

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Механіко-технологічний факультет



Кафедра ОПХВ імені професора
Ф.Ю. Ялпачика

**"ТЕХНОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ ДЛЯ СИТОВОГО АНАЛІЗУ
МАТЕРІАЛУ, ПОДРІБНЕНОГО НА МОЛОТКОВІЙ
ДРОБАРЦІ"**

методичні вказівки до лабораторної роботи з дисципліни
" Технологічні системи галузевого машинобудування"
для аспірантів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
здобувачів ступеня вищої освіти «Доктор філософії»

Мелітополь – 2021

Технологічні системи для ситового аналізу матеріалу, подрібненого на молотковій дробарці. Методичні вказівки для аспірантів, які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування», здобувачів ступеня вищої освіти «Доктор філософії» – Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2021. – 14 с.

Розробники Самойчук К.О., д.т.н., професор
Бойко В.С., к.т.н., доцент
Тарасенко В.Г., к.т.н., доцент
Паляничка Н.О., к.т.н., доцент

Рецензент: Волошина А.А., д.т.н., професор кафедри МС та ТС

Розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри ОПХВ імені професора Ф.Ю. Ялпачика

Протокол № 1 від 27.08. 2021 року.

Затверджено методичною комісією механіко-технологічного факультету, протокол № 10 від 31.08.2021 року.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

Технологічні системи для ситового аналізу матеріалу, подрібненого на молотковій дробарці

Мета роботи: 1) вивчити будову ситового класифікатора; 2) експериментально визначити фракційний склад подрібненого продукту та параметри подрібнювання, виявити закономірності процесу дроблення; 3) побудувати залежність вмісту подрібненої фракції від розміру сита решета.

Час виконання роботи 4 год.

1 Порядок виконання роботи

- розглянути принцип дії та будову експериментального ситового класифікатора;
- ознайомитись з основними показниками процесу ситового аналізу;
- провести експериментальні дослідження процесу ситового аналізу на лабораторному класифікаторі;
- обробити статистично результати експерименту;
- побудувати графік залежності процентного вмісту подрібненої фракції від розміру сита решета молоткової дробарки;
- сформулювати висновки за результатами роботи.

2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент повинен:

- **повторити:** класифікацію сировини і продуктів; основні способи і машини для їх виконання, загальні теоретичні положення ситового аналізу; поняття модуля помелу та середнього розміру часток;
- **знати:** область застосування процесу сортування на переробних підприємствах; місце сортувальних машин в технологічних лініях підприємств; основні види сортувальних машин та їх загальну будову;
- **вміти:** проводити налаштування ситового класифікатора (розсіву-аналізатора) за умовами запланованих дослідів; розраховувати величини модуля помелу, середнього розміру часток, процентного вмісту фракції; будувати графіки залежностей за результатами дослідів.

3 Загальні відомості про ситовий аналіз

За загальною класифікацією сипучі матеріали залежно від розмірів часток підрозділяють на 5 груп: кускові ($d_{max} > 10$ мм); грубозернисті ($d_{max} = 2...10$ мм); дрібнозернисті ($d_{max} = 0,5...2$ мм); порошкоподібні ($d_{max} = 0,05...0,5$ мм); пилоподібні ($d_{max} < 0,05$ мм).

З метою вивчення гранулометричного складу подрібненого матеріалу, він піддається ситовому аналізу, тобто послідовному просіванню через сита, отвори яких поступово зменшуються. Таким чином, матеріал поділяється на кілька фракцій з різними розмірами часток.

Для проведення ситового поділу сипучих матеріалів на фракції застосовують штамповані та плетені (дротові) із круглого металевого дроту і тканинні із шовкових ниток, капрону, нейлону сита

На рисунку 1 показані основні види штампованих ситових полотен з різною формою отворів.

