

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ФАКТОРОВ НА РАЗДЕЛЯЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ЖИДКОСТНЫХ ЦЕНТРИФУГ L5

Н.Н.Мизерецкий А.Н.Богатырев

Разработка современных методов расчета разделяющей способности жидкостных центрифуг с учетом их конструктивных особенностей и особенностей обрабатываемых дисперсных систем представляет актуальную задачу.

Из множества современных конструктивных форм рабочего органа жидкостных центрифуг для этой цели выделены три ее основных типа, принципиальные схемы которых изображены на рис. I.

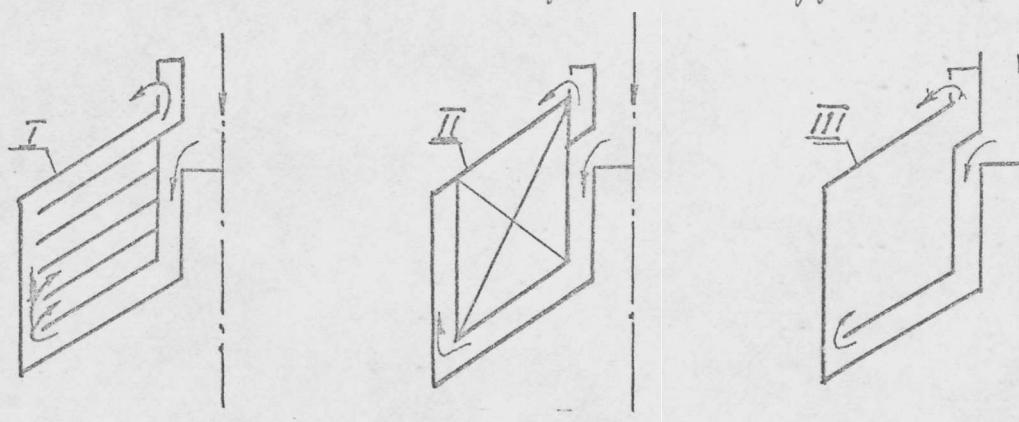


Рис. I. Основные типы рабочего органа жидкостных центрифуг

I - барабан центрифуги с тарельчатыми коническими вставками; II - барабан центрифуги с крыльчатыми радиальными вставками; III - барабан центрифуги без вставок

Эффективность процесса центрифугирования различных дисперсных систем достаточно полно определяется взаимодействием трех комплексов факторов: физико-химических, гидродинамических и конструктивных.

Из комплекса физико-химических факторов учтены только те, которые определяют состояние и свойства дисперсной системы в целом, а именно: материальный состав дисперсной системы; агрегатное состояние извлекаемой фазы; концентрацию дисперсной фазы (n); дисперсный состав фазы; плотность дисперсной фазы (ρ_f) и плотность дисперсионной среды (ρ_c); вязкость среды (μ или ν).

Из гидродинамических факторов учтены только те, которые определяют закономерность движения вязкой несжимаемой жидкости в барабане центрифуги: расход жидкости, поступающей в центрифугу (Q) и угловую скорость барабана центрифуги (ω_0) или жидкости (ω).

Из конструктивных факторов рассматриваются только те, которые непосредственно влияют на эффективность процесса центрифугирования дисперсных систем: объем жидкостного пространства в барабане (V), расстояние между тарелками (h) и максимальный радиус тарелки (R).

При построении математической модели процесса центрифугирования дисперсных систем рассматриваются дисперсные системы, состоящие только из дисперсионной среды и одной дисперсной фазы (твердой или жидкой); дисперсная фаза представляет собой n шарообразных частиц, нормально распределенных по величине диаметра, плотность которых (ρ_x) равна плотности вещества дисперсной фазы (ρ_f) и большее плотности дисперсионной среды; в поле силы тяжести рассматриваемые дисперсные системы достаточно кинетически и агрегативно устойчивы; общее объемное содержание дисперсной фазы незначительно, и частицы ее распределены в дисперсионной среде равномерно; все частицы дисперсной фазы могут быть выделены из дисперсионной среды центрифугированием.

Для построения математической модели процесса центрифугирования в жидкостных центрифугах с барабанами рассмотренных выше типов предположим, что уменьшение числа частиц дисперсной фазы со средним диаметром (d) в единице объема дисперсной системы (a_h) в результате центрифугирования прямо пропорционально концентрации частиц дисперсной фазы в единице объема (h), произведению факторов процесса ($\Delta\rho \cdot d^2 w^2 M^{-1}$) и продолжительности центрифугирования t , что дает:

$$dn = -K_n \Delta\rho \cdot d^2 w^2 h^{-1} dt \quad (1)$$

где K - коэффициент пропорциональности, зависящий от времени и степени агрегирования частиц дисперсной фазы, степени турбулизации потока обрабатываемой жидкости в барабане центрифуги,

