

РОЗДІЛ 2
ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 674:621.928.93

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИСПЕРСНОСТИ
ПОМОЛА БИОМАССЫ В ДЕЗИНТЕГРАТОРЕ**

Войтов В.А., д.т.н., проф., Дригуля С.В., аспирант

*(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
им. П. Василенко)*

В работе приведены результаты экспериментальных исследований измельчения разных типов биомассы в дезинтеграторе. Установлено, что начальный размер частиц перед помолом и влажность помольной среды влияют в большей степени на тонкость помола, чем обороты ротора.

Актуальность. При производстве твердого топлива в виде пеллет из отходов сельскохозяйственного производства, таких как солома зерновых культур, отходов подсолнечника, кукурузы, а также отходы деревообработки, одним из важных факторов, который влияет на качество пеллет, является тонкость помола биомассы перед прессованием. Как следует из работы [1] для получения пеллет с плотностью 1000 кг/м^3 и более необходимо измельчение биомассы до дисперсности 50...70 мкм.

Из работы [2] следует, что для тонкого помола различных типов биомассы наиболее эффективным устройством является дезинтегратор [3], который совмещает два механизма измельчения – удар и истирание, что позволяет производить помол биомассы с минимальными энергозатратами.

Авторами работы [2] получены основные уравнения моделирования измельчения биомассы в дезинтеграторе, а в работе [3] выполнена оптимизация конструктивных параметров дезинтегратора.

По результатам моделирования и оптимизации конструктивных параметров был получен патент на полезную модель [4] и изготовлен опытный образец дезинтегратора.

Цель исследований – экспериментальным путем подтвердить адекватность полученных математических моделей, которые представлены в работах [2, 3] и оценить влияние различных факторов на дисперсность помола.

Методический подход в проведении исследований.

Как следует из результатов математического моделирования [2], на процесс измельчения биомассы влияет ряд независимых факторов: физико-механические характеристики помольной среды (плотность, предел прочности, модуль упругости); начальный размер частиц материала перед помолом; влажность материала; обороты ротора дезинтегратора.

В качестве материалов измельчения выступают три вида биомассы: солома зерновых культур; отходы подсолнечника и кукурузы; древесные отходы.

Данные виды материалов отличающихся между собой плотностью, пределом прочности, модулем упругости, а, следовательно, будут по-разному влиять на процесс измельчения.

Для определения тонкости помола различных видов биомассы в дезинтеграторе, а также для определения среднего размера частиц после помола применили ситовый метод определения гранулометрического состава согласно ГОСТ 2093-82.

Для проведения лабораторного анализа применяли сита с проволочными и капроновыми сетками по ГОСТ Р51568-99. Размер ячеек сит в микрометрах: 710; 500; 250; 125; 63; 45.

Биомассу с массовой долей влаги после помола, препятствующей разделению частиц перед рассевом, сушили в сушильном шкафу при температуре не выше $(40 \pm 5)^\circ\text{C}$.

Рассев начинали на сите с наибольшим размером отверстий, т.е. 710 мкм.

Перед рассевом пробу взвешивали на лабораторных аналитических весах, предел допускаемой погрешности 0,0001 г.

Схема проведения ситового анализа представлена на рис. 1.

