

УДК 631.333.7

© В.В. Сацюк, к.т.н.; М.М. Поліщук, І.О.Теплов  
Луцький національний технічний університет

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ЧАСТИНОК САПРОПЕЛЕВИХ ДОБРИВ**

*У статті описано функціональну схему подрібнюючого пристрою частинок сапропелевих добрив. Наведено результати дослідження впливу кінематичних, геометричних параметрів, продуктивності пристрою та вологості сапропелю на ступінь подрібнення частинок сапропелевих добрив.*

### **САПРОПЕЛЬ, ПОДРІБНЕННЯ, СТЕПІНЬ, БІТЕР, ЧАСТОТА, ПРОДУКТИВНІСТЬ, РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ.**

**Постановка проблеми.** Аналіз результатів досліджень ефективності впливу озерних сапропелів на ріст рослин сільськогосподарських культур вказує, що при внесенні їх у чистому виді необхідно звертати увагу на розмір частинок [1]. Відомо, що озерні сапропелі здатні утримувати в собі зв'язну іммобілізаційну вологу. У складі даної вологи є значна кількість корисних для живлення рослин сполук, мікроелементів, які можуть втрачатись із руйнуванням структури сапропелю, під дією вивітрювання, швидко розчиняються та вимиваються із ґрунту після внесення.

В свою чергу надто великі агрегати під дією температурних параметрів здатні твердіти, перетворюючись у ґрунті на включення, які не несуть користі рослинам. Тому раціональною фракцією слід вважати фракцію сапропелів розміром 5...25 мм. Частинки сапропелю таких розмірів дозволяють створити оптимальні умови живлення рослин сільськогосподарських культур, забезпечити корисними елементами необхідний час, так як озерні сапропелі вважаються органічними добривами тривалої дії.

Складність технологічного процесу подрібнення частинок сапропелю при підготовці сапропелевих добрив не дозволяє повністю визначити раціональні конструктивні параметри та оптимальні режими роботи пристрою аналітичним шляхом. Тому, для встановлення впливу властивостей сапропелевих добрив, геометричних, кінематичних параметрів та продуктивності подрібнюючого пристрою на ступінь подрібнення частинок сапропелевих добрив, необхідно провести його лабораторно-виробничі випробування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомі дослідження процесу подрібнення твердих сапропелевих агрегатів наведені у праці [2]. Але у даних дослідженнях не було враховано одночасного впливу факторів на процес подрібнення.

**Мета роботи.** Провести лабораторно-виробничі випробування подрібнюючого пристрою з метою встановлення впливу факторів на ступінь подрібнення частинок сапропелевих добрив.

**Результати дослідження.** Для дослідження процесу подрібнення твердих агрегатів замороженого сапропелю, використали експериментальну установку, схема якої представлена на рис. 1.

Подрібнюючий пристрій складається із опорної рами 1, на якій закріплено гладкий нерухомий кожух 2, пара роторів 8. На роторах встановлені змінні робочі органи лопатевого типу 7. Робочі органи мають спільну зону дії і розміщені в цій зоні одні між одним по черговій послідовності. Лопаті, які знаходяться в одній площині, що перпендикулярна осі ротора, встановлені на роторі із по черговою знакозмінним кутом до цієї ж площини. Ротори мають можливість обертатись, як у зустрічному напрямку, так і у протилежному напрямках. На рамі змонтований привід роторів, який складається з електродвигуна трьохфазного струму 6, пасової 5 і ланцюгової 4 передач та натяжного механізму 3.

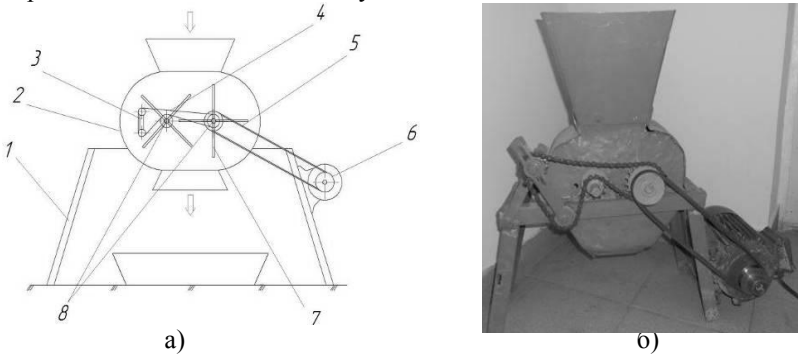


Рис. 1. – Схема (а) та загальний вигляд (б) пристрою для подрібнення частинок сапропелевих добрив: 1 - корпус; 2 - кожух; 3 - натяжний пристрій; 4 - ланцюгова передача; 5 - пасова передача; 6 - двигун; 7 - лопаті; 8 - ротор

Для дослідження процесу подрібнення твердих сапропелевих агрегатів, застосовували математичний метод планування експерименту із використанням симетричного не композиційного

плану реалізації експерименту Бокса-Бенкіна другого порядку [3]. Аналіз факторів, які впливають на процес подрібнення твердих агрегатів промороженого сапропелю показав, що визначальними є вологість матеріалу, конструктивні параметри подрібнюючого пристрою та його продуктивність.

