

## ВІДСТІЙНА ЦЕНТРИФУГА

**Мета роботи** – вивчення процесу розділення тонкодисперсної суспензії в центрифугі.

### Основні теоретичні відомості

Осадження під дією відцентрової сили застосовується для розділення пилів, емульсій і суспензій. Щоб здійснити цей процес, до часток необхідно прикласти відцентрові сили, що досягається дією на дисперсну систему відцентрових сил.

Для створення поля відцентрових сил у техніці використовують два прийоми: а) забезпечують обертовий рух потоку рідини (газу) у нерухливому апараті; б) потік направляють в обертовий апарат, де дисперсна система обертається разом з апаратом. У першому випадку відбувається циклонний процес, у другому – центрифугування.

Розділення суспензій і емульсій під дією відцентрової сили здійснюється в машинах, які називають центрифугами. Центрифугування можна здійснити за принципом відстоювання (у барабанах із суцільними стінками) або за принципом фільтрування (у барабанах з перфорованими стінками, внутрішня поверхня яких покрита фільтруючою перегородкою).

Центрифуги, застосовувані для осадження, називають *відстійними*; центрифуги, застосовувані для процесу фільтрування – *фільтруючими*.

Крім того, центрифуги розрізняють за принципом дії (періодично діючі і безперервно діючі), за способом вивантаження матеріалу (з ручним і механізованим вивантаженням) і за розташуванням вала (вертикальні, горизонтальні, похилі). За величиною фактора розділення розрізняють центрифуги нормальні (фактор розділення менше 3500) і суперцентрифуги (фактор розділення більше 3500).

### Опис установки

На рис. 1 подана схема будови пробіркової центрифуги типу Т-Т-23.

Центрифуга складається з корпусу 1, у якому на демпферах 2 встановлений колекторний електродвигун змінного струму 3. На конічний консольний вал електродвигуна вільно насаджений ротор центрифуги 4. Ротор центрифуги і корпус мають захисні кришки 5 і 6.

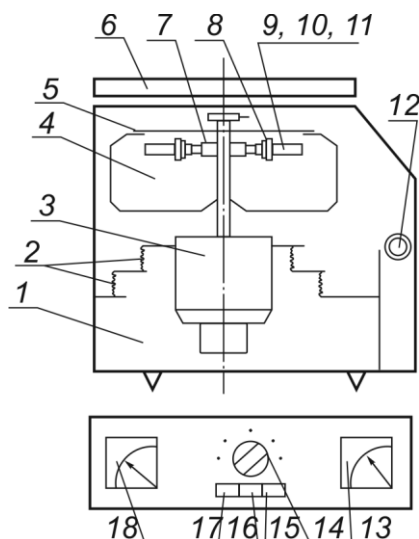


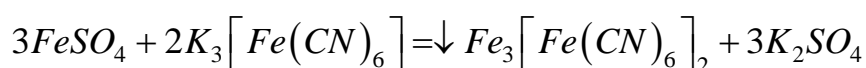
Рисунок 1 – Схема установки

Ротор центрифуги має коромисло 7, на якому закріплені чотири кільця 8 із вставленими в них металевими склянками 9. В ці металеві склянки вставлені гумові вкладиші 10 і скляні пробірки 11.

На панель керування центрифуги винесені кнопки «Пуск» – 17, «Реле часу» – 16, «Гальмо» – 15, регулятор частоти обертів ротора – 12, реле часу – 14, амперметр – 16, тахометр – 13.

### Методика виконання роботи

**Готування суспензії.** Першим етапом виконання роботи є готування суспензії «турбулевої сині» за реакцією



Для роботи необхідно 1 л суспензії, яку потрібно приготувати у такий спосіб.

Зважити 10 г  $FeSO_4$  і 6,5 г  $K_3[Fe(CN)_6]$  і розчинити в колбах у 0,5 л води окремо кожну сіль.

Перелити розчин  $FeSO_4$  у літрову колбу, поставити на магнітну мішалку і включити перемішування. Відрегулювати частоту обертання мішалки таким чином, щоб на поверхні рідини у склянці утворилась маленька лійкоподібна впадина.

Повільно влити в склянку розчин  $K_3[Fe(CN)_6]$ . Через 1–2 хв зменшити частоту обертів мішалки і виключити перемішування.

**Розділення суспензії у центрифугі.** Відкрити кришку корпуса центрифуги і зняти кришку з ротора центрифуги. Вийняти скляні пробірки і заповнити дві з них водою, а дві – суспензією до рівня, що на 5 мм нижче їхньої верхньої крайки. Виміряти висоту суспензії в пробірках.