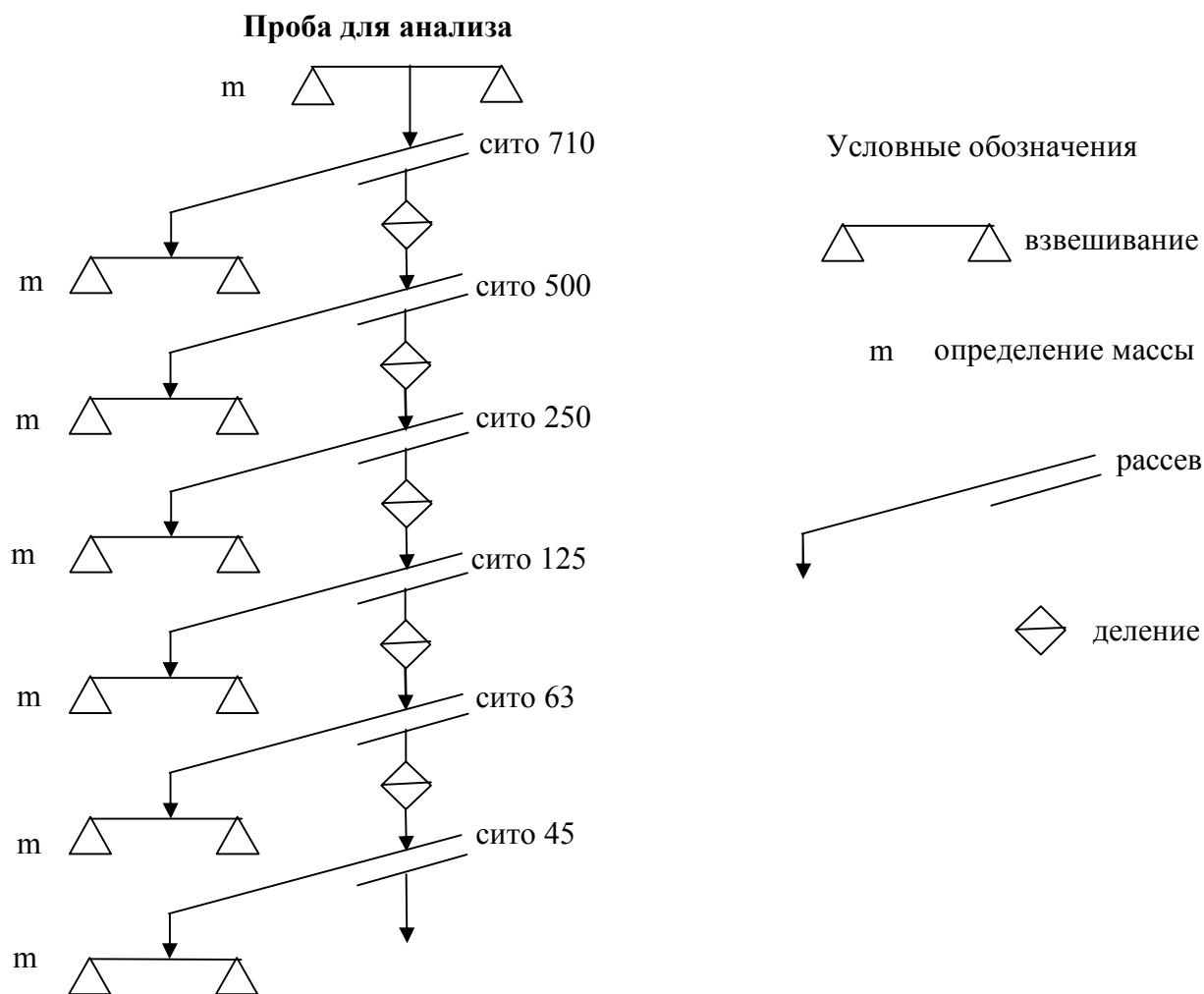


Рисунок 1 – Схема проведения ситового анализа

Рассев производили в горизонтальной плоскости с наклоном сит не более 10° при равномерном перемещении материала в сите.

Полученные при расसेве классы крупности отдельно взвешиваются. Выход классов крупности γ в процентах вычисляют по формуле, согласно ГОСТ 2093-82:

$$\gamma = \frac{m_i 100}{\sum_{i=1}^n m_i},$$

где m_i – масса продукта данного класса крупности, т.е. надрешетная масса

на данном сите, гр;

$\sum_{i=1}^n m_i$ - общая сумма надрешетных масс всех классов (сит), гр;

n – количество классов (сит).

В исследованиях применялась биомасса с дисперсностью (начальный средний размер частиц): 2; 5 и 8 мм и различной влажностью 15%; 30% и 45%. При этом обороты ротора дезинтегратора варьировались: 500; 1500; 2500 об/мин.

Исходя из изложенного выше имел место трехфакторный эксперимент, где факторами выступали начальный размер частиц перед помолом d_n , влажность помольной среды Q и обороты ротора дезинтегратор n .

Результаты исследований эффективности измельчения.

