

## ЦЕНТРОБЕЖНОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ФАЗ В КОНИЧЕСКОМ ПРОНИЦАЕМОМ ЭЛЕМЕНТЕ

В химической, пищевой и других отраслях промышленности используются фильтрующие центрифуги непрерывного действия. Они предназначены для разделения суспензий с нерастворимой твердой фазой, классификации материалов, обезвоживания зернистых и кристаллических продуктов [1]. Проницаемый конический ротор является основным элементом такого типа центрифуг (рис. 1).

Процесс обезвоживания суспензии зависит от геометрических параметров ротора, режимов его движения, физических и реологических свойств суспензии, режимов пленочного движения.

В работе [2] рассмотрено стационарное осесимметричное ламинарное движение пленки вязкой жидкости по внутренней стенке вертикального конуса, вращающегося с постоянной угловой скоростью  $\omega$ . Ось  $z$  цилиндрической системы координат направлена вверх по оси конуса (рис. 1). При малых углах  $\beta$  наклона образующей конуса к его оси элементарные участки поверхности рассматриваем как цилиндры.

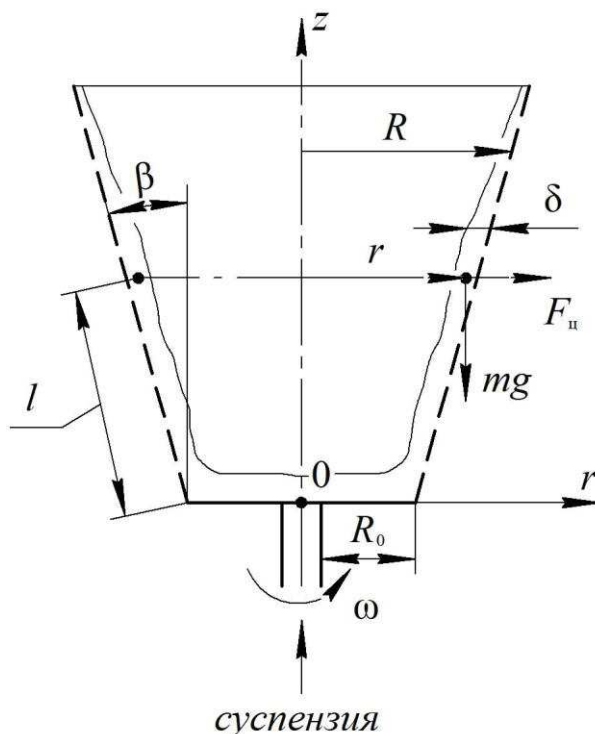


Рисунок 1 – Схема течения суспензии

При заданном расходе  $Q$  жидкости рассчитан ее удельный расход на единицу периметра конуса

$$q = \frac{Q}{2\pi R}.$$

и получена величина для толщины пленки жидкости:

$$\delta = \sqrt[3]{\frac{6qv}{\omega^2 R \sin \beta - g \cos \beta}}. \quad (1)$$

Восходящее течение пленки по конической поверхности будет наблюдаться при выполнении условия

$$\omega^2 R \sin \beta - g \cos \beta > 0.$$

Отсюда получаем соотношение:

$$\frac{\omega^2 R}{g} > \operatorname{ctg} \beta.$$

Суспензию будем рассматривать как жидкость с эффективной вязкостью  $\eta$ , зависящей от вязкости несущей среды  $\eta_0$  и объемной концентрации  $\phi$  частиц твердой фазы.

Для определения эффективной вязкости мало концентрированных суспензий [3] используется формула Эйнштейна:

$$\mu = \mu_0 \left( 1 + \frac{5}{2} \phi \right), \quad (2)$$

а для концентрации  $\phi \leq 0,25$  применяется простая формула:

$$\mu = \mu_0 (1 - 2,5\phi)^{-1}. \quad (3)$$

Изменение объемного расхода суспензии по длине проницаемого конуса определяется локальной скоростью оттока жидкой фазы:

$$\frac{dq}{dl} = -U_0 \quad (U_0 > 0). \quad (4)$$

Скорость оттока жидкости через проницаемый элемент определяется по закону Дарси [4], зависит от перепада давления на стенке, сопротивлений фильтровальной перегородки и образованного осадка:

$$U_0 = \gamma \frac{\Delta P}{\mu(R_{\phi.п.} + R_{oc})}. \quad (5)$$

Перепад давления обусловлен нормальными проекциями на коническую поверхность центробежной силы и силы тяжести:

$$\Delta P = \rho \delta (\omega^2 R \cos \beta + g \sin \beta) dl. \quad (6)$$

Идельчиком [5] при обработке экспериментальных данных получена формула зависимости коэффициента расхода  $\gamma$  от относительной площади  $\bar{f}$  отверстий:

$$\gamma^{-2} = \left(0,707\sqrt{1-\bar{f}} + 1 + \bar{f}\right)^2 / \bar{f}^2. \quad (7)$$

Для расчета задается фиксированный шаг изменения длины  $dl$  и на каждом шаге учтем изменение количества жидкости. Из уравнения материального баланса для твердой фазы

$$(c + dc)(q + dq) = cq,$$

ограничившись дифференциалами первого порядка, находим уравнение для изменения концентрации суспензии:

$$\frac{dc}{dl} = -\frac{c}{q} \frac{dq}{dl} = \frac{cU_0}{q}. \quad (8)$$

Концентрация определяет плотность суспензии:

$$\rho = \rho_T c + \rho_{ж}(1 - c). \quad (9)$$

Полученная математическая модель пленочного обезвоживания суспензии на внутренней поверхности пронцаемого вращающего конуса позволяет рассчитать режимы движения и другие гидродинамические характеристики в зависимости от геометрических параметров конуса, его частоты вращения и нагрузок по суспензии с учетом ее физических и реологических свойств.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Славянский А.А., Семенов Е.В., Антипов С.Т. Критериальное моделирование процесса центробежного разделения утфеля III кристаллизации // Вестник ВГУИТ. – 2017. – Т. 79. – № 4. – С. 11–17. – DOI:10.20914/2310-1202-2017-4-11-17.
2. Волк А.М. Гидродинамика жидкой пленки на конической поверхности // Труды БГТУ. – 2013. – № 6: Физ.-мат. науки и информатика. – С. 45–47.
3. Буевич Ю.А., Марков В.Г. Континуальная механика монодисперсных суспензий. Реологические уравнения состояния для суспензий умеренной концентрации // Приклад. математика и механика. – 1973. – Т. 37. – Вып. 6. – С. 1059–1077.
4. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: В 2 кн. – М.: Химия, 1981. – 812 с. – Серия «Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии».
5. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Машиностроение, 1975. – 560 с.