

## К ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОГО РАСПЫЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА В СУШИЛЬНЫХ КАМЕРАХ

Процесс дробления жидкости в сушильных камерах имеет большое значение, так как от размера частицы в большей степени зависит интенсивность процесса сушки. Чем меньше размер капель, тем больше будет их суммарная площадь, тем более эффективной будет их сушка. Увеличение площади при дроблении жидкости может достигать 700 раз [1].

Конструкция распылительного оборудования зависит от характеристик конечного продукта, которые необходимо получить. Этими характеристиками могут быть размер частиц, текстура, растворимость, плотность и смачиваемость. Наиболее важным при изучении процесса распыления является установление зависимости дисперсности получаемого распыла от режима работы распылителя, его конструкции и физических свойств жидкости.

Анализ факторов, влияющих на процесс распыла [2, 3], показывает, что средний диаметр капель распыла,

создаваемого вращающимися распылителями, зависит от следующих факторов:

- 1) параметров, определяющих скорость жидкости при выходе ее из распылителя: угловой скорости  $\omega$  и радиуса распылителя  $R$ ;
- 2) физических свойств жидкости: поверхностного натяжения  $\sigma$ , плотности  $\rho$ , и вязкости  $\eta$ ;
- 3) объемной производительности распылителя  $Q$ ;
- 4) конструкции распылителя или факторов формы  $l_1, l_2, \dots, l_n$ .

Таким образом,

$d_k = \varphi(\omega, R, \sigma, \rho, \eta, Q, l_1, l_2, \dots, l_n)$ , (1)  
где  $d_k$  - диаметр капель, полученных в результате распыла вращающимся диском.

Число возможных конструкций распылителей весьма велико (рис. 1), поэтому факторы формы в общем виде имеют неопределенный характер.

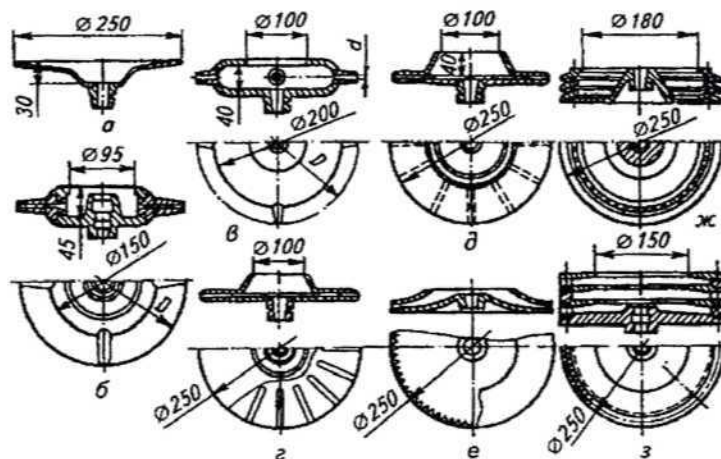


Рис. 1. Виды распылительных центробежных дисков:

- а — тарельчатый открытый; б — со сменными соплами; в — со сменными соплами облегченный; г — плоский закрытый с перегородками; д — плоский закрытый с отверстиями; е — плоский закрытый с зубьями; ж — трехъярусный гладкий с отверстиями; з — трехъярусный с перегородками и зубьями

Для внесения определенности в решение рассмотрим наиболее простую

группу вращающихся распылителей — распылители с гладким диском.

Процесс распыла происходит следующим образом. Продукт подается на диск, и под действием центробежных сил пленка растягивается, при этом уменьшается ее толщина от центра к периферии. Подходя к краю диска, жидкость распадается в тонкие нити (струйки) за счет давления, вызванного трением о воздух, из которых образуются капли (рис. 2).