$\Delta\rho$ - разность плотностей частиц дисперсной фазы и дисперсионной среды $\Delta\rho = \rho_x - \rho_c$

Зависимость коэффициента K от степени агрегирования частиц, турбулизации потока и времени представим в виде:

$$K = \frac{K_1 (I + 7A)}{9(I + C \frac{\ln(\frac{R}{d}) \rho_w \omega R}{40M \cdot D})(I + K_2 T)^2} \quad (2)$$

где K_1 - безразмерный коэффициент пропорциональности,
 A - безразмерный коэффициент, учитывающий степень агрегирования частиц дисперсной фазы,
 C - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние концентрации частиц дисперсной фазы,
 K_2 - коэффициент пропорциональности, учитывающий зависимость K от времени.

Решая уравнение (1) с учетом (2), получим:

$$\eta = I - e^{-y}, \quad (3)$$

где η - степень извлечения частиц дисперсной фазы в результате центрифугирования, в долях единицы; $\eta = (n_i - n_k) : n_i$, где n_i и n_k соответственно концентрация частиц дисперсной фазы, до и после центрифугирования,
 e - основание натуральных логарифмов,
 y - показатель степени, характеризующий условия центрифугирования, $y = K (I + K_2 T) \Delta \rho d^2 \omega^2 \mu^{-1} t$

График функции (3) для определения степени извлечения частиц дисперсной фазы в пределах $0 \leq \eta \leq 1$, при изменении показателя условий центрифугирования в пределах $0 \leq y \leq 10$ изображен на рис. 2.

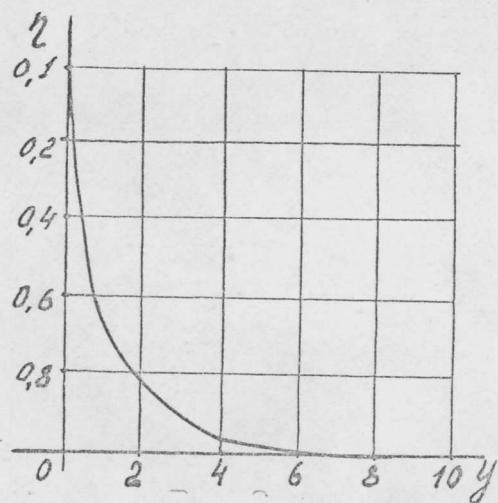


Рис. 2. График функции $\eta = I - e^{-y}$

Так, например, если $y=2$, то $\eta=0,860$, т.е. степень извлечения частиц дисперсной фазы при центрифугировании дисперсной системы в условиях, когда $y=2$, составляет 86%.

Для нахождения значений η при значениях $2 < y < 7$ служит табл. I.

Таблица I
Значение функции $\eta = I - e^{-y}$

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
90	2,303	2,313	2,328	2,334	2,344	2,354	2,365	2,376	2,386	2,397
91	2,409	2,420	2,431	2,442	2,545	2,466	2,477	2,489	2,502	2,514
92	2,526	2,539	2,552	2,564	2,578	2,591	2,604	2,618	2,632	2,546
93	2,660	2,674	2,689	2,704	2,719	2,734	2,749	2,765	2,781	2,797
94	2,814	2,831	2,848	2,865	2,883	2,901	2,919	2,938	2,957	2,976
95	2,996	3,016	3,037	3,058	3,080	3,102	3,124	3,147	3,171	3,195
96	3,219	3,245	3,271	3,297	3,325	3,353	3,382	3,412	3,443	3,474
97	3,507	3,541	3,576	3,612	3,650	3,689	3,730	3,773	3,817	3,864
98	3,913	3,964	4,018	4,075	4,136	4,200	4,269	4,343	4,423	4,510
99	4,606	4,711	4,829	4,962	5,116	5,299	5,522	5,810	6,215	6,908

Так, например, если $y=3,65$, то $\eta=0,974$ (97,4%).

В рассматриваемом нами случае, когда объемное содержание дисперсной фазы незначительно, можно принять: $K_1=I$, $C=I$, $K_2=0$. Приведя уравнение (3) к удобному для теоретического анализа виду, будем иметь:

$$\eta = I - e^{-\frac{A}{\omega^2 + Bh}} \quad (4)$$

$$A = \frac{g_m}{\Delta \rho d^2 (1+7A)} \quad (5)$$

$$B = \frac{9R}{40(I+7A)D} \quad (6)$$

Выражение (4) дает возможность проанализировать в первом приближении влияние конструктивных факторов на разделяющую способность жидкостных центрифуг при сравнении барабанов типа I, II и III.