По полученным данным построены зависимости выхода классов крупности биомассы в процентах от количества классов. Полученные зависимости были проверены на соответствие гипотезе подчинения нормальному закону распределения.

Зависимость измельчения древесных отходов представлена полиномом второй степени (1), из которого следует, что на дисперсность помола в первую очередь влияет начальный размер частиц, затем влажность и в последнюю очередь обороты ротора.

$$\begin{aligned} d_{SD} = & 3,458 \times 10^{-2} + 2,297 \times 10^{-2} d_i + 1,789 \times 10^{-3} Q - 5,508 \times 10^{-5} n - \\ & - 2,444 \times 10^{-4} Q \times d_i - 1,408 \times 10^{-5} n \times d_i + 1,736 \times 10^{-3} d_i^2 - \\ & - 2,056 \times 10^{-5} Q^2 + 2,663 \times 10^{-8} n^2 \end{aligned} \quad (1)$$

Графическая интерпретация распределения частиц после помола представлена на рис. 2, 3, 4.

Зависимость измельчения отходов подсолнечника также представлена полиномом второй степени (2), из которого следует, что влияние факторов то же, что и на отходах древесины.

$$d_{SD} = 0,3233 - 1,146 \times 10^{-2} d_i + 4,781 \times 10^{-3} Q - 3,39 \times 10^{-4} n - 5,944 \times 10^{-4} Q \times d_i - 1,417 \times 10^{-5} n \times d_i + 7,54 \times 10^{-3} d_i^2 - 4,5 \times 10^{-5} Q^2 + 9,913 \times 10^{-8} n^2 \quad (2)$$

Графическая интерпретация распределения частиц представлена на рис. 5, 6, 7.