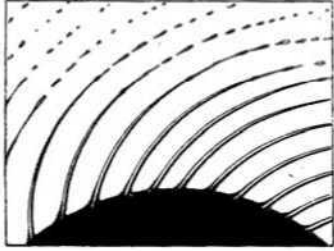


Рис. 2. Распад жидкости при распылении гладким диском

Процесс диспергирования происходит только тогда, когда внешние силы, действующие на струйку, превышают силы поверхностного натяжения. Схематично данный процесс можно представить в следующем виде (рис. 3).

Таким образом, в качестве внешней силы, преимущественно определяющей размер частиц, будем рассматривать центробежную силу, равную:

$$F_{ц} = m_c \omega^2 R, \quad (2)$$

где  $m_c$  – масса струйки от ее края до точки отрыва;

$\omega$  – угловая скорость вращения диска;

$R$  – радиус диска.

Моментом каплеобразования является равенство центробежной силы и силы поверхностного натяжения, которая равна:

$$F_{пн} = l\sigma, \quad (3)$$

где  $l$  – длина периметра струйки;

$\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения жидкости.

Масса струйки  $m_c = \rho S l_c$  (где  $S$  – площадь струйки), из которой образуется капля, равна массе капли  $m_k = 1/6 \cdot \rho \pi d_k^3$ . Приравняв силы и преобразовав уравнение относительно  $d_k$ , получим:

$$d_k = \sqrt[3]{\frac{6d_c \sigma}{\rho \omega^2 R}}. \quad (4)$$

В полученном уравнении диаметр струйки можно связать с толщиной пленки жидкости на поверхности диска  $\delta$ . Рассматривая процесс распыления жидкости диском как установившуюся систему, данную взаимосвязь можно представить в следующем виде:

$$d_c = k\delta, \quad (5)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий изменение толщины жидкости на поверхности пленки в струйки соответствующего диаметра  $d_c$ .

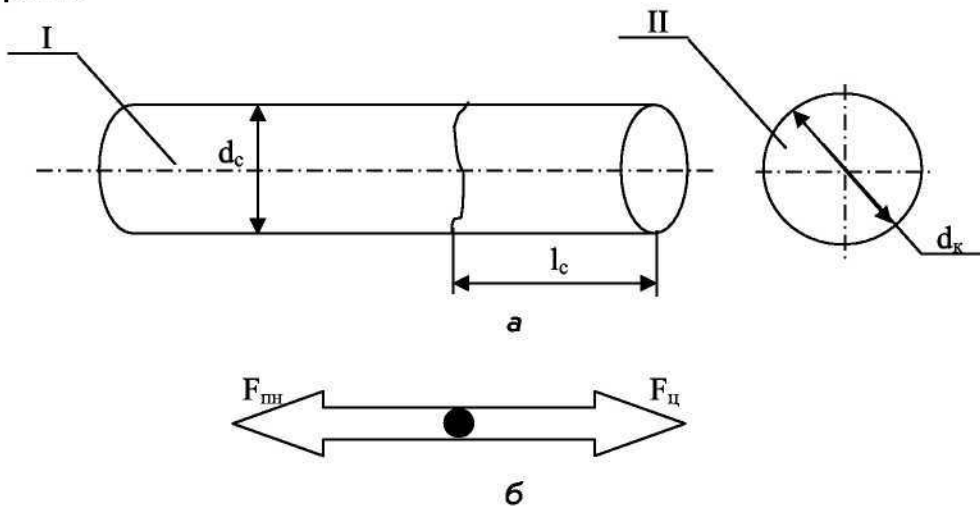


Рис. 3. Схема процесса диспергирования жидкости:

а – схема струйки (I) и капли (II), образованной в результате действия сил,

б – схема сил, действующих на струйку;  $d_k$  – диаметр капли,  $d_c$  – диаметр струйки,  $l_c$  – длина струйки от ее края до точки отрыва,  $F_{пн}$  – сила поверхностного натяжения,  $F_{ц}$  – сила центробежная

Движение пленки жидкости по поверхности диска описывается системой

дифференциальных уравнений Навье-Стокса, но ввиду малой толщины пленки

и медленного движения (число Рейнольдса  $Re < 2000$ ) эта система может быть упрощена и сведена к одному обыкновенному дифференциальному уравнению:

$$\eta \frac{d^2 u}{dz^2} + \rho R \omega^2 = 0, \quad (6)$$

где  $\frac{d^2 u}{dz^2}$  – ускорение движения частицы, с краевыми условиями  $u = 0$  при  $z = 0$ ,  $\frac{du}{dz} = 0$  при  $z = \delta$ .

