

УДК 621.928.13

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРИСТОСТІ СИПКОЇ СУМІШІ

Півень М.В., доцент, к.т.н.

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)*

Процес сепарування сипкої суміші на решеті складається з двох основних етапів: просування дрібних частинок крізь шар до поверхні решета і просіювання їх через отвори. Від інтенсивності протікання цих етапів буде залежати ефективність процесу сепарування. Просування дрібних частинок крізь шар відбувається шляхом проникнення через пори між великими частинками, причому швидкість проникнення залежить від величини цих пор. Отже, визначення пористості є актуальним завданням у вивченні процесу сепарування [1, 2]. Методи визначення пористості шляхом вимірювання та порівняння товщини нерухомого та віброзрідженого шарів суміші, мають ряд недоліків: при інтенсивних вібраціях контур вільної поверхні шару стає нечітким, а вимірювання менш точними; неможливо досліджувати зміну пористості по глибині шару.

**Мета роботи** - розробка методики визначення пористості сипкої суміші.

**Основні матеріали досліджень.** В роботі запропонована методика визначення пористості, що заснована на спеціальній математичній обробці зображення частинок шару в стані розпушення. Для отримання зображення шару суміші здійснювалось фотографування процесу через прозору бічну стінку сепаратора. Величина пористості визначалася як об'ємний вміст пор в шарі:

$$\varepsilon = 1 - \nu_1 = 1 - \frac{V_{m\phi}}{V} \approx 1 - \frac{S_{m\phi} l_{\text{екв}}}{S l_{\text{он}}}, \quad (1)$$

де  $\nu_1$  – об'ємна щільність;  $V_{m\phi}$  – об'єм твердої фази (об'єм частинок);  $V$  – повний об'єм розглянутої зони шару;  $S$  – площа зображення;  $l_{\text{он}}$  – глибина оптичної видимості;  $l_{\text{екв}}$  – еквівалентна довжина частинки для сукупності частинок на зображенні;  $S_{m\phi}$  – сумарна площа твердої фази на зображенні.

Для визначення величини  $\varepsilon$  по зображенню частинок і пор використовується одна з можливих схем методу статистичних випробувань Монте-Карло. Відповідно до цього методу на зображення досліджуваної області наносяться  $N$  рівномірно розподілених точок. Тоді

$$\frac{S_{m\phi}}{S} = \frac{\sum_{i=1}^N \xi_i}{N}, \quad (2)$$

де  $\xi_i$  – випадкова величина;  $i$  – номер точки.

При попаданні точки в зображення пор шару,  $\xi_i = 0$ . При попаданні точки в зображення границі пор і частинки,  $\xi_i = 0,5$ . При попаданні точки в зображення частинки,  $\xi_i = 1$ .

З рівнянь 1, 2 отримуємо вираз для визначення пористості зернового шару

$$\varepsilon = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N \xi_i l_{\text{экв}}}{N l_{\text{он}}} \quad (3)$$

Величина  $l_{\text{экв}}/l_{\text{он}}$  визначається експериментально. Для цього в прямокутний нерухомий короб з прозорими стінками насипається шар суміші заданої товщини. Потім, використовуючи зображення нерухомого шару,

визначають величину  $\frac{\sum_{i=1}^N \xi_i}{N}$ .

Дійсне значення пористості визначають по співвідношенню

$$\varepsilon_{\text{дейст}} = \frac{V_{\text{пор}}}{V_{\text{сл}}}, \quad (4)$$

де  $V_{\text{пор}}$  – об'єм пор між частинками шару;  $V_{\text{сл}}$  – об'єм шару суміші в коробі.

Об'єм пор в шарі  $V_{\text{пор}}$  дорівнює обсягу рідини, що заливається в шар до його верхньої вільної поверхні. Після цього підставляючи значення  $\varepsilon_{\text{дейст}}$  і

$\frac{\sum_{i=1}^N \xi_i}{N}$  в рівняння (3) визначають  $l_{\text{экв}}/l_{\text{он}}$ .

Оцінка точності вимірювання  $\varepsilon$  проводиться за величиною довірчого інтервалу при нормальному розподілі помилки:

$$\left| \frac{\sum_{i=1}^N \xi_i l_{\text{экв}}}{N l_{\text{он}}} - \varepsilon \right| < x_{\beta} \sqrt{\frac{D_{\xi}}{N}} \cdot \frac{l_{\text{экв}}}{l_{\text{он}}}, \quad (5)$$

при  $D_{\xi} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\xi_i)^2 - \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \xi_i \right)^2$ . (6)

де  $x_{\beta}$  – квантиль нормального розподілу (так при довірчій імовірності  $\beta=0,95$ ,  $x_{\beta}=1,96$ );  $D_{\xi}$  – дисперсія оцінки.

Таким чином, запропонована методика дозволяє визначати пористість рухомої сипкої суміші та досліджувати її зміну по глибині шару, з високою точністю.

### Список літератури:

1. Півень М.В. Обоснование процесса сепарирования зерновых смесей плоскими вибрационными решетками. Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. Lublin, 2015. Vol.17 №.7 2015. С. 163-169.
2. М. Piven. Grain flow dynamics on vibrating flat sieve of finite width. ТЕКА. Commission of motorization and energetics in agriculture. Lublin, Vol.15 №.3. 2015. P. 113-119.