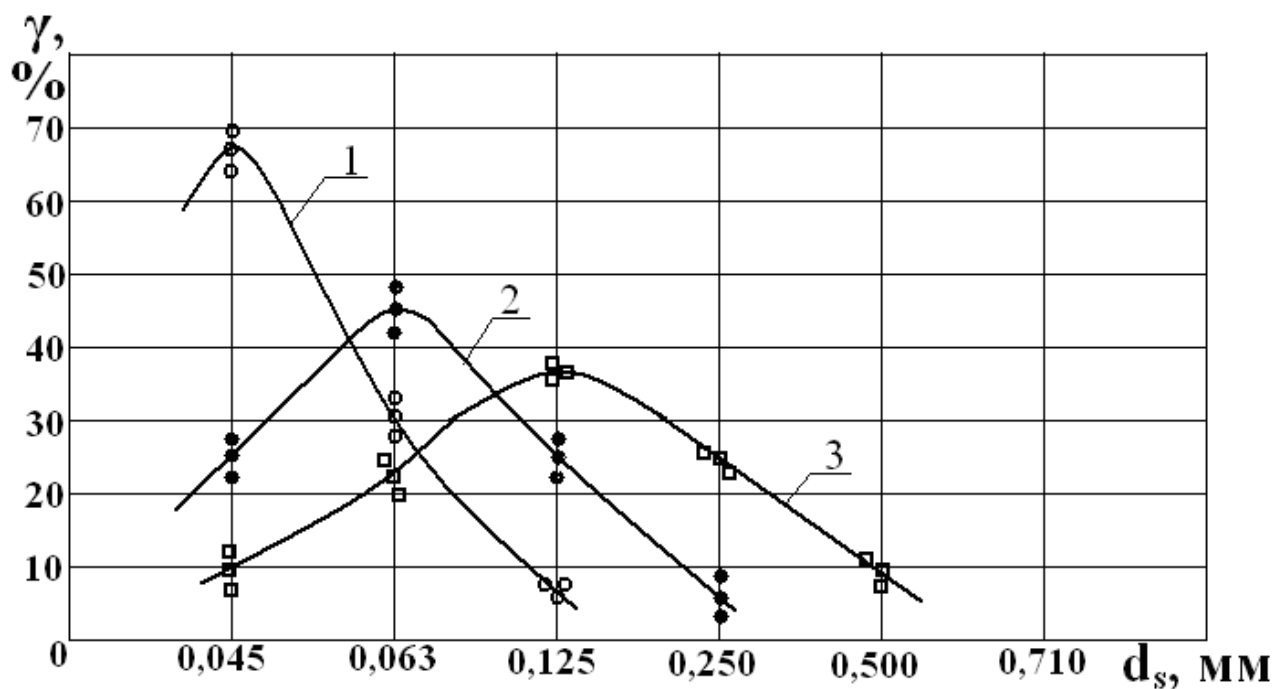


Рисунок 2 – Распределение классов крупности измельчения древесных отходов γ от среднего размера частиц после помола при различных размерах частиц перед помолом: 1 - $d_n=2$ мм; 2 - $d_n=5$ мм; 3 - $d_n=8$ мм ($n=1500$ об/мин, влажность 30%)

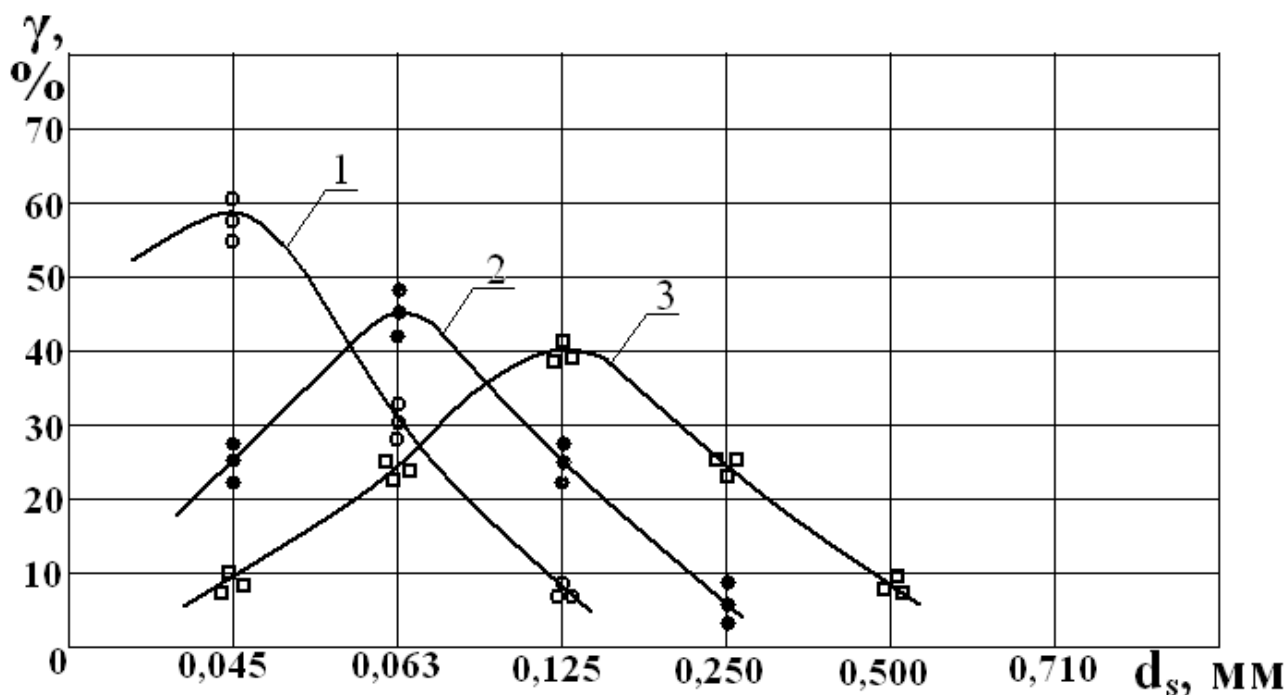


Рисунок 3 – Распределение классов крупности измельчения древесных отходов γ от среднего размера частиц после помола при различной влажности: 1 – 45%; 2 – 30%; 3 – 15% ($n=1500$ об/мин, $d_n=5$ мм)

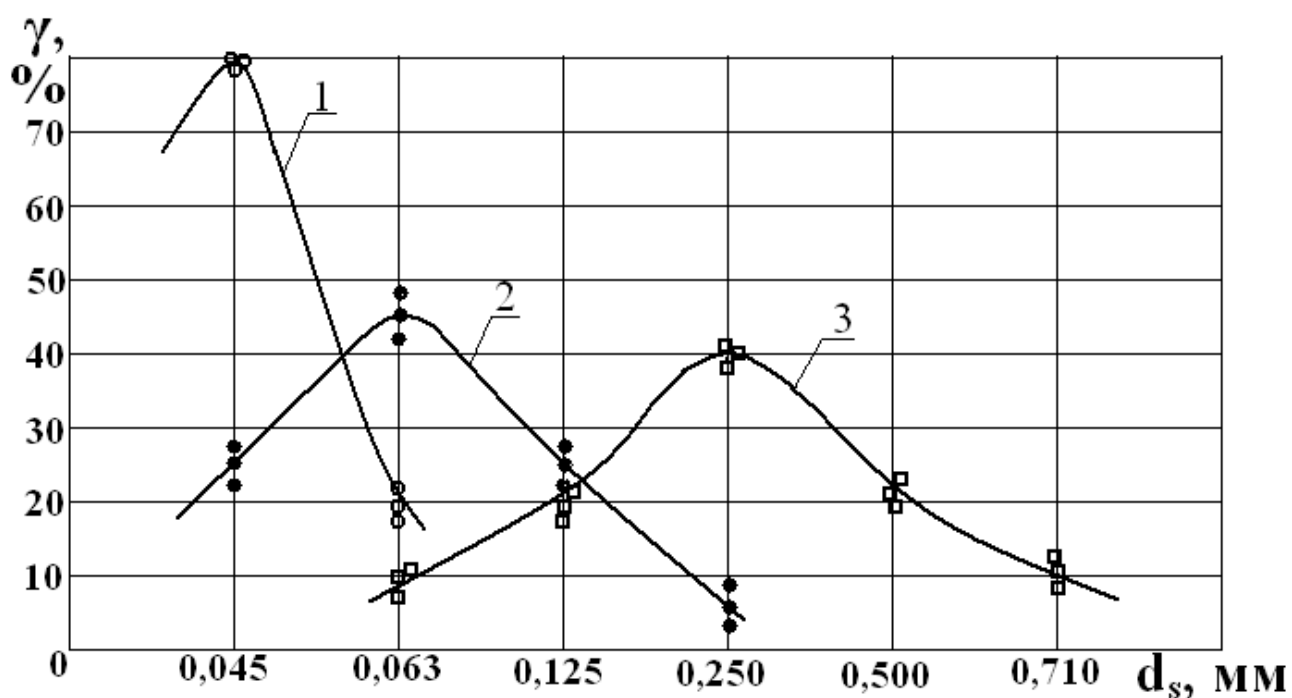


Рисунок 4 – Распределение классов крупности измельчения древесных отходов γ от среднего размера частиц после помола при различных оборотах ротора: 1 – $n=2500$ об/мин; 2 – $n=1500$ об/мин; 3 – $n=500$ об/мин (влажность 30%, $d_n=5$ мм)

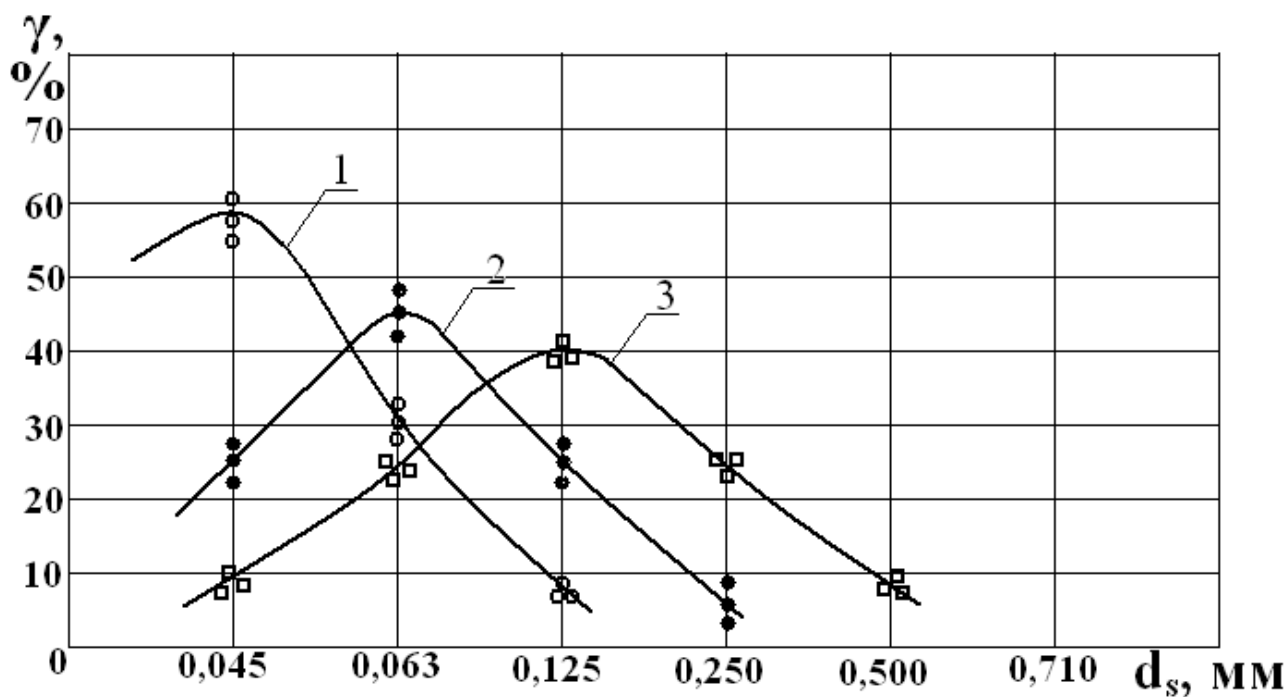


Рисунок 5 – Распределение классов крупности измельчения отходов подсолнечника γ от среднего размера частиц после помола при различных размерах частиц перед помолом: 1 - $d_n=2$ мм; 2 - $d_n=5$ мм; 3 - $d_n=8$ мм ($n=1500$ об/мин, влажность 30%)