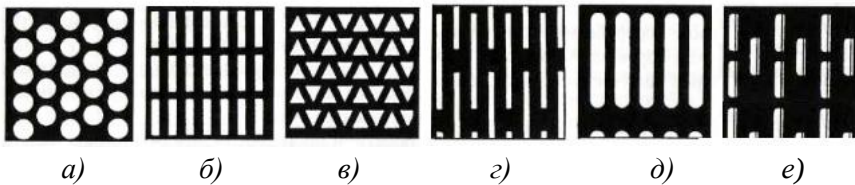


Рисунок 1 – Форма отворів ситових полотен:

а) круглі; б), д) щілинні; в) трикутні; г) щілинні вузькі;
ж) лускаті для сушіння зерна.

Продуктивність просівання залежить від числа отворів на одиницю площі сита.

Характеризуючи ефективність використання робочої поверхні сита, застосовують поняття живого перетину сита, який вимірюють у відсотках:

$$\varphi = \frac{S_o}{S} \cdot 100, \quad (1)$$

де φ - показник живого перетину сита, %; S_o - сумарна площа отворів, m^2 ; S - загальна площа поверхні сита, m^2 .

Живий перетин штампованих сит не перевищує 50%, у тканинних воно може досягати 70%.

При проведенні ситового аналізу відповідна навіска суміші, яка містить частки різних розмірів, пропускається через набір сит, встановлених одне над іншим у порядку убутання розмірів отворів зверху донизу.

На кожному ситі затримуються саме ті частки, розміри яких більші за розмір отворів цього сита, але менші за розмір отворів верхнього сита.

Зважаючи кожену фракцію, отриману в такий спосіб визначаємо її масу m_i (кг) і процентний вміст Y , (%) цієї фракції відносно маси вихідної навіски G (кг).

$$Y = \frac{m_i}{G} \cdot 100, \% , \quad (2)$$

Середній розмір часток $d_{i\text{cp}}$ i -тої фракції розраховується як середнє арифметичне між розмірами отворів d_j сита на якому фракція затрималася, і розмірами отворів d_{j-1} попереднього сита.

$$d_{i\text{cp}} = 0,5(d_j + d_{j-1}), \quad (3)$$

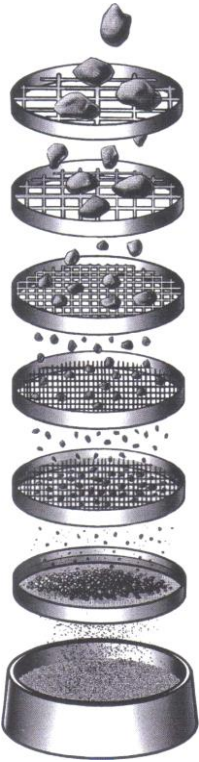
де $d_{i\text{cp}}$ - середній розмір часток i -тої фракції, мм;
 d_j - діаметр отворів нижнього сита, мм; d_{j-1} - діаметр отворів верхнього сита, мм.

Рисунок 2 – Схема ситового аналізу

Ступінь подрібнювання матеріалу визначається за виразом:

$$\lambda = \frac{d_{\text{ср}}^{\text{вих}}}{d_{\text{ср}}^{\text{подр}}} = \frac{D_e}{M}, \quad (4)$$

де $d_{\text{ср}}^{\text{вих}}$, $d_{\text{ср}}^{\text{подр}}$ - середній розмір часток вихідного і подрібненого продукту; D_e - еквівалентний діаметр зернівки.



Модуль помелу визначається за формулою:

$$M = \frac{0,5m_o + 1,5m_1 + 2,5m_2 + 3,5m_3}{100}, \quad (5)$$

де M - модуль подрібнення, мм; m_o - маса матеріалу на дні класифікатора, кг; m_1, m_2, m_3 - маса часток на першому, другому і третьому ситах, кг; $0,5; 1,5; 2,5; 3,5$ - відповідно середній розмір часток $d_{i\text{cp}}$.

Еквівалентним діаметром (D_e) зерна називається діаметр кулі, об'єм якої дорівнює дійсному об'єму зерна.

