

МЕХАНИКО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАФИНАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ В КОНИЧЕСКОЙ ЦЕНТРИФУГЕ

Г.М. Харченко

Приводятся итоговые результаты анализа математических моделей эффективности технологических линий, разработана математическая модель производства и очистки растительных масел. На основании анализа теоретических и экспериментальных исследований способов механической очистки растительных масел приводится полученная математическая модель процесса центрифугирования в конической центрифуге с верхним расположением основания конуса и фильтрующим материалом – цеолитом.

Основной операцией при производстве растительного масла является очистка. На процесс очистки оказывают влияние конструктивные параметры фильтрующих устройств, свойства фильтруемых масел, параметры фильтровальной перегородки.

Системный анализ современных технологических линий получения и очистки растительных масел показал, что они имеют зачастую неоправданно сложную структуру с большим количеством машин, что приводит к снижению экономических показателей. В связи с этим рассмотрены основные типы технологических линий, обеспечивающих очистку растительных масел.

По разработанной методике получены и проанализированы их структурные и конструктивно-технологические схемы.

С позиции системного подхода выявлены характерные для анализируемых технологических линий выходные показатели, а также управляющие, входные, и возмущающие параметры, используемые при выводе математической модели.

Анализ математических моделей эффективности технологических линий, близких по структуре с технологическими линиями получения и очистки растительных масел, позволил обосновать подход к разработке математической модели. В таблице 1 приведены основные результаты анализа математических моделей эффективности таких технологических линий. При разработке математической модели эффективности технологических линий получения и очистки растительных масел за основу принята математическая модель Земскова В.И. С учетом экспериментальных зависимостей математическая модель эффективности технологических линий

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_a = & 3,6 \cdot 10^3 Q_m D T k_r (K_1 \mathcal{C}_m + 0,074 \mathcal{C}_u) - \\ & - [(0,51 / k_r^{9,6}) K_m \mathcal{C}_{мет} + 1,63 \cdot 4,47 / (e - \\ & 2,14)] \times \\ & \times (e + E) - 3,6 \cdot 10^3 m_1 \mathcal{C}_{оп} Q_m D T k_r - [4,47 \cdot 10^3 / \\ & / (e^{k_r} - 2,14)] \mathcal{C}_{эл} D T k_r - D T (1 - k_r) \mathcal{C}_p, \quad (1) \end{aligned}$$

где Q_m – производительность технологической линии, кг/с; D – количество рабочих дней линии в году; T – время работы технологической линии в течение суток, ч; k_r – коэффициент готовности; K_1 – коэффициент, характеризующий выход масла; $\mathcal{C}_m$ – цена реализации масла, р/кг; $\mathcal{C}_u$ – стоимость цеолита, используемого в качестве фильтрующего материала, тыс.р./кг; K_m – коэффициент, учитывающий трудоемкость изготовления машин и оборудования технологической линии; $\mathcal{C}_{мет}$ – цена 1 тонны металла, тыс.р./т.; e – норма отчислений на техническое обслуживание и текущий ремонт; E – норма отчислений на амортизацию машин и оборудование; m_1 – количество операторов, чел; $\mathcal{C}_{оп}$ – оплата оператора с начислениями и налогами, тыс.р./ч; $\mathcal{C}_{эл}$ – цена электроэнергии, р./кВт; $\mathcal{C}_p$ – оплата за 1 час работы ремонтника с начислениями и налогами, тыс.р./ч.

Полученная математическая модель позволяет на стадии проектирования обосновывать рациональную структуру технологических линий. Нами разработана технологическая линия для очистки растительных масел с использованием экспериментальной фильтрующей конической центрифуги [1].

Анализ современных технических средств очистки растительных масел показал, что фильтрующие центрифуги имеют существенные преимущества перед другими устройствами. Имеющиеся фильтрующие центрифуги не отвечают требованиям сельскохозяйственных предприятий из-за их высокой энергоемкости и металлоемкости. На основе анализа основных математических зависимостей при различных способах механической очистки растительных масел (результаты анализа приведены в таблице 2) разработана математическая модель фильтрующей способности конических центрифуг, использование которой позволило обосновать конструктивно-технологические параметры фильтрующей конической центрифуги [1].

