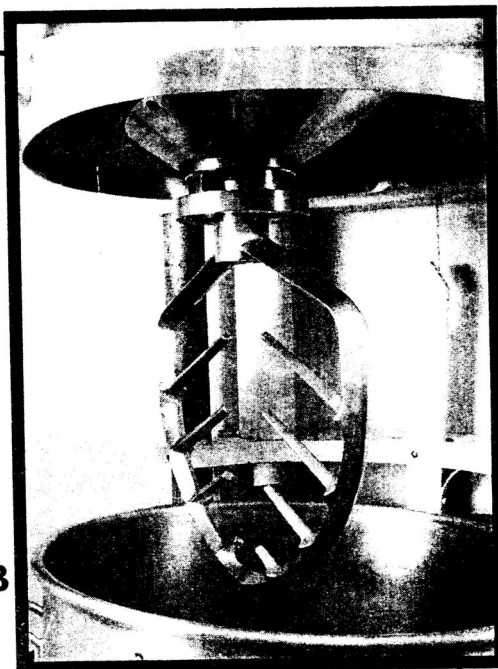


6420

ПРАКТИКУМ

О.М. ПРОХОРОВ
В.В. ШУТЮК



ПРОЦЕСИ І ОБЛАДНАННЯ ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Київ НУХТ 2004

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**О.М. ПРОХОРОВ
В.В. ШУТЮК**

**ПРОЦЕСИ І ОБЛАДНАННЯ ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ
ТА МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

ПРАКТИКУМ

для студентів спеціальності 6.090226

“Обладнання фармацевтичної
та мікробіологічної промисловості”

денної форми навчання

Національний університет
харчових технологій

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНА
БІБЛІОТЕКА**

СХВАЛЕНО

на засіданні кафедри
машин і апаратів
харчових виробництв
як конспект лекцій
Протокол № 7
від 12. 01. 04 р.

Київ НУХТ 2004

Прохоров О.М., Шутюк В.В. Процеси і обладнання фармацевтичної та мікробіологічної промисловості: Практикум для студ. спец. 6.090226 “Обладнання фармацевтичної та мікробіологічної промисловості” ден. форми навч. — К.: НУХТ, 2004. — 95 с.

**О.М. Прохоров,
В.В. Шутюк,** кандидати техн. наук

Відповідальний за випуск **В.М. Таран**, д-р техн. наук, проф.

Видання подається в авторській редакції

© О.М. Прохоров,
В.В. Шутюк
© НУХТ, 2004

ЗМІСТ

1. Загальні методичні вказівки до виконання індивідуальних завдань	4
2. Індивідуальні завдання з механічних процесів та обладнання	5
3. Приклади розв'язання задач індивідуального завдання з механічних процесів і обладнання	11
4. Індивідуальні завдання з теплових процесів та обладнання	18
5. Приклад розв'язання задачі індивідуального завдання з теплових процесів і обладнання	22
6. Індивідуальні завдання з масообмінних процесів і обладнання	29
7. Приклади розв'язання задач індивідуального завдання з масообмінних процесів і обладнання	35
8. Завдання практичних занять	49
9. Приклади розв'язання задач з практичних заняттям	55
Література	95

В курсі "Процеси і обладнання фармацевтичних та мікробіологічних виробництв" розглядається фізична суть процесу, що протікає в різноманітних машинах і апаратах, математичне описування даних процесів, а також розглядається будова та методи їх розрахунку.

Призначення даного курсу - дати майбутнім фахівцям достатні знання про основні закономірності протікання процесів в обладнанні фармацевтичних і мікробіологічних виробництв, математичне описування даних процесів раціональні методи будови обладнання та методи його розрахунку.

Дисципліна "Процеси і обладнання фармацевтичних та мікробіологічних виробництв" вивчається на протязі трьох семестрів.

1. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

В шостому семестрі передбачено виконання п'яти задач по розділу "Механічні процеси і обладнання". Умови задач і вихідні дані до їх виконання приведені в таблицях 1-5. Кожна задача має 100 варіантів вихідних даних. Викладач видає студенту певний варіант для всіх задач, або для кожної задачі окремий варіант. Наприклад, варіант 6 в відповідає рядку 6 та в усіх таблицях вихідних даних.

У сьомому семестрі передбачено виконання трьох задач з розділу "Теплові процеси і обладнання".

У восьмому семестрі передбачено виконання трьох задач з розділу "Масообмінні процеси і обладнання".

При оформленні індивідуальної роботи студент керується наступними вимогами:

1) Індивідуальне завдання виконується відповідно виданому завданню. В іншому випадку задачі не зараховуються і повертаються для доопрацювання відповідно даним вимогам.

2) Індивідуальне завдання виконується в окремому зошиті. По зовнішнім краям аркушів передбачаються поля шириною 20 - 30 мм.

3) Обкладинка зошита оформлюється згідно вимог титульних листів індивідуальних робіт.

4) Обов'язково переписуються умови задач з власними вихідними даними.

5) При розв'язанні задачі необхідно записати формулу, по якій виконуються обчислення, потім підставити значення та обчислити результат.

6) Розрахунки виконувати в системі одиниць (СІ).

7) При використанні довідникових даних по фізичним властивостям речовин необхідно вказати джерело, по якому, ці довідникові дані отримані.

8) У випадку відсутності деяких даних для рішення задачі, студент повинен їх вибрати самостійно з обов'язковою мотивацією прийнятого рішення.

9) Після рішення кожної задачі необхідно зобразити схему будови даного обладнання і проставити отримані розміри і описати будову та принцип дії.

10) Кожна задача вирішується згідно графіка виконання самостійної роботи і результати подаються для перевірки викладачу.

11) В кінці самостійної роботи обов'язково подається перелік використаної літератури, згідно використання.

12) Неправильно вирішені задачі із зауваженнями викладача повертаються студенту для доопрацювання. Останній термін здачі індивідуального завдання за 15 днів до початку сесії.

13) Кожну задачу студент захищає у визначений викладачем термін.

2. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ З МЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ОБЛАДНАННЯ

ЗАДАЧА №1. Розрахунок щогової дробарки

Визначити необхідне число щогових дробарок для подрібнення матеріалу "М" при продуктивності G . Визначити також потужність електродвигуна приводу, при середньому розмірі кусків дробленого матеріалу d_k , найбільший розмір кусків дробленого матеріалу d_n , коефіцієнт розрихлення матеріалу μ . Довжина випускаємої щілини L , хід щоки S , кут захвата α , густина матеріалу ρ_m , насипна густина ρ_n , межа міцності на стиск $\sigma_{ст}$, модуль пружності E (табл. 1.).

ЗАДАЧА №2. Розрахунок пилоосаджувальної камери

Розрахувати пилоосаджувальну камеру поличного типу для грубого очищення V димових газів, забруднених дрібними частинками пилу матеріалу "М", густиною ρ_r . Температура газів t_g . Мінімальний розмір уловлених частинок d . Для температури t_g приведені характеристики: густина ρ , коефіцієнт динамічної μ та кінематичної в'язкості ν (табл. 2).

ЗАДАЧА №3. Розрахунок циклону

Розрахувати відцентровий пилоуловлювач (циклон) для уловлення із повітря дрібних твердих частинок пилу матеріалу "М". Найменший діаметр уловлених частинок d . Об'єм поступаючого повітря V_p , середня температура t_p . Швидкість повітря на вході в циклон $W_{вх}$, швидкість у вихлопній трубі W_r . Циклон конструкції НДІОГАЗ (табл. 3).

ЗАДАЧА №4. Розрахунок апарату з мішалкою

В реакторі діаметром D , який заповнений реакційною масою на висоту H , температурою $t_{ж}$. Необхідно забезпечити рівномірне розподілення твердих частинок з найбільшим діаметром d_r , густиною ρ_r . Знайти частоту обертання і потужність приводу на перемішування для вибраної мішалки (табл. 4).

ЗАДАЧА №5. Розрахунок апарата з киплячим шаром

В апараті киплячого шару знаходиться матеріал "М" з висотою нерухомого шару H_0 . Еквівалентний діаметр частинок d_e . Зріджуємий агент — повітря з температурою t_p . Витрати повітря в робочих умовах V , число псевдозрідження K_w (табл. 5).