З формули об'єму кулі $V_k = \frac{\pi \cdot D_e^3}{6} = V_z$, еквівалентний діаметр

$$D_e = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot V_z}{\pi}} = 1,24 \cdot \sqrt[3]{V_z} \quad (6)$$

Значення еквівалентного діаметра визначається зануренням 100 зерен у бензин, налитий у мірний циліндр.

4 Оснащення робочого місця лабораторної роботи

- 1 Класифікатор зерна (розсів-аналізатор).
- 2 Набір решіт із круглими отворами (1; 2; 3; 4 і 5 мм).
- 3 Ваги лабораторні
- 4 Ємності для навісок.
- 5 Секундомір.
- 6 Зразки матеріалу, що досліджується.

Для проведення гранулометричного аналізу подрібненої зернової маси використовується ситовий класифікатор важільного типу з регульованою частотою і амплітудою коливань. Регулювання частоти коливань сит здійснюється застосуванням електродвигуна постійного струму, а амплітуди – приводом від кривошипно-кулісного механізму з перемінним розміром кривошипу Рівні швидкості і прискорення всіх сит у класифікаторі досягаються за рахунок встановлення набору сит на ланку паралелограмного механізму, що рухається поступально, а це забезпечує коливання сит не тільки у вертикальному, але й у горизонтальному напрямку.

Схема класифікатора-аналізатора і фото його зовнішнього вигляду представлені на рисунках 3 4.

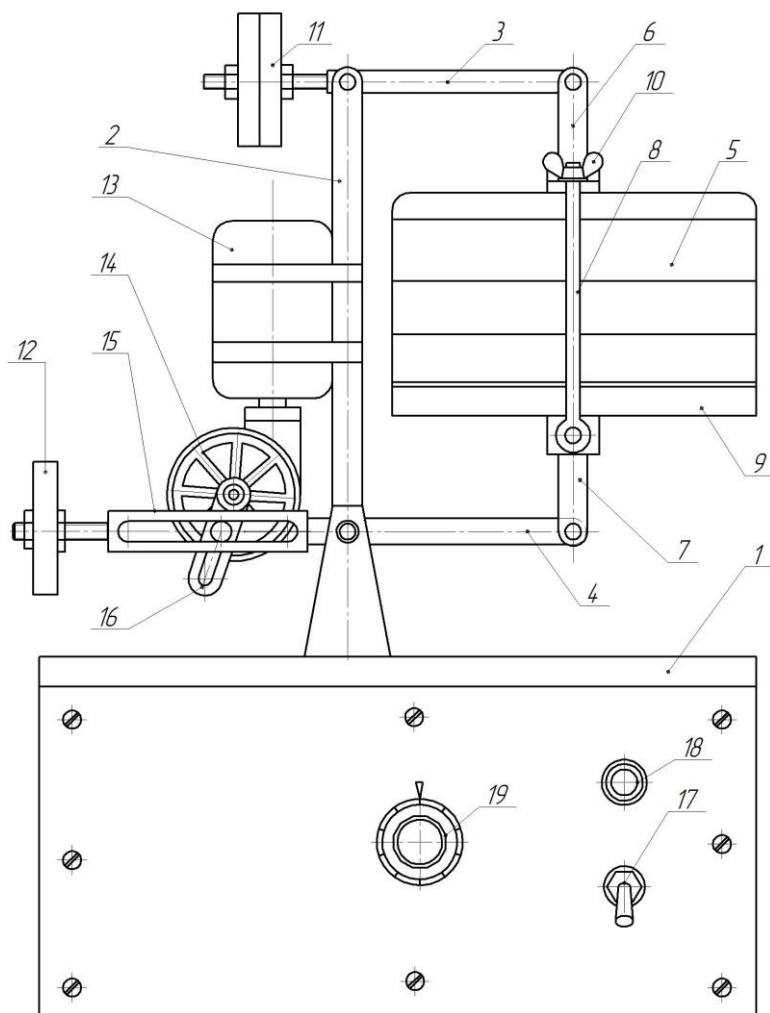


Рисунок 3 – Схема ситового класифікатора-аналізатора:

1 - основа; 2- стійка; 3 - важіль верхній; 4 - важіль нижній; 5 - набір сит; 6, 7 - шарнір верхній і нижній; 8 - стяжка, 9 - тарілка; 10 - гайка баранчик; 11, 12 - протизаги; 13 - електродвигун; 14 - редуктор; 15 - куліса; 16 - кривошип; 17 - тумблер вмикання; 18 - сигнальна лампа; 19 - регулятор.