МЕХАНИКО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАФИНАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ В КОНИЧЕСКОЙ ЦЕНТРИФУГЕ

Таблица 1

Анализ подходов к разработке математической модели эффективности технологических линий

№	Авторы методики	Математическая модель	Недостатки методики
1	Н.И. Рыбалка, В.В. Солонецкий	$\Delta B_2 = \Delta C_2 - \Delta C_1 - (E_H + p_a) \Delta K$	Невозможно определить на каком этапе удается улучшить экономические показатели
2	А.П. Коршунов	$\Pi_{y\delta} = \frac{\Delta \Pi}{K} = \frac{C_B + C_H}{K} = \left(\frac{\partial}{K} - \frac{1}{T_{cl}} \right) > \Pi_{y\delta}$	Не учитывает структурные и эксплуатационные особенности производства
3	С.М. Доценко, А.В. Бурмага	$\ddot{I}_{iB\hat{E}} = (\ddot{O} - \sum_{i=1}^4 G_{iB\hat{E}} / \sum_{i=1}^4 \eta_i k_i q_{Ni} N k_{\hat{Y}}) Q_{iB\hat{E}} t_{iB\hat{E}}$	Не позволяет учесть особенности функционирования технологической линии и влияние структуры на эффективность
4	В.А. Стремнин	$Q(t) = \frac{\delta}{\lambda} (1 - \delta^{-\lambda_{ct}})$	Не позволяет оценить экономический эффект в зависимости от конструктивных и эксплуатационных показателей технологических линий
5	В.П. Ожигов, Н.А. Лахонин	$\Delta_{np} = \Delta_c / O_e - A_{np}$	Не раскрывается влияние на приведенный совокупный эффект структурных особенностей технологических линий
6	В.И. Земсков	$\Delta_a = Q_m T_{cl} K_{uf} \Delta K_0 \Delta C_{k. e\delta} - \rho [k_r / (1 + k_r)]^{1/\alpha} (e + E) K_{B2} - \Pi_2 - \Psi [1 / (k_r - 1)] H_r D \Delta C_{k.}$	Данную математическую модель можно доработать применительно к технологическим линиям очистки растительного масла
7	В.И. Земсков, А.В. Алехин	$\Delta_a = Q_m \Delta K_0 \ddot{O}_{\hat{V}} + \alpha_1 \ddot{O}_{\hat{E}A} - b_0 (\Delta K_0)^{bi} \ddot{E} + h e + e_r - \Psi (1 / k_r - 1) H_r D \Delta C_{k.} - 3 - M$	Не позволяет учесть конкретные особенности технологических линий очистки растительного масла, в частности, стоимость оборудования
8	В.И. Земсков, А.К. Бец	$\Delta_a = Q_m T_{cm} K_{uf} d D_p K_{uf} \Delta K_0 \Delta C_{k. e\delta} - \rho K_{B2} (k_r / (1 - k_r))^{1/\alpha} \times (e_1 + E) - 3 - M_1 - P_{y\delta} + b(t) D_p Q_{cm} d \Delta C_{k.} - H_r \Pi_2 D_p \times (1 - K_{uf}) (\Delta C_{k.} - C_{np})$	Не позволяет учесть особенности оценки влияния структуры технологических линий на выходной эффект
9	В.И. Земсков, Н.П. Храмцова	$\Delta_a = G_{cym} D \times \left(\sum_{i=1}^n \frac{K e_i K m_i}{P} K (\Delta C_{mol} K p - \Delta C_{доб} \frac{P}{\sum_{i=1}^n K e_i K m_i}) - G_{cym} D \Delta C_{on} / (Q K_r) - G_{cym} D N \Delta C_{\hat{E}} / (Q K_r) - [6 \sqrt[3]{G_{cym} / \gamma_K} \gamma_{мет} L K_1 \Delta C_{мет}) + (A k_r \alpha + C) K_1 \beta \Delta C_{\hat{E}} + \Phi N] (e + E) - G_{cym} D \times (1 - k_r) \Delta C_{\hat{E}} / (Q K_r) \right)$	Не учитываются особенности технологических линий получения и очистки растительного масла

