеры.

В отличие от камер с тангенциальным подводом воздуха, в камерах с хордальной подачей вырождается двугорбая структура в профиле вращательной скорости входных сопел [1].

На рис. 1 приведены результаты измерений вращательной, осевой компонент вектора скорости и статического давления в объеме камеры в зависимости от текущего радиуса. Компоненты вектора скорости U_φ и U_x отнесены к скорости на входе $(U_\varphi/U_{\varphi x}), (U_x/U_{\varphi x})$, ста-



Р и с. 1. Распределение компонент вектора скорости и статического давления в объеме вихревой камеры: в) 1-4 соответственно $\alpha = 0,1; 0,2; 0,3; 0,4$; ($\Sigma F_+ = 0,83\%$; $d = 0,15$); г) 5-7 - $\alpha = 0,25; 0,4; 0,8$; ($\Sigma F_+ = 5,5\%$; $d = 0,4$); в) 1-3 соответственно $\alpha = 0,1; 0,2; 0,3$ ($\Sigma F_+ = 0,83\%$; $d = 0,15$); 4-6 - $d = 0,1; 0,2; 0,3$ ($\Sigma F_+ = 5,5\%$; $d = 0,4$); 7-9 - $\alpha = 0,1; 0,2; 0,3$ ($\Sigma F_+ = 0,83\%$; $d = 0,15$); 10 - $\alpha = 0,1; 0,2; 0,3$ ($\Sigma F_+ = 0,83\%$; $d = 0,15$); 11-14 соответственно $\alpha = 0,25; 0,57; 0,82; 0,97$ ($\Sigma F_+ = 0,4; d = 0,12$)

тическое давление - к динамическому напору на входе $\left(\frac{2P_{cm}}{\rho U_{вх}^2}\right)$, а текущий радиус r к радиусу камеры ($\bar{r} = r/R$).

Увеличение относительного отверстия диафрагмы приводит к падению уровня вращательной скорости и статического давления как в объеме, так и на стенке. Максимум вращательной скорости при этом удаляется от оси камеры, а коэффициент гидравлического сопротивления уменьшается. Однако в отличие от распределения вращательных скоростей в камерах с большой площадью входных сопел, где с увеличением величины \bar{d} уровень \bar{U}_φ падает во всем объеме камеры [I], в моделях с $\bar{F}_+ = 0,83\%$ изменение относительной величины диафрагмы практически не влияет на распределение \bar{U}_φ в периферийной части камеры (рис. I, в).

В распределении осевой составляющей вектора скорости при наличии выходной диафрагмы и $\bar{F}_+ = 5,5\%$ сохраняются характерные особенности циклонного потока, т.е. имеются зоны прямого и выходного вихря, кольцевого и осевого обратного тока. Интенсивность кольцевого обратного тока и центрального выходного вихря с изменением $\bar{\alpha}$ от 0,87 до 0,25 уменьшается. При $\bar{\alpha} = 0,25$ в распределении осевой скорости в зоне выходного вихря наблюдаются два экстремума, что связано, по-видимому, с условиями входа, т.е. с перестройкой втекающих в камеру струй от прямого движения к вращательному [I].

Аналогичная картина в распределении осевой скорости наблюдается при изменении хордальности ввода воздушных струй от 0,1 до 0,4 в моделях с малой суммарной площадью входных сопел ($\bar{F}_+ = 0,83\%$).

Следует отметить, что если в распределении осевой скорости по высоте камеры при малых значениях величины $\bar{\alpha} = 0,1-0,4$ в ее верхних сечениях (в области входных сопел) имеется зона обратного кольцевого тока, то, в отличие от камер с тангенциальной подачей воздуха, в сечениях, удаленных от входных сопел, происходит перестройка потока таким образом, что эта зона практически исчезает.

На рис. I, г определены профили осевой скорости, измеренные в различных поперечных сечениях камеры при $\bar{\alpha} = 0,4$. Из рисунка следует, что при $\bar{x} > 0,57$ в камере полностью исчезает обратный кольцевой ток.

Отсутствие зоны обратного кольцевого тока приводит к тому, что исключается возможность попадания уже высушенных частиц материала из нижней зоны камеры, имеющей пониженную температуру теплоносителя, в верхнюю высокотемпературную зону.

Это позволяет существенно повысить начальную температуру нагретых газов, подаваемых на сушку, и при этом исключить перегрев и термическое разложение термолабильного материала, имеющие место при другой организации ввода теплоносителя.

Повышение температуры входящих газов способствует увеличению к.п.д. процесса сушки, улучшению качества сушки и снижению энергозатрат на сушку.