Основними частинами класифікатора (рисунок 1) є стійка 2, закріплена на основі 1 та паралелограмний механізм, утворений верхнім 3 і нижнім 4 важелями. Ведуча ланка – нижній важіль, який є продовженням куліси 15. Обидва важелі мають противаги 11 і 12.



Вертикальна ланка паралелограма являє собою набір сит 5, затиснений між планкою 8 і тарілкою 9, які через шарніри 6 і 7 прикріплені до важелів 3 і 4. набір сит стягується стяжками з гайками-баранчиками 10.

Така конструкція кріплення сит дозволяє легко і швидко розбирати набір, змінювати кількість у ньому сит, поміщати аналізовану пробу у верхнє сито, зсипати з кожного сита фракції, що потрапили до них і знову збирати ситовий набір.

Рисунок 4 – Фото класифікатора

Привод класифікатора здійснюється від електродвигуна постійного струму 13 (типу 2ПП-40 потужністю 70 Вт і номінальною частотою обертання вала $n_n = 4100$ об/хв. через черв'ячний редуктор 14 з передаточним числом $u = 51$).

На вихідному валу черв'ячного редуктора 14 жорстко посаджений кривошип 16, палець якого входить в паз куліси 15. Конструкція кривошипа дозволяє змінювати його радіус і тим самим амплітуду руху ситового набору.

Основа 1 опирається на коробчасту раму класифікатора, всередині якої розташовані елементи електричної схеми (автотрансформатор, випрямляч та ін.). На передній стінці рами встановлений тумблер 17 для вмикання двигуна, сигнальна лампа 18 і регулятор керування зміненням частоти обертання електродвигуна. Живлення електросхеми класифікатора одержує від побутової мережі 220 В, 50 Гц.

При вмиканні двигуна в мережу, кривошип, що обертається з його валом, повідомляє кулісі і пов'язаному з нею набору сит інтенсивні коливання. При цьому навіска аналізованої проби, поміщена у верхнє сито, розсіюється послідовно розташованими решетами з різними формами і розмірами отворів на окремі фракції. Зважуючи ці фракції та обчислюючи їх відсотковий вміст у пробі кожної з них, визначають гранулометричний склад зернової суміші.

5 Методика проведення роботи

Ситовий аналіз виробляється для визначення ефективності дроблення зерна, а також основних параметрів дроблення (ступеня подрібнення, модуля подрібнення, продуктивності просівання тощо).

Лабораторна робота виконується в наступній послідовності:

1) Відібрати з кожного пакета пробу в поліетиленові стаканчики і зважити проби на лабораторних стрілочних вагах типу ВМЦ-2. Вага кожної проби повинна становити 100 гр..

2) Вибрати для класифікатора комплект з трьох сит: 1-е сито $\varnothing 1\text{мм}$, 2-е сито – $\varnothing 2\text{мм}$ і 3-є сито – $\varnothing 3\text{мм}$.

3) Встановити на класифікатор ситовий піддон, три пусті сита і кришку сит, зафіксувати ситовий набір.

4) Відрегулювати на холостому ходу режим роботи класифікатора: амплітуда коливань – 100 мм, частота коливань 110...120 кол./хв.

5) Висипати на верхнє решето класифікатора приготовлену навіску зернової суміші, закрити кришкою, закріпити набір сит.

6) Ввімкнути електродвигун і протягом 3 хвилин провести сортування подрібненої зернової суміші на фракції.

7) Зважити на лабораторних аналітичних вагах типу ВЛКТ-50М кожную фракцію, що залишилася на відповідних решетах, а також „прохід“ нижнього решета

8) Занести в таблицю 1 значення гранулометричного складу фракцій.