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения: $\Pi_{y\delta}$ – удельная прибыль от внедрения новой техники (рентабельность); $\Delta \Pi$ – дополнительная прибыль в объекте от внедрения новой техники, р.; K – стоимость техники в сумме со всеми сопутствующими капиталовложениями, связанными с ее внедрением, р.; C_B – базовая себестоимость товарной продукции до внедрения новой техники, р.; C_H – себестоимость продукции после внедрения новой техники, р.; ∂ – эффект от внедрения новой техники, р.; $1 / T_{cl}$ – отчисления на реновацию новой техники со сроком службы T_{cl} ; $\Pi_{y\delta}$ – удельная прибыль в объекте до внедрения новой техники; Δ – реальная цена продукции; $\sum G_{iB\hat{E}}$ – суммарные затраты на производство продукции; η_i – коэффициент эффективности процессов измельчения, усреднения температур компонентов, заполнения бункера раздатчика, смешивания и раздачи; k_i – коэффициент, учитывающий повышение продуктивности животных; q_{cm} – пла-

нируемое производство кормов; $Q_{прк}$ – производительность машин; $t_{прк}$ – время выполнения процесса; $Q(t)$ – эффективность технологических линий со заблокированной структурой; δ – показатель, характеризующий максимальную эффективность системы; λ_c – параметр потока отказов системы; Δ_c – годового технологического эффекта, р.; O_e – годового объема перерабатываемых кормов; A_{np} – приведенные затраты на 1 к.ед.; Δ_a – абсолютный годового экономического эффекта, тыс.р.; Q_m – годового технологического эффекта, тыс.р.; T_{cm} – продолжительность смены, ч.; K_{uf} – коэффициент использования времени смены; ΔK_0 – повышение питательности кормов в результате обработки; $\Delta C_{k. e\delta}$ – цена одной кормовой единицы, р.; ρ, α – экспериментальные коэффициенты; $e + E$ – отчисления на амортизацию, текущий ремонт и техническое обслуживание оборудования; K_{B2} – коэффициент, учитывающий рост приведенных затрат за счет строительной части; Π_2 – часть приведенных за-

трат не зависящих от величины капитальных вложений, тыс.р.; Ψ – показатель снижения продуктивности от ненадежной работы технологических линий; H_f – поголовье животных, гол.; D – количество дней работы технологической линии в году; $C_{ж}$ – стоимость животноводческой продукции, тыс. р./кг; v – выход продукции с одной кормовой единицы, кг; α_1 – часть дополнительных кормовых единиц, полученных в результате обработки; b_0, b_i – экспериментальные коэффициенты; h – отношение стоимости строительной части к стоимости оборудования; Z – годовой фонд заработной платы, тыс. р.; M – годовая стоимость предметов труда, тыс. р.; d – количество рабочих смен в сутки; M_1 – стоимость материала без учета электроэнергии, тыс. р.; $P_{\text{э}}^H$ – удельный расход электроэнергии при безотказной работе технологического оборудования, кВт·ч/т; b – экспериментальный коэффициент, кВт·ч/т·отк.; ω – параметр потока отказов; t – время работы технологической линии за смену, ч.; P_2 – продуктивность животных, ц; $C_{эл}$ – стоимость электроэнергии, тыс. р./кВт·ч; C – реализационная стоимость единицы животноводческой продукции, р./ц; D_p – число суток работы линии за планируемый период; $C_{пр}$ – себестоимость единицы животноводческой продукции, р./ц; $G_{\text{сум}}$ – суточная потребность в комбикорме, т/сут; $K_{e,i}$ – питательность i -того компонента комбикорма; $K_{m,i}$ – массовая доля i -того компонента комбикорма; P – расход кормовых единиц на единицу животноводческой продукции, к.ед./т; K – коэффициент повышения питательной ценности комбикорма; $C_{\text{мол}}$ – цена одной тонны молока, тыс. р./т; $C_{\text{доб}}$ – цена одной тонны микродобавок, тыс. р./т; K_p – прогнозируемый коэффициент рентабельности; $C_{оп}$ – оплата оператора, тыс. р./ч; Q – теоретическая производительность агрегата, т/ч; N – удельная энер-