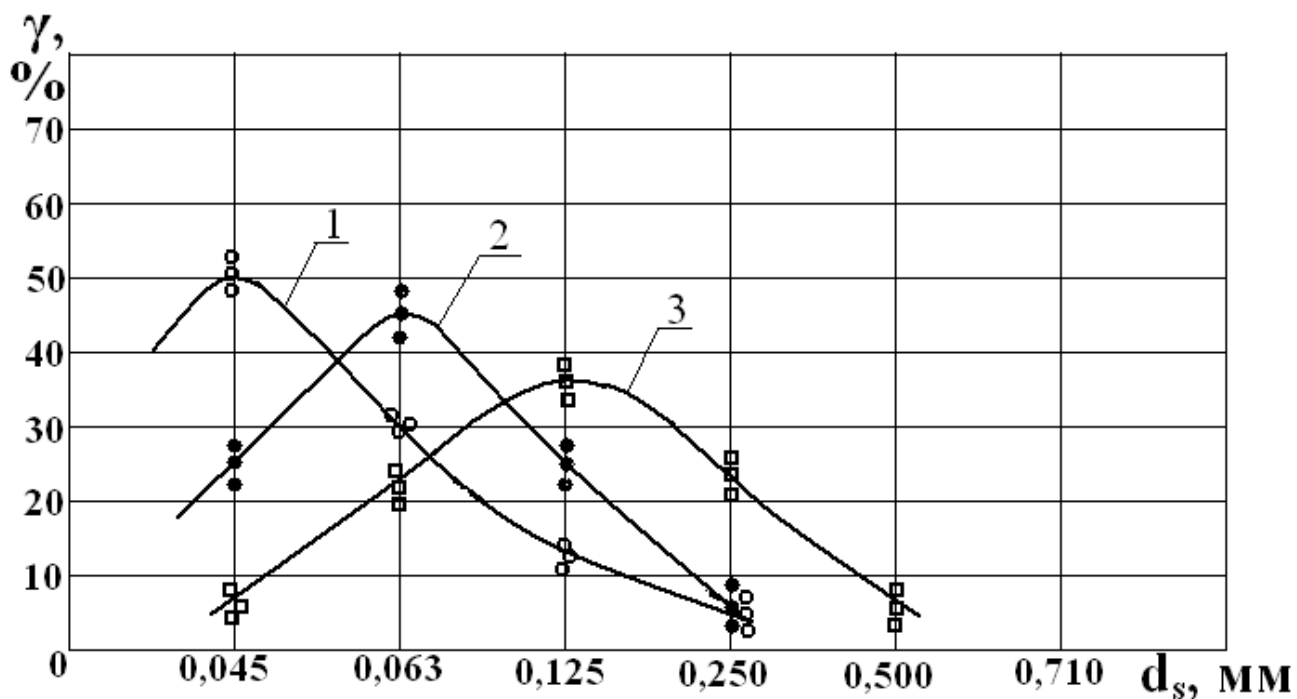


Рисунок 6 – Распределение классов крупности измельчения отходов подсолнечника γ от среднего размера частиц после помола при различной влажности: 1 – 45%; 2 – 30%; 3 – 15% ($n=1500$ об/мин, $d_n=5$ мм)

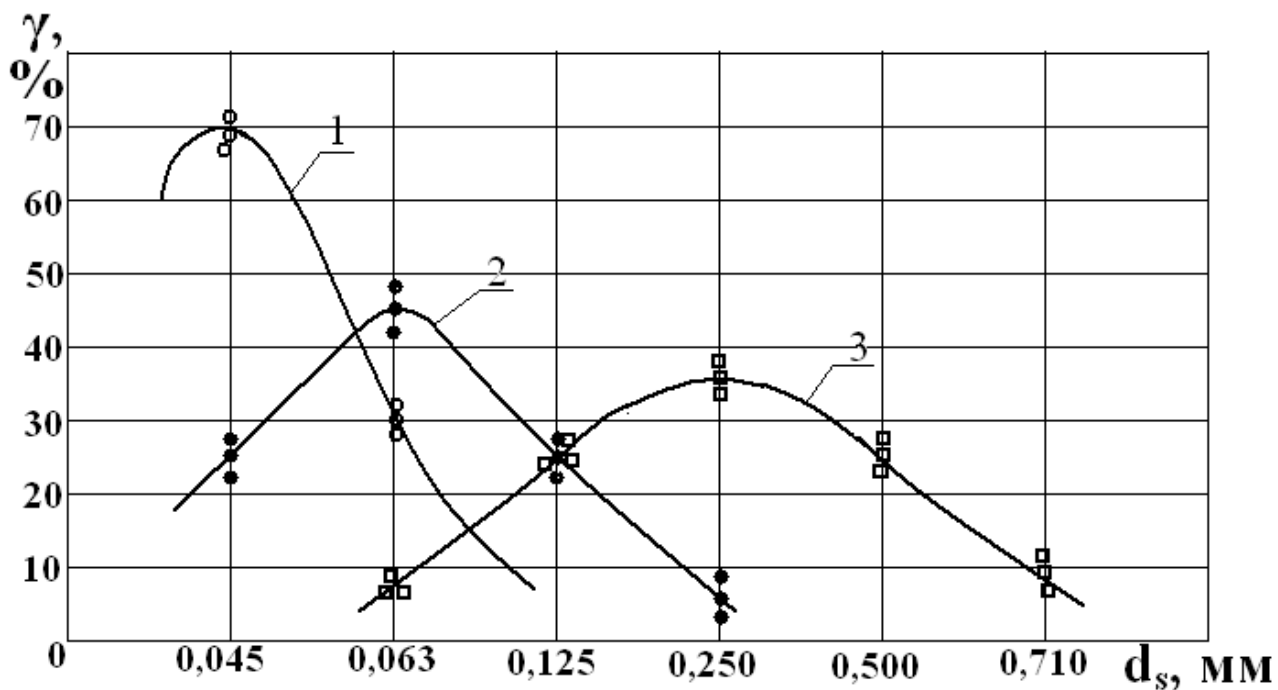


Рисунок 7 – Распределение классов крупности измельчения отходов подсолнечника γ от среднего размера частиц после помола при различных оборотах ротора: 1 – $n=2500$ об/мин; 2 – $n=1500$ об/мин; 3 – $n=500$ об/мин (влажность 30%, $d_{н,} = 5$ мм)