9) Розрахувати масу кожної фракції у відсотковому вмісті **B** (%) цієї фракції стосовно вихідного навішення по „сходу“ і „проходу“. Середній розмір часточок $d_{i, cp}$ визначається як середнє арифметичне діаметрів верхнього і нижнього сита.

$$d_{i, cp} = \frac{d_{j, cum} + d_{j+1, cum}}{2}, \quad (8)$$

Таблиця 1 – Ситовий аналіз дробленого зерна

Проба за номером решета дробарки	Розмір сита класифікатора, $d_{сит}$ мм	Маса фракцій, г		Середній розмір часток d_{cp} , мм	Ступінь подрібнювання, λ	Модуль подрібнення, М
		т, г	В, %			
№1 ø 5,5мм	3					
	2					
	1					
	піддон					
№2 ø 6,5мм	3					
	2					
	1					
	піддон					
№3 ø 7,5мм	3					
	2					
	1					
	піддон					
№4 Без решета	3					
	2					
	1					
	піддон					

Так, наприклад, середній розмір часточок на піддоні:

$$d_{\text{ср}} = \frac{0+1}{2} = 0,5 \text{ мм}, \quad (9)$$

де 0 - діаметр отворів піддона;

1 - діаметр отворів першого сита, $d_{i.\text{cum}} = 1 \text{ мм}$.

Аналогічно,

$$d_{i.\text{cp}} = \frac{d_{1.\text{cum}} + d_{2.\text{cum}}}{2}, \quad (10)$$

або
$$d_{i.\text{cp}} = \frac{1+2}{2} = 1,5 \text{ мм}$$

Дані розрахунку заносимо в таблицю 1.

10) Провести розрахунок ступеня подрібнювання λ за формулою (4) та модуля подрібнення M за формулою (5) для кожного решета молоткової дробарки.

11) Побудувати за результатами експерименту графік залежності процентного вмісту фракцій Y від розміру отворів сит дробарки (проби №1...№4) $Y = f(d_i)$, рисунок 5.

12) Привести класифікатор у вихідне положення, прибрати робоче місце.

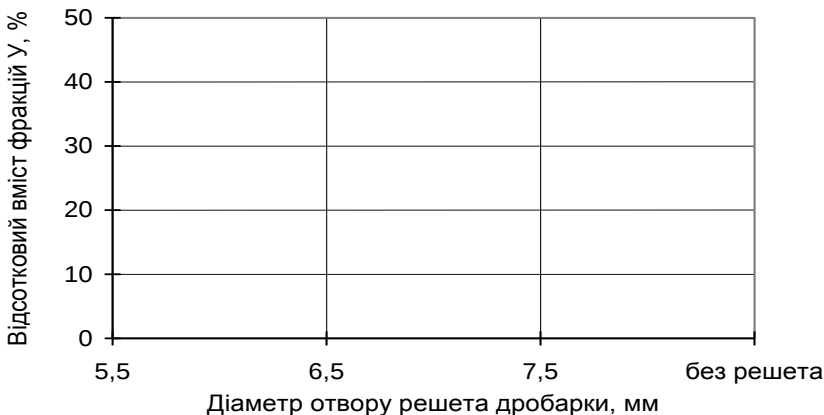


Рисунок 5 – Координати для побудови графіка

6 Вимоги безпеки

Під час проведення роботи додержуватись загальної інструкції з охорони праці, наведених в розділі „Загальні вимоги безпеки“.

7 Контрольні питання

- 1 Назвіть відомі вам способи сортування зерна.
- 2 Які сита використовують у харчовій промисловості.
- 3 Як оцінювати ефективність просівання?
- 4 Як визначити ступінь подрібнювання?
- 5 На чому заснована класифікація матеріалів методів просівання?
- 6 На чому заснована гідравлічна і повітряна класифікація?
- 7 Чим відрізняється однократна класифікація від багаторазової?
- 8 Які продукти виходять у результаті класифікації?
- 9 Чим характеризується тонке і надтонке подрібнення.
- 10 Вкажіть область застосування ситового класифікатора.