гоемкость производства комбикорма на агрегате, кВт·ч/т; γ_k – объемная масса комбикорма, т/м³; $\gamma_{\text{мет}}$ – объемная масса металла, т/м³; L – толщина стенки бункера, м; K_1 – коэффициент, учитывающий трудоемкость изготовления бункеров; $C_{\text{мет}}$ – цена металла, тыс. р./т; A, α, C, Φ – экспериментальные коэффициенты; β – коэффициент, учитывающий отношение трудоемкости изготовления машин к трудоемкости изготовления бункеров агрегата; C_p – стоимость одного часа работы рабочего на устранение внезапных отказов оборудования агрегата, тыс. р./ч тыс. р./ч; Q – теоретическая производительность агрегата, т/ч; N – удельная энергоемкость производства комбикорма на агрегате, кВт·ч/т; γ_k – объемная масса комбикорма, т/м³; $\gamma_{\text{мет}}$ – объемная масса металла, т/м³; L – толщина стенки бункера, м; K_1 – коэффициент, учитывающий трудоемкость изготовления бункеров; $C_{\text{мет}}$ – цена металла, тыс. р./т; A, α, C, Φ – экспериментальные коэффициенты; β – коэффициент, учитывающий отношение трудоемкости изготовления машин к трудоемкости изготовления бункеров агрегата; C_p – стоимость одного часа работы рабочего на устранение внезапных отказов оборудования агрегата, тыс. р./ч.

Для оценки фильтрующей способности конических центрифуг приемлемы (после соответствующей доработки) математические модели центробежной фильтрации в перфорированных цилиндрических роторах центрифуг и модель разделения неоднородных систем в конических центрифугах.

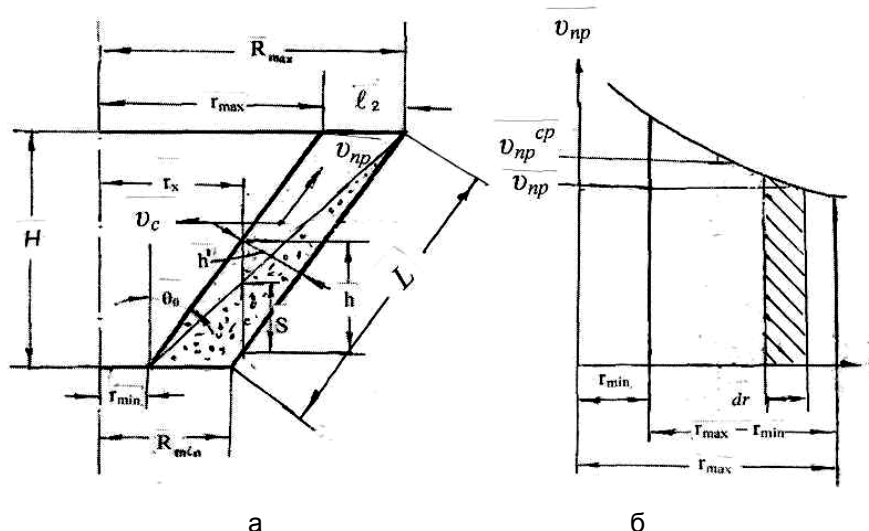


Рис. К к выводу формулы расчета средней скорости протока масла u_{np}^{cp} в пространстве между обечайками:

а – схема заполнения масла и частиц примесей в пространстве между обечайками; б – схема для расчета u_{np}^{cp}

