

ЦЕНТРОБЕЖНОЕ ФИЛЬТРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ НА ВЕРТИКАЛЬНОЙ КОНИЧЕСКОЙ ЦЕНТРИФУГЕ

Ключевые слова: растительные масла, фильтрация, центрифуга, усеченный конус, качество, параметры, математическая модель, эксперимент, анализ, адекватность.

Введение

Приобретает большую актуальность проблема совершенствования оборудования для очистки растительных масел и разработки малогабаритного оборудования для условий сельскохозяйственных предприятий на основе обобщения имеющихся исследований и продолжения исследовательских и конструкторских работ. Поэтому научная проблема состоит в развитии основ общей теории, обосновании и разработке системных требований к техническим средствам очистки растительных масел для предприятий агропромышленного комплекса.

Объект исследования – технологический процесс очистки растительных масел в вертикальных фильтрующих конических центрифугах.

Результаты исследования

Вертикальная фильтрующая коническая центрифуга, ротор которой показан на рисунке 1, предназначена для очистки растительных масел. Масло поступает в центрифугу через заливной цилиндр 11, затем через перфорацию втулки 4 попадает в межобечаячную полость 10.

Под действием сил гидростатического напора и проекции переносной силы инерции, вызванных вращением ротора, закрепленного на приводном валу 1, неочищенное масло движется в пространстве между обечайками 5 и 15 вдоль образующей конуса по каналам, образованным порами фильтрующего материала (цеолита) 10. При этом наиболее легкие фракции масла располагаются вдоль стенки внутренней обечайки 15, а наиболее тяжелые – вдоль стенки внешней обечайки 5. При достижении верхней части ротора наиболее легкая и качественная фракция очищенного масла выводится через регулировочные отверстия 8 в крыш-

ке (рис. 1) [1]. После очистки масла, когда поры цеолита полностью заполнятся примесями и производительность центрифуги значительно снизится, открывается крышка ротора, включается привод центрифуги и под действием центробежных сил цеолит выводится.

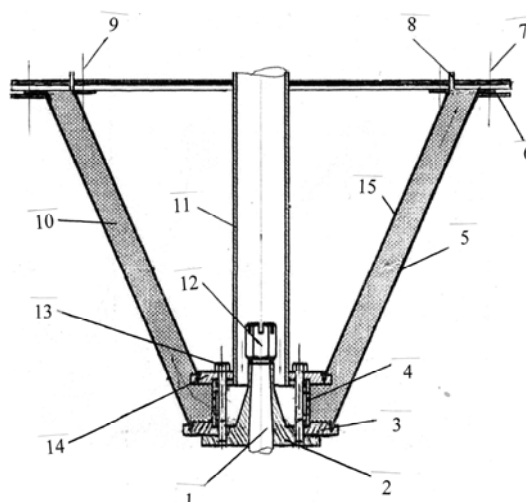


Рис. 1. Конструктивная схема ротора экспериментальной центрифуги:
1 – вал привода; 2 – основание ротора;
3 – диск для крепления наружной обечайки ротора; 4 – перфорированная втулка; 5 – наружная коническая обечайка; 6 – кольцо крепления наружной обечайки; 7 – болты крепления крышки роторов; 8 – отверстия в крышке ротора; 9 – крышка ротора; 10 – фильтрующий материал (цеолит); 11 – заливной цилиндр; 12 – гайка крепления ротора; 13 – болт крепления обечаек ротора; 14 – диск для крепления внутренней обечайки ротора; 15 – внутренняя обечайка ротора

Получена математическая модель [2].

$$\Delta\rho = \rho_s - \rho_f = 46,52 F_{\text{отв}} \rho_f \mu_1 v [(R_{\text{max}} R_{\text{min}}) - (r_{\text{max}} r_{\text{min}})]^5 / [\omega C_{\text{ц}} k_{\text{ц}1}], \quad (1)$$

где $\Delta\rho$ – разность плотностей очищенного в центрифуге масла ρ_s и дисперсионной фазы ρ_f ;

$F_{\text{отв}}$ – площадь отверстий на выходе из центрифуги, м²;

ρ_f – плотность дисперсионной фазы масла, кг/м³;

μ_1 – коэффициент расхода;

ν – кинематическая вязкость фильтруемого масла, $\text{м}^2/\text{с}$;

R_{\max}, R_{\min} – максимальный и минимальный радиусы наружной обечайки ротора центрифуги, м;

r_{\max}, r_{\min} – максимальный и минимальный радиусы внутренней обечайки ротора, м;

ω – частота вращения ротора центрифуги, с^{-1} ;

$C_{\text{ц}}$ – показатель, характеризующий влияние параметров фильтровальной перегородки (цеолита) на производительность конической центрифуги, м^2 ;

$k_{\text{ц1}}$ – показатель, характеризующий влияние конструктивных параметров, м^3 .