Решив уравнение и преобразовав его относительно толщины пленки, получим [4]:

$$\delta = \sqrt[3]{\frac{3\eta Q}{2\pi\rho\omega^2 R^2}}, \quad (7)$$

где  $Q$  – расход жидкости.

Преобразовав уравнения (5) и (7) и подставив в уравнение (4), получим:

$$d_k = \sqrt[9]{\frac{648\eta Q \sigma^3}{k^3 2\pi\rho^4 \omega^8 R^5}}. \quad (8)$$

Используя экспериментальные данные [4], получили  $k = 46$ , тогда, преобразуя уравнение (8), с учетом имеющихся коэффициентов получим:

$$d_k = 6 \left( \frac{\eta Q \sigma^3}{\rho^4 \omega^8 R^5} \right)^{1/9}. \quad (9)$$

Для апробации полученной зависимости проведем сравнение ее с зависимостью, исследуемой в работе В.Ф. Дунского и И.В. Никитина [4]:

$$d_k = \frac{C}{\omega} \left( \frac{\sigma}{D\rho} \right)^{1/2}, \quad (10)$$

где  $C$  – коэффициент ( $C = 4$ ).

В данной работе в качестве жидкости использовалось трансформаторное масло ( $\rho = 0,892 \text{ кг/м}^3$ ,  $\sigma = 3,32 \cdot 10^{-4} \text{ кг/с}^2$ ,  $\eta = 0,001 \text{ кг/м с}$ ), радиус распылителя равен  $0,07 \text{ м}$ .

Анализ полученных данных показывает, что коэффициенты корреляции между экспериментальными и расчетными данными, как в первом, так и во втором случаях, практически одинаковы и равны для формулы (9)  $0,99135$ , для формулы (10) –  $0,99133$ . Однако формула (9) учитывает большее количество факторов, удовлетворяющих уравнению (1), следовательно, для практического применения в качестве обоснования параметров распылительного механизма, на наш взгляд, имеет большее значение.

#### Библиографический список

1. Лыков М.В. Распылительные сушилки / М.В. Лыков, Б.И. Леончик. М.: Машиностроение, 1966.
2. Нуждов Ф.И. К расчету дисковых распылительных установок / Ф.И. Нуждов // Химическая промышленность. 1954. № 5. С. 290.
3. Ластовцев А.М. Уравнение дробления жидкости вращающимися распылителями / А.М. Ластовцев // Труды МИХМ. 1957. № 13. С. 29-42.
4. Дунский В.Ф. Распыление жидкости вращающимся диском и вопрос о «вторичном» дроблении капель / В.Ф. Дунский, Н.В. Никитин // Инженерно-физический журнал. 1965. Т. 9. № 1. С. 54-60.

#### Таблица

Результаты эксперимента и расчетные данные

Расход жидкости, $\text{м}^3/\text{с}$	Обороты диска, об/мин.	Диаметр капель, полученный из эксперимента, м	Диаметр капель, полученный расчетом [4], м	Диаметр капель, полученный расчетом по формуле (9), м
$4,1 \cdot 10^{-8}$	7200	0,000895	0,00086545	0,000802
$4,1 \cdot 10^{-8}$	9800	0,000625	0,00063584	0,000609
$4,5 \cdot 10^{-8}$	12000	0,000491	0,00051927	0,000514
$4,2 \cdot 10^{-8}$	15800	0,000402	0,00039438	0,0004
$6,5 \cdot 10^{-8}$	19000	0,000368	0,00032796	0,000356