МЕХАНИКО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАФИНАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ В КОНИЧЕСКОЙ ЦЕНТРИФУГЕ

Таблица 2

Анализ математических моделей способов очистки растительных масел

Способ очистки	Математическая модель	Примечание
Осаждение в гравитационном поле	$u_1 = (2B^3 \Phi(B)^3) / [f^2 (1-B)^2 \mu] (\Delta g)$, $u_1 = [(2B^2 \Delta g 10^{-1.82(1-B)}) / (f^2 \mu)]$, $\Phi(B) = 10^{-1.82(1-B)}$, $P = (3 u \mu d) / \Phi(B)$	
Осаждение в центробежном поле	$u = [(2B^2 \cdot 10^{-1.82(1-B)}) / (f^2 \mu)] \Delta \rho_f g Fr_{cp}$, $P/L = (1-B) \Delta \omega^2 r_{cp}$	
Фильтрация в гравитационном поле	$u_1 = \{(\Phi^2 d^2 \varepsilon^3) / [248H (1-\varepsilon)^2 \mu] \} \Delta P$, $\Delta P = 248 [H (1-\varepsilon)^2 \mu V_0] / [\Phi^2 d^2 \varepsilon^3]$, $R = [248H (1-\varepsilon)^2 \mu] / [\Phi^2 d^2 \varepsilon^3]$, $V = (\Delta P F \tau) / R = (\Delta P \pi r L r_{cp}) / R$	
Фильтрация в центробежном поле цилиндрического перфорированного ротора центрифуг	$V = \rho_f \omega^2 (R^2 - r_0^2) \pi k_c L (R + r_c)$, $2\mu(R - r_c)$, $P = [(\omega^2 \rho_f) / 2] (R^2 - r_0^2)$, $u = [(0,246 B^3) / f^2 (1-B)^2 \mu] (P/L)$, $u = (k_c / \mu) (P/L)$, $k_c = 0,246 B^3 / [f^2 (1-B)^2]$, $P/L = g \rho_f Fr_{cp}$, $u = [(2B^2 \cdot 10^{-1.82(1-B)}) / (f^2 (1-B) \mu)] g \rho_f Fr_{cp}$	После соответствующей доработки теория применима к фильтрации в межтарелочном пространстве конических центрифуг
Фильтрация закупорочное без образования осадка	$V_1 = [(\pi L z) / \xi] [(8\mu L) / \Delta P] (u_0 - u_1)$, $V_1 = [(\pi L^2 z 8\mu) / (\xi \Delta P)] u_0$, $V = [(\pi L z) / \xi] r_0^2 = (f_k L z) / \xi$, $Q_{Tmax} C = V_n$, $Q_{Tmax} = V_n / C$	Теория закупорочного фильтрования применима при использовании фильтровальной перегородки из цеолита
Разделение неоднородных систем (суспензий) в конических центрифугах	$s = \frac{\pi \omega^2 \Delta d^2 z h}{27 V \sin \alpha \mu} \left[\sqrt{\left(\frac{V \sin \alpha}{\pi z h} \tau + r_{min}^2 \right)^3} - r_{min}^3 \right]$, $\tau = \frac{\pi z h (r_{max}^2 + r_{min}^2)}{V \sin \alpha}$, $V = \frac{2 \pi \omega^2 z H (r_{max}^3 - r_{min}^3)}{3 (r_{max} - r_{min})} \left[\frac{\Delta d^2}{18 \mu} \right]$	Данная теория будет использована при выводе производительности фильтрующей конической центрифуги после соответствующей доработки совместно с теорией центробежной фильтрации