Проведення досліду полягало у подачі транспортером сапропелевих добрив у подрібнюючий пристрій. Під час роботи подрібнюючого пристрою підставляли ємкість та відбирали наважки сапропелю із вхідного потоку. Такі ж наважки відбирали при виході із подрібнюючого пристрою. Використовуючи методику визначення гранулометричного складу за допомогою ситового аналізу [2], проводили визначення розміру частинок, що складають 50% матеріалу, відповідно, до  $d_{50п}$  та після  $d_{50к}$  подрібнення агрегатів сапропелів.

Ступінь подрібнення визначали із залежності:

$$i = d_{50п} / d_{50к} \quad (1)$$

де  $d_{50п}$  - розмір частинок, що складає 50% по масі на вході у пристрій для подрібнення сапропелевих добрив;  $d_{50к}$  - розмір частинок, що складає 50% по масі подрібненого сапропелю.

Обробка даних результатів чотири факторного експерименту згідно з тривірневим планом другого порядку на ЕОМ, дозволила отримати рівняння регресії, функцією відгуку якого є ступінь подрібнення сапропелевих добрив:

$$y = 1,896 + 0,039x_2 + 0,022x_3 - 0,036x_4 - 0,017x_1^2 - \\ - 0,046x_2^2 - 0,122x_3^2 - 0,028x_4^2 \quad (2)$$

де  $x_1$  - кодоване значення вологості сапропелю;  $x_2$  - кодоване значення частоти обертання подрібнювальних бітерів;  $x_3$  - кодоване значення кута встановлення лопаті на бітері;  $x_4$  - кодоване значення продуктивності подрібнюючого пристрою.

Перевірку адекватності отриманого рівняння регресії (2) проводили за допомогою критерію Фішера  $F_{\phi}$ , а оцінка значущості коефіцієнтів регресії проводилась за допомогою критерію Стьюдента,

Підставивши фактори у рівняння (2) отримали рівняння регресії у натуральному вигляді:

$$y = 0,291 + -1,7 \cdot 10^{-2} W + 2,035 \cdot 10^{-3} n + 5,91 \cdot 10^{-3} \alpha^2 - 5,28 \cdot 10^{-2} U - \\ - 1,7 \cdot 10^{-4} W^2 - 1,15 \cdot 10^{-6} n^2 - 6,025 \cdot 10^{-5} \alpha^2 - 4,48 \cdot 10^{-3} U^2 \quad (3)$$

За отриманим рівнянням регресії (3) були побудовані поверхні відгуку та графіки ліній рівня (рис. 2.) для відслідковування динаміки зміни ступеня подрібнення частинок сапропелевих добрив.

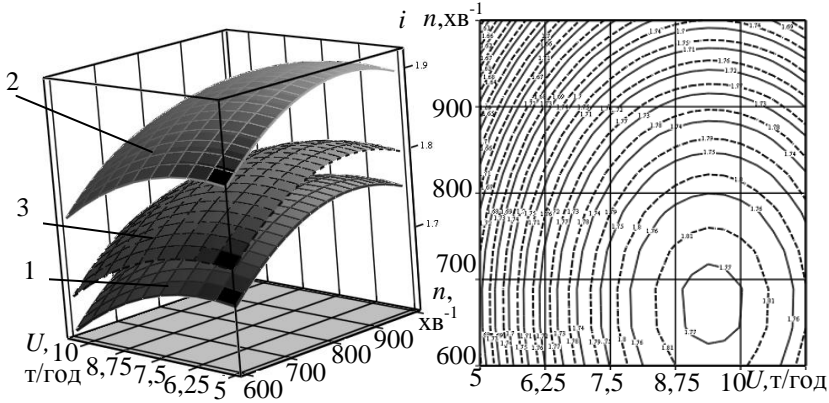


Рис. 3. – Залежність ступеня подрібнення частинок сапропелевих добрив вологістю  $W=50\%$  від продуктивності подрібнювача  $U$  та частоти обертання подрібнювальних бітерів  $n$  при куті встановлення лопаті  $\alpha$ : 1–  $\alpha =0^0$ ; 2–  $\alpha =45^0$ ; 3–  $\alpha =90^0$

**Висновки.** Порівняльний аналіз отриманих поверхонь та їх двовірних січень показав, що ступінь подрібнення сапропелевих добрив зростає із збільшенням частоти обертання подрібнювальних вальців та зменшенням продуктивності подрібнювача. Найбільша ступінь подрібнення досягається при куті встановлення лопатки  $45^0$ , а найменша при величині даного кута  $0^0$ .

#### Література

1. Бабарика С.Ф. Обґрунтування параметрів робочих органів машин для поверхневого внесення сапропелів: дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук / 05.05.11. Бабарика Степан Федорович. – Тернопіль, 2010. – 203 с.
2. Поліщук М.М., Бабарика С.Ф. Дослідження процесу подрібнення замороженого сапропелю. // Сільськогосподарські машини. - Зб. наук. ст. Вип. 24. - Луцьк: Ред. - вид. відділ ЛНТУ, 2013. - С. 298-305.
3. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. – М.: Машиностроение, София: Техника, 1980. – 304.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух