

ГИДРАВЛИКА

Д. С. ТОРОСЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИХ КРИТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПРОЦЕССА СЕПАРИРОВАНИЯ

Процесс сепарирования различных жидких смесей в тарельчатых центробежных сепараторах осуществляется при чрезвычайно сложной гидродинамической обстановке [1—4]. При этом результаты сепарирования существенно зависят от режима течения жидкости по межтарелочным пространствам. Наиболее эффективное разделение осуществляется при устойчивом ламинарном режиме. Однако, при определенной производительности сепаратора и единицу времени резко нарушается эффективность разделения [5]. В связи с этим возникает необходимость установить условие, при котором межтарелочный поток разделяемой жидкости теряет устойчивость.

С помощью предложенных в литературе методами невозможно определить критический режим разделения жидких смесей в сепараторах, т. к. рекомендуемые критерии устойчивости получены применительно к однородной жидкости и полностью не отражают специфические особенности процесса сепарирования.

Производительность сепаратора, при которой наступает резкое ухудшение процесса сепарирования, будем называть критической производительностью, величина которой $V_{кр}$ устанавливается экспериментально с помощью построенного по данным опыта графика между

комплексом концентраций $\frac{C_0}{C_0 - C_{\phi}}$ и производительностью сепаратора V (здесь C_0 и C_{ϕ} — концентрации дисперсной фазы до и после сепарирования). Критический режим разделения наступает, когда резко нарушается линейная связь зависимости $\frac{C_0}{C_0 - C_{\phi}} = f(V)$ [5]. При критическом режиме сепарирования возникает неустойчивость слоев неоднородной жидкой смеси в межтарелочных пространствах и пограничный слой теряет устойчивость.

Образовавшийся на поверхности тарелок сепаратора пограничный слой носит название слоя Экмана [1]. Запишем число Рейнольдса в слое Экмана в виде

$$Re_L = \frac{v \cdot l}{\nu} \quad (1)$$

где v — средняя скорость движения жидкости по межтарелочному пространству; δ — толщина пограничного слоя на поверхности тарелки; ν — кинематическая вязкость жидкости.

Толщина пограничного слоя определяется из уравнения [1]:

$$\delta \approx \sqrt{\frac{\nu}{\omega \cdot \sin \alpha}} \quad (2)$$

где ω — угловая скорость вращения ротора сепаратора; α — угол наклона образующей тарелки к оси вращения.

Тогда число Рейнольдса в слое Экмана определится выражением

$$Re_E = \sqrt{\frac{v^3}{\nu \cdot \omega \sin \alpha}} \quad (3)$$

Подкоренное выражение (3) представим так:

$$Re_E = \sqrt{\frac{v \cdot h}{\nu} \cdot \frac{v}{\omega \cdot r} \cdot \frac{r}{h \cdot \sin \alpha}} \quad (4)$$

Обозначим $Re = \frac{v \cdot h}{\nu}$ и $\varepsilon = \frac{v}{\omega \cdot r}$, где Re — критерий Рейнольдса для потока жидкой смеси, а ε — критерий Россби [1], h — расстояние между тарелками по нормали, r — средний радиус тарелки.

Представим зависимость (4) в виде

$$Re_E = \sqrt{Re \cdot \varepsilon \cdot \frac{r}{h \cdot \sin \alpha}} \quad (5)$$

Из (5) следует, что число Рейнольдса в слое Экмана определяется критерием Рейнольдса для потока разделяемой жидкой смеси, текущей по межтарелочному пространству, и критерием Россби, представляющим собой модифицированный критерий Фруда для поля центробежных сил инерции [1, 6]. При этом критерии Рейнольдса и Россби при моделировании могут быть и несовместимыми [6].

Окончательно выражение (3) запишем:

$$Re_E = \sqrt{\frac{v^3}{\omega^2 r^2} \cdot \frac{\omega h^2}{\nu} \cdot \frac{r^2}{h^2 \sin \alpha}}$$

или

$$Re_E = \sqrt{\varepsilon^2 \cdot E^{-1} \cdot \frac{r^2}{h^2 \cdot \sin \alpha}} \quad (6)$$

где $E = \frac{v}{\omega h^2}$ — критерий Экмана, который является основной характеристикой пограничных слоев жидкости в межтарелочном пространстве сепаратора.