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения: u_1 – скорость движения частиц относительно неподвижной системы координат; B – часть единичного объема суспензии, занятая дисперсионной средой (жидкостью); $\Phi(B)$ – функция, учитывающая влияние концентрации суспензии на величину силы сопротивления (P) движущимся в среде частицам; μ – динамическая вязкость дисперсионной среды, кг/с·м; Δ – разность плотностей ($\rho_s - \rho_f$) материала частиц дисперсной (твердой) фазы и дисперсионной среды (жидкой) фазы, кг/м³; f – удельная площадь поверхности частиц дисперсной фазы, м⁻¹; P – давление для преодоления сил трения жидкости при ее движении относительно пористой среды, Н/м²; u – скорость движения частицы, м/с; d – эквивалентный диаметр частиц, м; ρ_f – плотность дисперсионной среды (жидкой) фазы, кг/м³; Fr_{cp} – критерий Фруда; L – высота цилиндрического ротора центрифуги, м; ω – частота вращения ротора центрифуги, с⁻¹; r_{cp} – средний размер радиуса фильтра, м; Φ – коэффициент формы; ε – коэффициент порозности; H –

высота слоя фильтрующего материала, м; ΔP – потеря давления в слое фильтрующего материала, Па; V_0 – фиктивная скорость фильтрования, м/с; R – сопротивление фильтрованию, Н·с/м³; r_0 – начальный радиус капилляра; V – количество жидкости, проходящей через фильтр за время τ , м³; F – поверхность фильтрования равна, м²; τ – время фильтрования, с; R – наружный радиус кольцевого слоя осадка, м; r_0 – начальный радиус капилляра; k_c – коэффициент проницаемости среды, м²; L – длина капилляра, м; r_c – внутренний радиус кольцевого слоя осадка, м; u – скорость осаждения частиц в центробежном поле, м/с; V_1 – объем фильтрата, который пройдет через фильтр к тому времени, когда радиус капилляра станет равным r_1 ; Z – число капилляров на единице поверхности фильтра; ξ – коэффициент пористости; u_0 – скорость вначале фильтрации, м/с; u_1 – скорость фильтрации для момента, когда $r = r_0$, м/с; f_k – площадь поверхности капилляра, м; Q – расход жидкости через пористый фильтр, образованный сферическими твердыми частицами, м³/с;

t_{max} – время работы фильтра, с; C – концентрация твердой фазы в суспензии, кг/м³; V_n – объем пор, м³; s – расстояние между тарелками по нормали к оси вращения, м; z – число тарелок центрифуги, шт; h – расстояние между тарелками центрифуги, м; V – объемная производительность центрифуги, м³/с; α – угол между образующей тарелки и вертикальной осью центрифуги; τ – время прохождения жидкости через межтарелочное пространство, с; r_{min} – минимальный радиус тарелки, м; r_{max} – максимальный радиус тарелки, м; H – высота тарелки, м.

В соответствии с [2] средняя скорость протока масла вдоль образующей конуса центрифуги (см. рисунок)

$$u_{np}^{cp} = W / [2\pi \varepsilon \rho_s \ell_2 r_{min} \cos \theta_0], \quad (2)$$

где W – производительность центрифуги, кг/с; ε – коэффициент порозности материала фильтровальной перегородки; ρ_s – плотность суспензии, кг/м³; ℓ_2 – радиальное расстояние между конусами центрифуги, м; r_{min} – минимальный радиус внутреннего конуса центрифуги, м; θ_0 – угол между образующей конуса и вертикальной осью центрифуги.

Скорость фильтрования в центробежном поле цилиндрической центрифуги [3]

$$u_c = (\rho_s - \rho_f) \omega^2 (R^2 - r_o^2) \pi \cdot 10^{-1,82(1-B)} \cdot k_c \cdot L (R + r_c) \times [2 \mu (R - r_c)], \quad (3)$$

где ρ_f – плотность дисперсионной среды (масла), кг/м³; ω – частота вращения ротора центрифуги, с⁻¹; R – переменный наружный радиус кольцевого слоя осадка, м; r_o – переменный внутренний радиус слоя жидкости в роторе, м; B – коэффициент порозности; k_c – коэффициент проницаемости фильтрующего материала, цеолита, м²; μ – динамическая вязкость суспензии, Па·с; L – длина образующей конуса, м; r_c – переменный внутренний радиус кольцевого слоя осадка, м [3].

