



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Машины и аппараты пищевых производств»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практикуму
по дисциплине

«Процессы и аппараты пищевых производств»

Автор

В.Д. Ильченко

Н.В. Гучева

Ростов-на-Дону, 2013



Аннотация

Методические указания предназначены для студентов очной и заочной формы обучения по специальности 260601 Машины и аппараты пищевых производств и по направлениям 260100 Продукты питания из растительного сырья, 151000 Технологические машины и оборудование.

Авторы

к.т.н., проф. В.Д. Ильченко,
ст. препод. Н.В. Гучева





Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ЗАДАЧА № 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ОСАЖДЕНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ В ВЯЗКОЙ СРЕДЕ	5
ЗАДАЧА № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ И ПЛОЩАДИ ОТСТАИВАНИЯ ОТСТОЙНИКА	7
ЗАДАЧА № 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ СУЩЕСТВОВАНИЯ ПСЕВДООЖИЖЕННОГО СЛОЯ.....	9
ЗАДАЧА № 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ МЕШАЛКИ СМЕСИТЕЛЯ.....	12
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	14



ВВЕДЕНИЕ

Пищевая промышленность включает много различных по назначению производств: крахмалопаточное, бродильное, хлебопекарное, производство сахара, мучных кондитерских и макаронных изделий и т.д. К пищевой промышленности относится также производство напитков, различных добавок, табачных изделий, мыла и моющих средств на жировой основе, производство парфюмерной и косметической продукции.

Однако при всем разнообразии технологических процессов в пищевой промышленности многие из них являются общими для различных производств. Так, например, в любом пищевом производстве встречается смешивание. Его цель – обеспечить хороший контакт между различными веществами и таким образом интенсифицировать процесс либо растворения, либо химической реакции, либо поглощения одного вещества другим, либо теплообмена и т.д.

Таким образом, процессы пищевых производств могут быть разделены на общие и специфические. Приоритет в изучении дисциплины отдается процессам, имеющим общий характер и применимым в нескольких производствах.

В связи с чем, целью методических указаний является: «Ознакомление с некоторыми методиками расчета процессов и аппаратов пищевых производств».

Задание выполняется обучающимися как по очной, так и по заочной форме обучения по индивидуальному варианту, который определяется порядковым номером студента в списке группы.

ЗАДАЧА № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ОСАЖДЕНИЯ
ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ В ВЯЗКОЙ СРЕДЕ

Определить скорость осаждения (или всплытия) в вязкой среде плотностью $\rho_{ж}$, вязкостью $\mu_{ж}$ и температурой t , твердых частиц сферической формы диаметром d и плотностью $\rho_{т}$. Представить графическую зависимость (для пяти точек) изменения скорости осаждения (или всплытия) твердых частиц от переменного параметра, указанного в задании полужирным шрифтом. Сделать вывод.

Вар.	$d, 10^{-3}$ м	$\rho_{т},$ кг/м ³	$\rho_{ж},$ кг/м ³	$t, ^{\circ}\text{C}$	$\mu_{ж},$ Па·с
1	0,01..1, 0	2500	1000	20	$1 \cdot 10^{-3}$
2	0,005.. 0,1	2500	925	20	$0,175/[10\exp(0,31+0,026t)]$ (растительное масло)
3	0,001.. 0,01	700	970	20	Натуральное молоко*
4	0,001	700	970	35..20	Натуральное молоко*
5	0,001	1100	976	15, 20, 25	$1,332 \cdot 10^{-3}$ (при $t = 15^{\circ}\text{C}$) $1,2 \cdot 10^{-3}$ (при $t = 20^{\circ}\text{C}$) $1,1 \cdot 10^{-3}$ (при $t = 25^{\circ}\text{C}$)
6	0,001	1000	1293	0..50	$(1720-1,05 \cdot 10^{-5}t + 3,35t^2 + 4,7t^3)10^{-8}$ (воздух)
7	0,005.. 0,1	1500	925	30	$0,175/[10\exp(0,31+0,026t)]$ (растительное масло)
8	0,005.. 0,01	1100	1293	150	$(1720-1,05 \cdot 10^{-5}t + 3,35t^2 + 4,7t^3)10^{-8}$ (воздух)
9	0,001	1100	925	20...50	$0,175/[10\exp(0,31+0,026t)]$ (растительное масло)
0	0,001	1100.. 2500	1000	20	$1 \cdot 10^{-3}$

- для натурального молока вязкость $\mu_{ж}$ при температуре t определяется из выражения:

$$\mu_{жк} = \frac{12,2 \cdot 10^{-3}}{t^{0,85}}.$$

Скорость v_0 осаждения частицы в вязкой среде под действием силы тяжести определяется по формуле:

$$v_0 = \frac{Re \cdot \mu_{жк}}{d \rho_{жк}},$$

где Re – критерий Рейнольдса.