Потоки жидкости в пограничных слоях межтарелочного пространства будут подобны при равенстве критериев Россби и Экмана. Одна-

ко и здесь критерии ϵ и E могут быть несовместимыми при протекании процесса сепарирования и модельном и натурном сепараторах.

Из выражений (5) и (6) имеем:

$$\epsilon = Re \cdot E \cdot \Gamma, \quad (7)$$

где $\Gamma = \frac{r}{h}$ — критерий геометрического подобия.

Анализ критериального выражения (7) показывает, что при изменении угловой скорости вращения ротора сепаратора между критериями Рейнольдса и Экмана должна существовать обратно пропорциональная зависимость. А при изменении количества межтарелочных пространств и геометрических размеров тарелок (при постоянной угловой скорости вращения ротора сепаратора) между критериями Рейнольдса и Россби должна существовать прямая пропорциональность.

С целью проверки вышеуказанных результатов нами были обработаны опытные данные, полученные при разделении суспензии азопигмента бордо „4Ж“ с содержанием дисперсной фазы $c_0 = 2,37\%$ (вес.) на сепараторе SAOH-205 ($r = 3,7 \cdot 10^{-2}$ м, $\alpha = 40^\circ$, $z = 15$ шт. и $h = 0,5 \cdot 10^{-2}$). Угловую скорость вращения изменяли в пределах (414 – 910) *rad/c*. В каждой серии опытов при постоянной угловой скорости вращения ротора изменяли производительность сепаратора. Полученный экспериментальный материал обработали в соответствии с методикой [5]. По выявленным критическим производительностям $V_{кр}$ определяли среднюю скорость течения жидкости в межтарелочном пространстве сепаратора по формуле:

$$v = \frac{V_{кр}}{2\pi \cdot r \cdot h \cdot z}. \quad (8)$$

где z — количество межтарелочных пространств.

Полученные результаты приведены на рис. 1, откуда следует, что между критериями Рейнольдса и Экмана существует обратно пропорциональная зависимость, что подтверждает справедливость уравнения (7). При этом критерий Россби имеет значение $\epsilon = 3,47 \cdot 10^{-4}$.

Аналогичным образом обработаны экспериментальные данные, полученные при сепарировании суспензии азопигмента бордо „4Ж“ с содержанием дисперсной фазы в исходной смеси $c_0 = 0,13\%$ (вес.) на сепараторе ОТОР-230 при $\omega = 947$ *rad/c* ($r = 4,65 \cdot 10^{-2}$ м, $\alpha = 40^\circ$ и $h = 0,5 \cdot 10^{-2}$ м). Количество межтарелочных пространств при этом изменяли в каждой серии опытов: $z = 5; 12; 16; 21; 28$ и 35 .

Из приведенных на рис. 2 данных следует, что между критериями Рейнольдса и Россби существует прямая пропорциональность в соответствии с выражением (7). Критерий Экмана при этом имеем значение $E = 4,2 \cdot 10^{-3}$.

Из полученных результатов следует, что критериальное уравнение (7) описывает процесс потери устойчивости потока жидкой смеси

и межтарелочных пространствах сепаратора и с его помощью можно определить наибольшую производительность сепаратора, при которой возникает критический режим разделения.

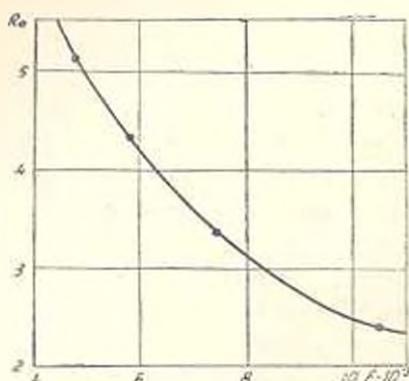


Рис. 1. Зависимость между критериями Рейнольдса и Экмана, полученные при разделении суспензии азобензента борла .4Ж· с $C_0 = 2,37\%$ (вес.) на сепараторе SAOH-205 при переменной угловой скорости вращения.

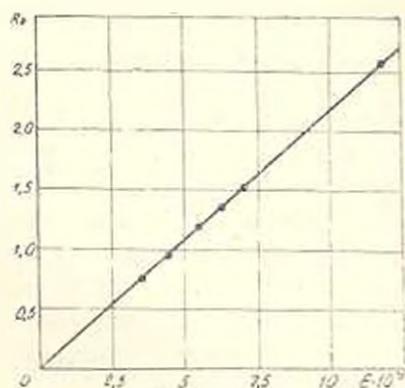


Рис. 2. Зависимость между критериями Рейнольдса и Россби, полученные при разделении суспензии азобензента борла .4Ж· с $C_0 = 0,13\%$ (вес.) на сепараторе OTJOP-230 при различных количествах межтарелочных пространств.