Таблиця 3

Варіант	Матеріал "М"	ρ_r , кг/м ³	d, мкм	$W_{зк}$, м/с	Варіант	$\nu \cdot 10^{-3}$, м ² /год	t_n , °C	ρ_r , кг/м ³	$\mu \cdot 10^{-6}$, Па·с	$\eta \cdot 10^{-6}$, м ² /с	W_r , м/с
1	Антрацит	1600	30	20	а	17	20	1,205	18,1	15,06	4,0
2	Апатит	3190	45	21	б	15	30	1,165	18,6	16,0	4,5
3	Кокс	1300	40	22	в	10	40	1,128	19,1	16,96	5,0
4	Вапняк	2650	50	23	г	16	50	1,093	19,6	17,95	5,5
5	Суша глина	2400	80	24	д	13	60	1,060	20,1	18,97	6
6	Цемент	2900	60	25	е	18	70	1,029	20,6	20,02	6,5
7	Вугілля кам'яне	1350	55	25	ж	12	80	1,0	21,1	21,09	7
8	Сухий пісок	1500	35	20	з	14	90	0,972	21,5	22,1	7,5
9	Зола	2200	20	22	и	11	100	0,946	21,9	23,13	8
10	Алебастр	2500	70	24	к	19	120	0,898	22,8	25,45	5

Таблиця 4

Варіант	Реакційна маса	Д, мм	Н, м	dt, мм	Варіант	tж, °C	ρ_r , кг/м ³	Загальна доля частинок
1	Вода	500	0,42	1,2	а	20	2500	0,1
2	Ацетон	700	0,38	1,3	б	30	2300	0,15
3	Гліцерин	1000	0,68	1,4	в	50	2240	0,09
4	Ізопропиловий спирт	1400	1,09	1,5	г	60	2200	0,18
5	Мурашкова кислота	1800	2,01	1,6	д	70	2650	0,07
6	Їдкий натр 30%	2400	2,27	1,9	е	70	1500	0,2
7	Хлористий кальцій 25%	2800	3,28	1,8	ж	90	2260	0,06
8	Хлор бензол	3000	3,64	1,7	з	80	2350	0,22
9	Сірковуглець	3000	5,57	1,5	и	90	2600	0,03
10	Октан	3200	4,18	1,3	к	60	1800	0,3

Таблиця 1

Варіант	Матеріал "М"	G, т/год	d _н , мм	L, мм	$\rho_{\text{в}}$, кг/м ³	$\rho_{\text{г}}$, кг/м ³	$\sigma_{\text{спе}} \cdot 10^{-6}$, Па	E · 10 ⁹ , Па	Варіант	d _к , мм	μ	S, мм	a, °C
1	Апатит	100	300	400	2800	1500	80	3	а	100	0,2	25	15
2	Гіпс	80	800	900	2690	1350	70	3	б	350	0,3	30	18
3	Граніт високої щільності	50	250	1200	3300	2000	350	7	в	200	0,4	35	20
4	Вапняк високої щільності	150	500	1500	3000	1800	250	6	г	60	0,5	25	23
5	Вапняк середньої щільності	70	450	2100	2300	1500	150	4	д	280	0,6	30	25
6	Вапняк простий	60	600	2100	2600	1400	50	2	е	120	0,65	30	21
7	Мергель	140	750	1500	2800	1500	100	4	ж	190	0,55	25	16
8	Антрацит	90	350	1200	1600	850	25	0,7	з	50	0,45	35	19
9	Апатит	120	400	900	2800	150	80	3	и	300	0,35	30	17
10	Колчедан рядовий	30	200	400	5200	3700	125	3,5	к	40	0,25	25	22

Таблиця 2

Варіант	V _о , м ³ /год	t ₂ , °C	$\rho_{\text{г}}$, кг/м ³	$\mu_{\text{г}} \cdot 10^6$, Па·с	V _г · 10 ⁸ , м ² /с	Варіант	Матеріал "М"	d, мкм	B, м	$\rho_{\text{г}}$, кг/м ³
1	1000	1000	0,275	48,4	174,3	а	Алебастр	500	2,0	2500
2	2000	900	0,301	45,9	152,5	б	Зола	290	2,5	2200
3	3000	800	0,330	43,4	131,8	в	Сухий пісок	800	3,0	1500
4	4000	700	0,363	40,7	112,1	г	Вугілля кам'яне	100	3,5	1350
5	5000	600	0,405	37,9	93,61	д	Цемент	1000	4,0	2900
6	6000	500	0,457	34,8	76,30	е	Суша глина	5920	2,0	2400
7	3500	400	0,525	31,7	60,38	ж	Кокс	10000	2,5	1300
8	2500	300	0,617	28,2	45,81	з	Вапняк	950	3,0	2650
9	1500	200	0,748	24,5	32,80	и	Апатит	7324	3,5	3190
10	4500	100	0,950	20,4	21,54	к	Антрацит	20000	4,0	1600