Преобразовав уравнение (1), получим площадь поверхности осаждения ротора центрифуги, м^2 :

$$F = r_{\min} \{ [(r_{\min} + H \operatorname{tg} Q) r_{\min}]^5 + [(r_{\min} + H \operatorname{tg} Q + \ell_2)(r_{\min} + \ell_2)]^5 \}^2 / [(r_{\min} r_{\max})^5 \operatorname{tg} Q], \quad (2)$$

где H – высота конуса ротора, м;

ϑ_0 – угол между осевой линией и образующей ротора центрифуги;

ℓ_2 – радиальное расстояние между обечайками ротора центрифуги, м;

тогда $\Delta \rho = 46,52 F_{\text{отв}} \rho_f \mu_1 \nu / [\omega C_{\text{ц}} F]$. (3)

Показатель, характеризующий влияние параметров фильтровальной перегородки (цеолита) на производительность конической центрифуги

$$C_{\text{ц}} = d^2 \varepsilon \xi^3 / (1 + \xi), \quad (4)$$

где d – эквивалентный диаметр частиц цеолита, м;

ε – коэффициент порозности;

ξ – коэффициент пористости.

Экспериментальные исследования проведены на вертикальной фильтрующей конической центрифуге с параметрами [3, 4]: минимальный радиус внутренней обечайки конуса ротора $r_{\min} = 0,04$ м, радиальное расстояние между внутренней и наружной обечайками ротора $\ell_2 = 0,028$ м, высота конуса ротора $H = 0,135$ м, тангенс угла наклона между образующей ротора с вертикальной осью центрифуги $\operatorname{tg} 35^\circ = 0,7$.

Экспериментальные ($\Delta \rho_{\text{эксп}}$, $\text{кг}/\text{м}^3$) и теоретические разности плотностей ($\Delta \rho_{\text{теор}}$, $\text{кг}/\text{м}^3$) приведены в таблице.

Теоретическая разность плотностей ($\Delta \rho_{\text{теор}}$, $\text{кг}/\text{м}^3$) рассчитана по формуле (3), полученной на основании теоретических исследований, при конструктивно-кинематических параметрах экспериментальной центрифуги в соответствии с планом многофакторного эксперимента. Действующими факторами приняты частота вращения ротора центрифуги, площадь отверстия на выходе из центрифуги, эквивалентный диаметр частиц цеолита.

Экспериментально полученная плотность дисперсионной фазы $\rho_f = 907,9$ $\text{кг}/\text{м}^3$.

С использованием программы Excel по данным таблицы построен график (рис. 1) сходимости теоретических и экспериментальных данных разности плотностей очищенного подсолнечного масла и дисперсионной фазы и получено уравнение регрессии

$$\Delta \rho_{\text{теор}} = 0,726 \Delta \rho_{\text{эксп}} + 2,48. \quad (5)$$

Таблица

Теоретическая ($\Delta \rho_{\text{теор}}$) и экспериментальная ($\Delta \rho_{\text{эксп}}$) разности плотностей очищенного подсолнечного масла и дисперсионной фазы

№ опыта	Теоретическая разность плотностей очищенного масла и дисперсионной фазы ($\Delta \rho_{\text{теор}}$), $\text{кг}/\text{м}^3$	Экспериментальная разность плотностей очищенного масла и дисперсионной фазы ($\Delta \rho_{\text{эксп}}$), $\text{кг}/\text{м}^3$
8	2,68	2,7
3	3,08	3,1
7	5,86	6
4	6,26	6,3
2	6,36	6,4
12	6,95	7
11	7,05	7,02
1	8,24	8,3
5	9,5	9,6
9	9,23	9,3
10	10,13	10,2
6	11,42	11,5