С этой целью зададимся произвольными значениями факторов про-

цесса центрифугирования, например: $\tau = 10^2$ сек., $A = 10^7$ сек.⁻¹, $B = 10^3$ сек·м⁻¹, $h_I = 10^{-3}$ м, $h_{II} = h_{III} = 10^{-1}$ м. Скорость вращения барабана центрифуг приемлем одинаковой для всех трех типов рабочего органа (I, II, III), $\omega_0 = 500$ сек.⁻¹. Для барабанов типа I и II можно положить в первом приближении $\omega_{I, II} \approx \omega_0$.

Для барабанов типа III необходимо учесть степень отставания жидкости от поверхности рабочего органа центрифуги, которая составляет в среднем до 50% от ω_0 , что дает $\omega_{III} \approx 0,5\omega_0$.

Результаты определения разделяющей способности жидкостных центрифуг по формуле (4) с учетом сделанных предположений приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Тип барабана	h мм	ω_0 1/сек.	ω 1/сек.	A 1/сек.	B сек./м	τ сек.	η
I	I	500	500	10^7	10^3	100	0,91
II	100	500	500	10^7	10^3	100	0,51
III	100	500	250	10^7	10^3	100	0,32

Из табл. 2 следует, что барабаны жидкостных центрифуг типа I, II, III по разделяющей способности существенно отличаются друг от друга.

В барабанах типа I высокая степень разделения дисперской системы достигается как за счет более полного ее вовлечения развитой поверхностью тарелок во вращение со скоростью ($\omega \approx \omega_0$), так и за счет более низкой степени турбулизации потока жидкости при движении его в узких каналах, образованных тарелками. Поэтому в рассматриваемом примере $\eta_I = 91\%$.

Сравнительно низкая разделяющая способность барабанов типа II определяется в основном более высокой степенью турбулизации потока жидкости при движении его в широких каналах, образованных боковыми стенками радиальных крыльчатых вставок, крышкой барабана и направляющей тарелкой. Скорость вращения жидкости ω существенно не отличается от скорости вращения барабана центрифуги ($\omega \approx \omega_0$). Поэтому в рассматриваемом примере $\eta_{III} = 51\%$.

Низкая разделяющая способность барабанов типа III определяется, в первую очередь, существенным отставанием центрифугируемой жид-

Fig. 1. The main types of the working organ of liquid centrifuges

- I - centrifuge drum with plate conical inserts
- II - " " wing radial inserts
- III - " " without inserts

Fig. 2. Graph of the function $= 1-e^{-y}$

Table I

The value of the function $= 1-e^{-y}$

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
90	2.303	2.313	2.328	2.334	2.344	2.354	2.365	2.376	2.386	2.397
91	2.409	2.420	2.431	2.442	2.545	2.466	2.477	2.489	2.502	2.514
92	2.526	2.539	2.552	2.564	2.578	2.591	2.604	2.618	2.632	2.546
93	2.660	2.674	2.689	2.704	2.719	2.734	2.749	2.765	2.781	2.797
94	2.814	2.831	2.848	2.865	2.883	2.901	2.919	2.938	2.957	2.976
95	2.996	3.016	3.037	3.058	3.080	3.102	3.124	3.147	3.171	3.195
96	3.219	3.245	3.271	3.297	3.325	3.353	3.382	3.412	3.443	3.474
97	3.507	3.541	3.576	3.612	3.650	3.689	3.730	3.773	3.817	3.864
98	3.913	3.964	4.018	4.075	4.136	4.200	4.269	4.343	4.423	4.510
99	4.606	4.711	4.829	4.962	5.116	5.299	5.522	5.810	6.215	6.908

Table 2

Drum type	h, mm	W_0 1/sek.	W 1/sek.	A 1/sek.	B sek./m		
I	1	500	500	10^7	10^3	100	0.91
II	100	500	500	10^7	10^3	100	0.51
III	100	500	250	10^7	10^3	100	0.32

кости от поверхности рабочего органа ($\omega_{III} = \omega_0$). Степень турбулизации потока жидкости в барабанах типа III в первом приближении не отличается от степени турбулизации потока в барабанах типа II ($Bh_{II} \approx Bh_{III}$). Поэтому в рассматриваемом примере $\eta_{III} = 32\%$.

Разработанный метод расчета разделяющей способности жидкостных центрифуг с барабанами рассмотренных типов хорошо согласуется с опубликованными в литературе экспериментальными данными и может быть применен в практике проектирования и эксплуатации оборудования для разделения различных жидкостных систем мясной промышленности (сепарирование крови, очистка жиров, клеевых и желатиновых бульонов и т.п.) методом центрифугирования.

Accelerated method of drying raw skins under climatic conditions.

J. Kondratenko, I. Rousev, N. Tomov, A. Mladenov,

A. Dragenov & S. Guergiev

L6

Investigations on meat and sub-product yield from Bordizzo
and Ring castrated lambs.

L. Ivanov, O. Neychev, D. Kazarov, P. Velinov, A. Petkov,

E. Markov & G. Dimitrov.

L7