Критериальное уравнение, описывающее процесс осаждения имеет вид:

$$Re = A(\phi Ar)^n,$$

где A, n – экспериментальный коэффициент и показатель степени;

ϕ – коэффициент, зависящий от формы частицы ($\phi = 1$ для сферической формы);

Ar – критерий Архимеда, определяемый из выражения:

$$Ar = g \frac{d^3 (\rho_T - \rho_{жк}) \rho_{жк}}{\mu_{жк}^2}$$

Для ламинарного режима движения при

$$\phi Ar < 33 \quad Re = \frac{1}{18} \phi Ar$$

Для переходного режима движения при

$$33 < \phi Ar \leq 83 \cdot 10^3 \quad Re = 0,153(\phi Ar)^{0,175}$$

Для турбулентного режима при

$$\phi Ar > 83 \cdot 10^3 \quad Re = 1,74(\phi Ar)^{0,5}$$



ЗАДАЧА № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ И ПЛОЩАДИ ОТСТАИВАНИЯ ОТСТОЙНИКА

Определить эффективность разделения и площадь отстаивания для непрерывного разделения суспензии в отстойнике производительностью G . При начальной концентрации суспензии X_c , минимальном диаметре частиц d_{min} , температуре суспензии t , концентрации частиц в осветленной продукте X_n , концентрации частиц в осадке $X_o = 70 \text{ масс.}\%$, плотности частиц ρ_T . Представить графическую зависимость (для пяти точек) эффективности разделения или площади отстаивания от переменного параметра, указанного в задании полужирным шрифтом. Сделать вывод.

Вар.	G , т/ч	X_c , масс%	d_{min} , мм	t , °C	X_n , масс%	$\mu_{ж}$, Па·с
1	50	10..20	0,03	15	2	$1,14 \cdot 10^{-3}$
2	40	20..30	0,05	20	2	$1,24 \cdot 10^{-3}$
3	10	25	0,07	30	2	$0,8..1,2 \cdot 10^{-3}$
4	20	15	0,02..0,05	25	2	$0,97 \cdot 10^{-3}$
5	30	10	0,01..0,03	20	2	$1,04 \cdot 10^{-3}$
6	50	30	0,03	25	1	$0,8..1,2 \cdot 10^{-3}$
7	5	30	0,001	+10..+30	1	*
8	20	20..50	0,01	10	2	$1,24 \cdot 10^{-3}$
9	30	45	0,02..0,05	15	2	$1,04 \cdot 10^{-3}$
0	40	25	0,01..0,03	20	2	$0,97 \cdot 10^{-3}$

*



Машины и аппараты пищевых производств

$$\mu_{ж} = (1,77 - 0,03477t + 0,0006t^2 - 1,12 \cdot 10^{-5}t^3) \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Площадь отстаивания отстойника определяется по формуле:

$$F = \frac{G}{\rho_{ж} v'_0} \cdot \frac{x_0 - x_c}{x_0 - x_n}$$

где $\rho_{ж} = 1000 \text{ кг/м}^3$; $v'_0 = 0,5v_0$, v_0 – скорость осаждения

Производительность отстойника по осветленному продукту определяется по формуле:

$$G_n = G \frac{x_0 - x_c}{x_0 - x_n}$$

Эффективность разделения определяется по формуле:

$$\Theta_p = \frac{Gx_c - G_n x_n}{Gx_c}$$



ЗАДАЧА № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ СУЩЕСТВОВАНИЯ ПСЕВДООЖИЖЕННОГО СЛОЯ

Для аппарата с псевдооживленным слоем зернистого материала определить: 1) скорость начала псевдооживления и рабочую скорость газового потока ($W=2$); 2) скорость уноса для каждой фракции. Представить графическую зависимость скорости уноса от диаметра частицы - среднее значение диаметра для каждой фракции. Сделать вывод. При заданной плотности частицы $\rho_T = 1100 \text{ кг/м}^3$, насыпной плотности $\rho_H = 650 \text{ кг/м}^3$ оживляющий агент – воздух при температуре $t = 150^\circ\text{C}$, вязкость которого $\mu_r = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$. Плотность воздуха определяется по формуле:

$$\rho_T = \rho_{20} \frac{273}{273+t},$$

где $\rho_{20} = 1,293 \text{ кг/м}^3$

Вариант	Фракция	2,0..1,5, мм	1,5..1,0, мм	1,0..0,5, мм	0,5..0, мм
1	Содержание	0,5	0,11	0,51	0,33
2	Содержание	0,16	0,18	0,22	0,44
3	Содержание	0,33	0,27	0,22	0,18
4	Содержание	0,43	0,28	0,17	0,12
5	Содержание	0,12	0,17	0,28	0,43
6	Содержание	0,18	0,33	0,27	0,22
7	Содержание	0,33	0,51	0,11	0,5

8	Содержание	0,44	0,22	0,18	0,16
9	Содержание	0,18	0,22	0,27	0,33
0	Содержание	0,45	0,25	0,20	0,10

Рабочая скорость ожижающего агента для поддержания устойчивого псевдооживленного слоя определяется по формуле:

$$v = W v_0,$$

где W – число псевдооживления, характеризующее состояние слоя и интенсивность перемешивания частиц в слое;

v_0 – скорость начала псевдооживления определяется по формуле:

$$v_0 = \frac{Re_0 \mu_2}{d_3 \rho_2} \quad (1)$$

где μ_2 – динамический коэффициент вязкости ожижающего агента в Па·с; ρ_2 – плотность ожижающего агента в кг/м³; d_3 – эквивалентный диаметр частиц в M_1 , определяется по формуле:

$$d_3 = \frac{1}{\sum \frac{x_i}{d_i}}$$

где x_i , d_i – содержание в долях и средний диаметр частицы для каждой фракции соответственно.

Re_0 – критерий Рейнольдса для начала псевдооживления определяется по формуле:

$$Re_0 = \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}}$$

Вторая критическая скорость или скорость уноса v_B определяется по формуле (1), и критерий Рейнольдса вычисляется по формуле:

$$Re_0 = \frac{Ar}{18 + 0,575\sqrt{Ar}}$$



Критерий Архимеда определяется по формуле:

$$Ar = \frac{d_s^3 \rho_T \rho_s g}{\mu_s^2}$$



ЗАДАЧА № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ МЕШАЛКИ СМЕСИТЕЛЯ

Определить мощность, потребляемую открытой мешалкой с шестью плоскими лопатками, которая вращается с частотой n при смешивании компонентов смеси в аппарате диаметром D . При заданной плотности жидкого компонента $\rho_{ж} = 1070 \text{ кг/м}^3$, вязкостью $\mu_{ж}$ содержание твердой фазы φ . Плотность твердых частиц $\rho_{т} = 1400 \text{ кг/м}^3$. Представить графическую зависимость (для пяти точек) изменения мощности от переменного параметра, указанного в задании полужирным шрифтом. Сделать вывод.

№ вар.	$n, \text{ с}^{-1}$	$D, \text{ м}$	φ	$\mu_{ж}, \text{ Па}\cdot\text{с}$
1	0,5..5	1,2	0,3	0,02
2	4,7	0,5..1,2	0,3	0,02
3	4,7	1,2	0,1..0,5	0,02
4	4,7	1,2	0,3	0,001..0,02
5	6..10	1	0,4	0,05
6	5	1,1	0,2..0,5	0,045
7	6	0,8	0,4..0,8	0,2
8	8	1..1,5	0,45	0,3
9	10	0,5	0,2..0,5	0,03
0	1	1,5	0,6	0,02..0,045

Мощность, потребляемая мешалкой определяется по формуле:

$$N = Eu_m \rho_c n^3 d_m^5 Bm,$$

где d_m – диаметр мешалки, м; Eu_m – критерий Эйлера для рассматриваемой мешалки, который может быть определен из следующих соотношений:

для чисел Рейнольдса $Re < 70$



Машины и аппараты пищевых производств

$$Eu_m = 49,38 Re^{-0,66}$$

для чисел Рейнольдса $70 < Re < 40000$

$$Eu_m = 15,1 Re^{-0,26}$$

для чисел Рейнольдса $Re > 40000$

$$Eu_m = 1$$

Число Рейнольдса определяется из выражения:

$$Re_m = \frac{\rho_c n d^2}{\mu_{ж}}$$

где ρ_c – плотность суспензии $\rho_c = \rho_{ж} + \varphi(\rho_T - \rho_{ж})$



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кавецкий Г.Д., Касьяненко В.П. Процессы и аппараты пищевой технологии –М.: КолосС, 2008. -591с.
2. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств–М.: КолосС, 2008. -750с.