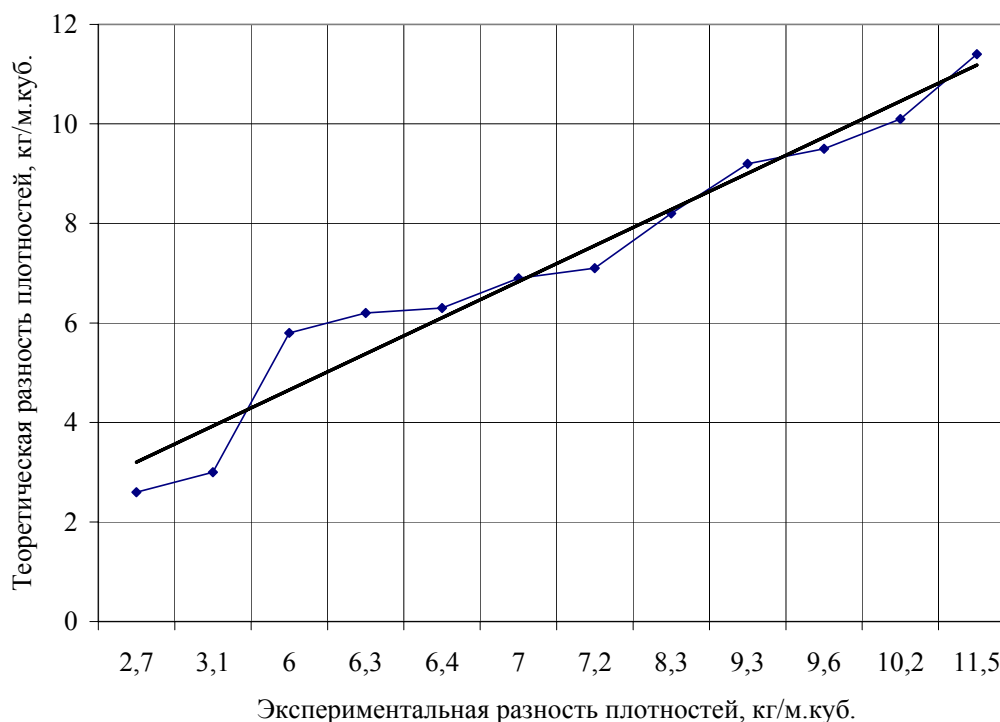


Рис. 2. График сходимости теоретических и экспериментальных данных разности плотностей очищенного подсолнечного масла и дисперсионной фазы

Теснота связи между теоретическими и экспериментальными значениями разности плотностей характеризуется коэффициентами корреляции $R = 0,975$ и детерминации $R^2 = 0,95$ и указывает на хорошую связь.

Так как расчетный критерий Фишера $F_p = 6,33$ больше табличного $F_T = 2,4$, теоретические положения адекватно отражают процессы очистки растительных масел в конических центрифугах.

Выводы

Полученные данные позволяют использовать теоретическую зависимость разности плотностей очищенного масла и дисперсионной фазы при прогнозировании качественных показателей очистки растительных масел на проектируемых центрифугах, для расчета и обоснования конструктивно-кинематических параметров центрифуг на заданную производительность.

Библиографический список

1. Центрифуга для очистки жидкости: пат. 2313401 РФ: МПК В 04 В 3/00, В 04 В 11/00 / Земсков В.И., Харченко Г.М.; заявитель и патентообладатель Земсков В.И. № 2006120778/12; заявл. 13.06.2006; опубл. 27.12.07, Бюл. № 36. – 5 с.
2. Земсков В.И. Моделирование технологических линий производства соевого масла / В.И. Земсков, Г.М. Харченко // Техника в сельском хозяйстве. – 2007. – № 6. – С. 14-17.
3. Харченко Г.М. Механико-технологические основы фильтрации растительных масел в конических центрифугах (основы теории и расчета): монография / Г.М. Харченко. – Барнаул: Изд-во АГАУ; Азбука, 2008. – 158 с.
4. Земсков В.И. Методика расчета рациональных параметров конических фильтрующих центрифуг для очистки растительных масел / В.И. Земсков, Г.М. Харченко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 3. – С. 11-13.