Таблиця 5

Варіант	Матеріал "М"	d_e , мм	$\varepsilon_{кр}$	ρ_r , кг/м ³	ρ_n , кг/м ³	Варіант	H_o , м	V , м ³ /год	K_w	t_a , °C
1	Апатит	1,5	0,48	3190	1850	а	1,0	4300	1,5	60
2	Гіпс	0,05	0,44	2240	1300	б	0,9	3200	1,6	70
3	Вапняк	2,8	0,60	2650	1800	в	0,8	2100	1,7	80
4	Кокс	6,0	0,56	1300	500	г	0,7	1000	1,55	90
5	Колчедан	10,0	0,55	5000	3300	д	0,6	1500	1,65	100
6	Пісок	2,0	0,46	1500	1200	е	0,6	3500	1,75	50
7	Крейда	0,06	0,46	2200	1300	ж	0,7	4500	1,2	40
8	Натрієва седи́тра	4,5	0,74	2260	1200	з	0,8	5000	1,3	30
9	Сода (кристалічна)	1,4	0,46	1450	800	и	0,9	5200	1,4	20
10	Кам'яна сіль	3,0	0,60	2350	1020	к	1,0	5500	1,45	120

3. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ З МЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І ОБЛАДНАННЯ

ЗАДАЧА №1. Розрахунок щоклової дробарки

Визначити необхідну кількість щоклових дробарок для подрібнення колчедану рядового при продуктивності $G = 30$ т/год. Визначити також потужність електродвигуна приводу, при умові, що розмір подрібненого матеріалу $d_k = 40$ мм. Найбільший кусок дробленого матеріалу $d_n = 200$ мм, коефіцієнт розрихлення матеріалу $\mu = 0,25$. Довжина випускної щілини $L = 400$ мм, крок щоки $S = 25$ мм, кут захвату $\alpha = 22^\circ$, щільність матеріалу $\rho = 400$ кг/м³, межа міцності на стискання $\sigma_{ст} = 125 \cdot 10^6$ Па, модуль пружності $E = 35 \cdot 10^{10}$ Па.

Рішення [6].

Знаходимо число обертів вала дробарки

$$n = 665 \cdot \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \alpha}{S}} = 665 \cdot \sqrt{\frac{\operatorname{tg} 22}{2,5}} = 665 \cdot \sqrt{\frac{0,4}{2,5}} = 266 \text{ хв}^{-1},$$

де $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 22^\circ = 0,4$; $[S = \text{см}]$. Приймаємо $n = 260 \text{ хв}^{-1}$.

Продуктивність щоклової дробарки визначаємо

$$Q = 0,15 \cdot \mu \cdot d_{cp} \cdot S \cdot L \cdot n \cdot \rho = 0,15 \cdot 0,25 \cdot 4 \cdot 2,5 \cdot 40 \cdot 260 \cdot 400 = 1,56 \text{ т/год.}$$

$[d_{cp}, S, L = \text{см}]$

Необхідна кількість дробарок

$$n = \frac{G}{Q} = \frac{30}{1,56} \cong 19$$

Потужність, що витрачається на подрібнення

$$N = \frac{\sigma^2 \cdot n \cdot L \cdot (d_n^2 - d_k^2)}{2340000 \cdot E} = \frac{(1250)^2 \cdot 260 \cdot 40 \cdot (20^2 - 4^2)}{2340000 \cdot 350000} = 7,6 \text{ кВт}$$

При запасі потужності 25 %, потужність електродвигуна складає

$$N_{ел} = 1,25 \cdot N = 1,25 \cdot 7,6 = 9,5 \text{ кВт.}$$

ЗАДАЧА №2. Розрахунок пилоосаджувальної камери

Розрахувати пилоосаджувальну камеру поличного типу для грубого очищення $V_0 = 2500$ м³/год димових газів, забруднених дрібними частинками пилу вапняку густиною $\rho_r = 2650$ кг/м³. Температура газів $t_2 = 300$ °С. Мінімальний розмір уловлюємих частинок $d = 950$ мкм. Фізичні властивості газу: густина $\rho_r = 0,617$ кг/м³, коефіцієнти динамічної та кінематичної в'язкості $\mu_r = 28,2 \cdot 10^{-6}$ Па·с, $\nu_r = 45,81 \cdot 10^{-8}$ м²/с.

Рішення [3].

Визначаємо об'єм газу, що поступає в пилоосаджувальну камеру