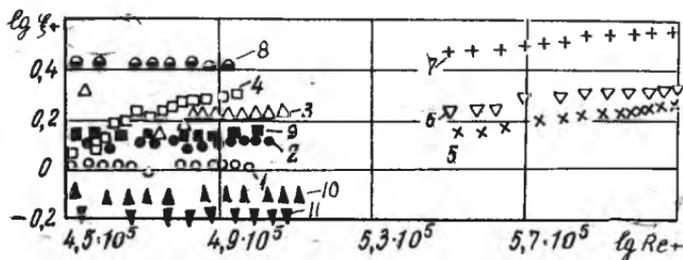
С уменьшением относительной величины условной окружности ввода воздушных струй уровень вращательных скоростей существенно падает. При изменении $\bar{\alpha}$ от 0,87 до 0,25 ($F_+ = 5,5\%$, $\bar{d} = 0,4$) статическое давление в объеме камеры и коэффициент гидравлического сопротивления уменьшаются в 2 раза (рис. 1,б, кривые 7, 8, 9) и (рис. 2, кривые 5, 6, 7), а вращательная скорость — примерно в 1,5 раза, и максимум ее смещается к оси камеры. Величина вращательной скорости в центральной части камеры примерно в 2 раза больше ее значений на периферии. В присосевой области камеры меньшим значениям относительной величины $\bar{\alpha}$ соответствуют большие значения относительной вращательной скорости (рис. 1,а, кривые 5, 6, 7).

Что касается моделей с малой суммарной площадью входных сопел $F_+ = 0,83\%$ и диаметром выходной диафрагмы $\bar{d} = 0,15$, то с увеличением $\bar{\alpha}$ от 0,1 до 0,4 уровень вращательных скоростей возрастает, а местоположение ее максимальных значений остается практически на одном и том же радиусе. Причем максимальная величина вращательной скорости $U_{\varphi, \max}$ в ядре потока примерно в 3 раза превышает скорость в периферийной части камеры (рис. 1,а, кривые 1, 2, 3, 4).

Статическое давление в значительной части камеры, в отличие от моделей с большими площадями входа, остается постоянным и изменяется только в присосевой зоне. С уменьшением $\bar{\alpha}$ от 0,4 до 0,1 статическое давление в объеме камеры уменьшается в 2 раза (рис. 1,б, кривые 4, 5, 6), а коэффициент гидравлического сопротивления почти в 3 раза (рис. 2, кривые 1-4).

Таким образом, установка сопел для подачи теплоносителя хордально существенно интенсифицирует процесс теплообмена в центральной части камеры за счет повышения уровня вращательной скорости в этой зоне и значительно снижает — в периферийной области.

Снижение уровня вращательных скоростей в периферийной области ухудшает условия теплообмена между сушильным агентом и стенкой, что



Р и с. 2. Коэффициент гидравлического сопротивления:
 1-4 соответственно $\alpha = 0,1; 0,2; 0,3; 0,4$ ($\Sigma F_+ = 0,83; d = 0,15$); 5-7 - $\alpha = 0,25; 0,4; 0,87$ ($\Sigma F_+ = 5,5\%, d = 0,4$); 8-II - $d = 0,1; 0,15; 0,2; 0,3$ ($\Sigma F_+ = 0,83\%, \alpha = 0,1$)

способствует снижению энергозатрат, связанных с потерей тепла в окружающую среду. Кроме того, вихревые камеры с хордальной подачей теплоносителя, в отличие от обычных циклонных камер, обладают низкими значениями коэффициента гидравлического сопротивления.

Л и т е р а т у р а

И. А бра м о в и ч Н.Г., Бухман М.А., Усти-
 м е н к о Б.П. Исследование влияния условий входа на
 структуру течения и сопротивление циклонных камер. - В
 сб.: Проблемы теплоэнергетики и прикладной теплофизики. -
 Алма-Ата: Наука, КазССР, 1976, вып. II, с. 27-31.

УДК 621.928.8

Б.П.Устименко, В.Н.Змейков, В.Б.Иванов,
 Е.М.Иванов, Б.О.Ривин

АЭРОДИНАМИКА ВИХРЕВОГО ПОТОКА
 В КОЛЬЦЕВОЙ ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ

П р и н я т ы е о б о з н а ч е н и я

r - текущий радиус, (м); $d_1(r_1)$ - (радиус) диаметр условной
 окружности, вписанной в корпус, м; $d_2(r_2)$ - диаметр (радиус) ус-