1. Вставити пробірки з водою і суспензією в ротор діаметрально протилежно. Закрити кришку ротора і корпус центрифуги. Включити вилку сполучного шнура у розетку. Поставити ручку регулятора частоти обертів у нульове положення, для чого повернути її проти годинникової стрілки до клацання.

2. Нажати кнопку «Пуск». Вона фіксується.

3. Повернути рукоятку реле часу до значення 60–70 хв, а потім повернути її назад і встановити на заданий час центрифугування (1÷2 хв.).

4. Нажати кнопку «Реле часу». Вона фіксується.

5. Нажати кнопку «Гальмо». Вона фіксується.

6. Регулятором частоти обертів встановити потрібну частоту обертів, не перевищуючи при цьому 3 А. При досягненні заданої частоти обертів різко зменшити струм, повернувши регулятор проти годинникової стрілки до значення 0,2–0,4 А. Після закінчення встановленого часу центрифугування реле часу автоматично відключить центрифугу і включить гальмо.

7. Після зупинки центрифуги повернути регулятор частоти обертів у нульове положення (до клацання) і виключити всі кнопки (нажати їх удруге).

8. Відкрити кришки центрифуги і ротора. Зробити виміри висоти шару осаду. Результати експериментів занести до табл. 1.

Таблиця 1 – Таблиця експериментальних величин

№	Найменування величин	Частота обертів, хв <sup>-1</sup>			
		1000	2000	3000	4000
1	Висота суспензії в пробірці $h$ , м				
2	Висота шару освітленої рідини $h_1$ , м				
3	Висота шару осаду $h_{oc}$ , м				
4	Радіус обертання частки $r_u$ , м				
5	Час центрифугування $\tau_{oc}$ , з				

## Обробка дослідних даних

1. Визначити кутову частоту обертання ротора центрифуги за рівнянням

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \quad (1)$$

де  $\omega$  – кутова частота обертання ротора,  $\text{с}^{-1}$ ;  $n$  – частота обертів барабана,  $\text{хв}^{-1}$ .

2. Знайти фактор розділення:

$$K_p = \frac{n^2 r_1}{900}, \quad (2)$$

де  $K_p$  – фактор розділення;  $r_1$  – радіус обертання частки (відстань від осі обертання до краю пробірки), м;  $r_1 = 0,052$  м.

3. Визначити найменший діаметр частки, що осаджується в центрифугі щодо заданої частоті обертів (режим руху частки ламінарний, тобто  $\text{Re} < 2$ ):

$$d = \sqrt{\frac{18\mu_{жс} \ln(r_1/r_2)}{(\rho_m - \rho_{жс})\omega^2 \tau_{ос}}}, \quad (3)$$

де  $d$  – найменший діаметр частки, м;  $\rho_m, \rho_p$  – густина твердої і рідкої фаз відповідно,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\mu_p$  – в'язкість рідкої фази,  $\text{Па}\cdot\text{з}$ ;  $r_2$  – радіус обертання частки (м) визначається за експериментальними даними:  $r_2 = r_1 + h_1$ ;  $\tau_{ос}$  – час осадження (приймати таким, що дорівнює часу центрифугування), с.

4. Обчислити швидкість осадження частки за формулою

$$w_{ос} = \frac{d^2 (\rho_m - \rho_p) \omega^2 r_1}{18\mu_p}. \quad (4)$$

5. Розрахувати критерій Рейнольдса і перевірити режим осадження:

$$Re = \frac{w_{oc} d^2 \rho_p}{\mu_p}. \quad (5)$$

6. Розраховані значення занести до табл. 2.

Таблиця 2 – Таблиця розрахованих даних

№ п/п	Найменування величин	Частота обертів, хв <sup>-1</sup>			
		1000	2000	3000	4000
1	Кутова частота обертання ротора $\omega$				
2	Фактор розділення $K_p$				
3	Найменший діаметр частки $d$				
4	Швидкість осадження $w_{oc}$				
5	Критерій Рейнольдса $Re$				

### Питання для самоконтролю

1. Які прийоми використовують у техніці для створення поля відцентрових сил?
2. Яка фізична сутність процесу осадження під дією відцентрових сил?
3. Рівняння для відцентрової сили.
4. Що таке фактор розділення?
5. Чому дорівнює швидкість осадження частки під дією відцентрової сили при ламінарному режимі руху частки?
6. Чому дорівнює час осадження частки під дією відцентрової сили при ламінарному режимі руху частки?
7. Будова відстійних центрифуг.
8. Будова фільтруючих центрифуг.
9. Як розділяються центрифуги за принципом дії?
10. Як розділяються центрифуги за фактором розділення?