8 Тестові завдання

1) За якими параметрами відбувається гідравлічне сортування?

1. Різниця в щільності зерна та домішок
2. Різниця у формі зерна та домішок
3. У залежності від ламінарного або турбулентного потоку рідини
4. Різниця в обсязі зерна та домішок.

2) За якою формулою визначається живий перетин сита?

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1. $\varphi = \frac{S_0}{S} \cdot 100\%$ | 2. $y = \frac{m_i}{M} \cdot 100\%$ |
| 3. $\eta = \frac{m}{m_i} \cdot 100\%$ | 4. $\eta = \frac{m}{y \cdot Q}$ |

3) Яка сила переміщує частинку по поверхні сита?

- | | |
|--------------------|--|
| 1. $J = m \cdot a$ | 2. $T = f \cdot G$ |
| 3. $G = m \cdot g$ | 4. $F = \xi \cdot \rho \cdot S \cdot V_{\text{сум}}$ |

4) Основна умова переміщення частинок по поверхні сита

$$1. n \geq 30 \sqrt{\frac{f}{r}}$$

$$2. \frac{\pi^2 \cdot n^2}{900} \cdot r > mg$$

$$3. m \cdot g = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

$$4. n = \frac{30}{\sqrt{r}}$$

5) Який параметр визначає модуль просіювання?

1. Середньоарифметичний розмір часток просіяних фракцій
2. Процентний вміст маси фракції по відношенню до вихідної суміші
3. Відношення маси частинок, що пройшли крізь сито до маси таких частинок у вихідній суміші
4. Відношення сумарної площі отворів сита до загальної площі сита

6) На яких машинах виконується повітряне сепарація?

1. Відцентровий сепаратор
2. Барабанний магнітний сепаратор
3. Сепаратор з конічним обертовим циліндром
4. Сепаратор з круговим поступальним рухом сит

7) За якими показником розділяється зерно і домішки на трієрі

1. По довжині зерна
2. По товщині
3. По ширині
4. За формою поверхні

8) Як проводиться оцінка ефективності просіювання

1. Відношення маси частинок пройшли крізь сито до маси таких же частинок у вихідній суміші
2. Процентний вміст маси фракції по відношенню до вихідної навіски
3. Відношення площі отворів сита до загальної площі сита
4. Відношення маси частинок пройшли крізь сито (прохід) до маси частинок не пройшли через сито (сход).

9) За якою формулою визначають еквівалентний діаметр зерна

$$1. d = \sqrt{\frac{6V_3}{\pi}}$$
$$2. d = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} d_i \cdot m_i}{Q}$$
$$3. d = \frac{d_i + d_{i-1}}{2}$$
$$4. d = \frac{D}{i}$$

10) Які машини відносяться до розсіюючих?

1. Грохоти, сепаратори, трієри, бурати
2. Гідроциклони, відстійники, електростатичні сепаратори
3. Тарілчасті сепаратори, осадові центрифуги, магнітні сепаратори
4. Повітряні циклони, фільтри, магнітні сепаратори

Література

1. Процеси і апарати харчових виробництв. Лабораторний практикум. За редакцією проф. І.Ф. Малежика. К.: ІЗМН, 1997. - 276 с.
2. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. / Г.Д. Кавецкий, Б.В. Васильев // Москва "Колос" 2000г. 551с.
3. Ялпачик Ф.Ю., Ситовий класифікатор для гранулометричного аналізу зерна та продуктів його переробки / Ф.Ю. Ялпачик, В.О. Олексієнко. // Збірник наукових праць ХДТУСТ. - Харків. 2001.
4. Горбатюк В.И. Процессы и аппараты пищевых производств. / В.И. Горбатюк. М.: „Колос“, 1999. - 335с.
5. Лонцин М. Основные процессы пищевых производств. – Перевод с английского. / М. Лонцин, Р. Мерсон. М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1983 - 381с.
6. Основы расчёта и конструирования машин и автоматов пищевых производств. – Под редакцией А.Я. Соколова. М.: Машиностроение, 1969. - 639с.