На рис. 3 приведены экспериментальные данные, где приведено также расчетное значение $V_{кр}^{расч}$. Из рисунка следует, что опытные данные близко согласуются с расчетными.

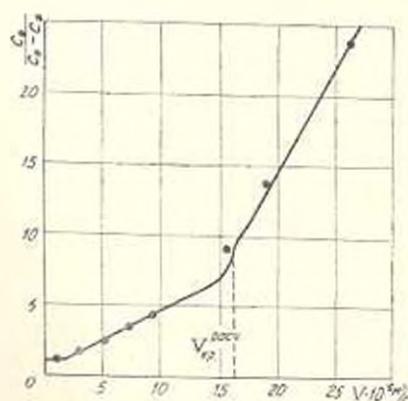


Рис. 3. Зависимость симплекса концентрации $\frac{C_0}{C_s - C_0}$ от производительности V сепаратора SAOH-205 при $\omega = 744 \text{ рад/с}$ при разделении суспензии азобензента борла .4Ж· с $C_0 = 2,37\%$ (вес.)

По вышеуказанной методике рассчитаны $V_{кр}$ при сепарировании суспензии каолина с $C_0 = 0,15\%$ (вес.) и суспензии окиси магния с $C_0 = 10\%$ (об.) по экспериментальным данным других авторов [5]. Для них получены следующие значения критерия Россби: каолина $\varepsilon = 1,78 \cdot 10^{-8}$, окиси магния $\varepsilon = 2,5 \cdot 10^{-7}$. Для суспензии каолина на сепараторе (СЭР ($\omega = 520 \text{ рад/с}$, $r = 6,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, $\alpha = 40^\circ$, $h = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ и $z = 51 \text{ шт.}$) расчетная критическая производительность оказалась

равной $V_{кр}^{расч} = 55,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$, что совпадает с ее экспериментальным значением.

Для опытных данных, приведенных в [5], для сепаратора СОМ-3-1000 при разделении суспензии каолина получается $V_{кр}^{расч} = 119,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$, а для сепаратора ЛГИ при разделении суспензии окиси магния — $V_{кр}^{расч} = 40,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$. Сопоставляя результаты расчетов с экспериментальными данными, убеждаемся, что опытные и расчетные данные удовлетворительно согласуются друг с другом.

Ленинградский педагогический
и-т им. М. Налбандяна

9. XII 1981

Ջ. Ս. ՔՐՈՍՅԱՆ

ՉՏՄԱՆ ՊՐՈՑԵՍԻ ԿՐԻՏԻԿԱԿԱՆ ՌԵՃԻՄԸ ՊԱՅՄԱՆԱՎՈՐՈՂ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ՇԵՍԱԶՈՏՈՒՄԸ

Ա Վ Փ Ո Փ Ն Մ

Շետադոսում է անհամասեռ հեղուկ խառնուրդի հոսքի կայունության կորստի առաջացման մեխանիզմը գտիչի միջափսեային տարածությունում: Ցույց է տրված, որ այդ դեպքում կորչում է էկվանյան շերտի կայունությունը փսեի մակերևույթի վրա և գոման սրույնը դառնում է ոչ էֆեկտիվ: Առաջարկվում է առնչություն, որի միջոցով որոշվում է գտիչի արտադրողականությունը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Соколов В. И. Центрифугирование.— М.: Химия, 1976.— 408 с.
2. Липатов Н. Н. Сепарирование в молочной промышленности.— М.: Пищевая промышленность, 1971.— 400 с.
3. Романков П. Г., Плюшкин С. А. Жидкостные сепараторы.— Л.: Машиностроение, 1976.— 256 с.
4. Бремер Г. И. Жидкостные сепараторы.— М.: Машгиз, 1957.— 244 с.
5. Торосян Д. С. Экспериментальное исследование критического режима процесса сепарирования.— Изв. АН АрмССР (серия ГН). 1982, т. XXXV, № 1, с. 26—29.
6. Шкоропад Д. Е. Центрифуги для химических производств.— М.: Машиностроение, 1975.— 248 с.