Для центрифугирования в конической центрифуге при заполнении всего пространства между обечайками конуса $r_c = r_o$, при этом R – средний радиус наружного конуса центрифуги, r_o – средний радиус внутреннего конуса центрифуги.

Тогда средняя скорость движения масла к центру центрифуги [4]

$$u_c^{cp} = (\rho_s - \rho_f) \omega^2 k_c \{ [(r_{max} + \ell_2)(r_{min} + \ell_2)]^{1/2} + (r_{max} r_{min})^{1/2} \} / [2 \mu (r_{max} - r_{min})], \quad (4)$$

где r_{max} – максимальный радиус внутреннего конуса центрифуги, м.

Из теории фильтрования известно, что коэффициент проницаемости

$$k_c = 0,246 d^2 \varepsilon^3 / 36(1 + \varepsilon), \quad (5)$$

где d – эквивалентный диаметр частиц цеолита, м.

Отношение [3] $u_{np}^{cp} / u_c^{cp} = L / \ell_2 = H / (\cos \theta_0 \ell_2)$, (6)

где H – высота конуса центрифуги, м.

Подставив значения u_{np}^{cp} , u_c^{cp} и k_c из формул (2), (4) и (5) в формулу (6) и выполнив соответствующие преобразования, получим производительность центрифуги

$$W = 0,0215 (\rho_s - \rho_f) (\rho_s / \mu) H \operatorname{tg} \theta_0 r_{min} d^2 \varepsilon^4 \times \omega^2 10^{-1,82(1-B)} \{ (r_{max} r_{min})^{1/2} + [(r_{max} + \ell_2)(r_{min} + \ell_2)]^{1/2} \} / [(r_{max} - r_{min})(1 + \varepsilon)]. \quad (7)$$

Запишем уравнение производительности (7) как произведение трех показателей: C_m (кг·с/м⁵), характеризующего производительность конической центрифуги в зависимости от свойств обрабатываемого масла; C_u (м²), характеризующего работу конической центрифуги в зависимости от параметров фильтровальной перегородки (цеолита); k_u (м³), характеризующего влияние конструктивных параметров:

$$W = 0,0215 \omega^2 C_m C_u k_u, \quad (8)$$

$$C_m = (\rho_s - \rho_f) / v(1 + 100 \alpha), \quad (9)$$

где α – массовая доля нежировых примесей.

$$C_u = d^2 \varepsilon^4 / [(1 + \varepsilon) 10^{1,82/(1 + \varepsilon)}], \quad (10)$$

$$k_u = r_{min} \{ [(r_{min} + H \operatorname{tg} \theta_0) r_{min}]^{1/2} + [(r_{min} + H \operatorname{tg} \theta_0 + \ell_2) \times (r_{min} + \ell_2)]^{1/2} \}^2. \quad (11)$$

Математическая модель эффективности технологических линий производства и очистки растительных масел разработана на основе системного подхода, учитывает влияние на выходной эффект возмущающих, управляющих и входных показателей. Использование математической модели позволило обосновать оптимальную структуру технологической линии с использованием фильтрующей конической центрифуги, обеспечивающей качественную очистку растительных масел. Разработана математическая модель процесса центрифугирования в конической центрифуге с фильтрующим материалом – цеолитом, использование которой позволило обосновать рациональные конструктивные и технологические параметры фильтрующей конической центрифуги.

ЛИТЕРАТУРА

1. Земсков В.И., Харченко Г.М. Технологический процесс при очистке растительных масел на конической фильтрующей центрифуге. Рекомендации. Барнаул: АГАУ. – 2007. – 18 с.
2. Бремер Г.И. Жидкостные сепараторы. – М.: Машгиз, 1957. – 295 с.
3. Соколов В.И. Промышленные центрифуги. – М.: Машиноиздат, 1961. – 453 с.
4. Харченко Г.М. Влияние свойств соевого масла на производительность конической фильтрующей центрифуги // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 1. – С. 48-50.