Зависимость измельчения соломы имеет аналогичную степень влияния факторов (3), при этом d_H , Q и n имеют большее влияние, чем на древесных отходах и отходах подсолнечника.

$$d_{SS} = 0,947 + 0,139d_i - 3,28 \times 10^{-2} Q - 9,348 \times 10^{-4} n - 5,944Q \times d_i - 1,417 \times 10^{-5} n \times d_i + 1,362 \times 10^{-5} n \times Q - 7,5 \times 10^{-3} d_i^2 + 2,811Q^2 + 1,725 \times 10^{-7} n^2 \quad (3)$$

Графическая интерпретация распределения частиц представлена на рис. 8, 9, 10.

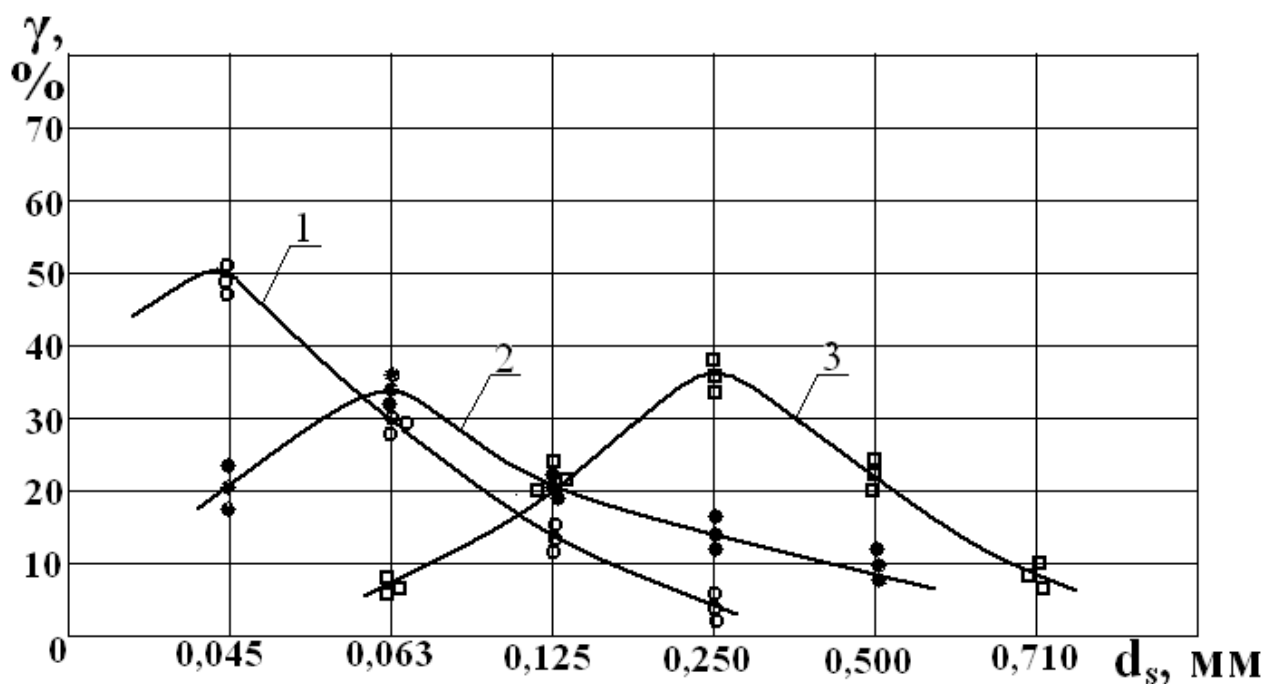


Рисунок 8 – Распределение классов крупности измельчения соломы γ от среднего размера частиц после помола при различных размерах частиц перед помолом: 1 - $d_n=2$ мм; 2 - $d_n=5$ мм; 3 - $d_n=8$ мм ($n=1500$ об/мин, влажность 30%)

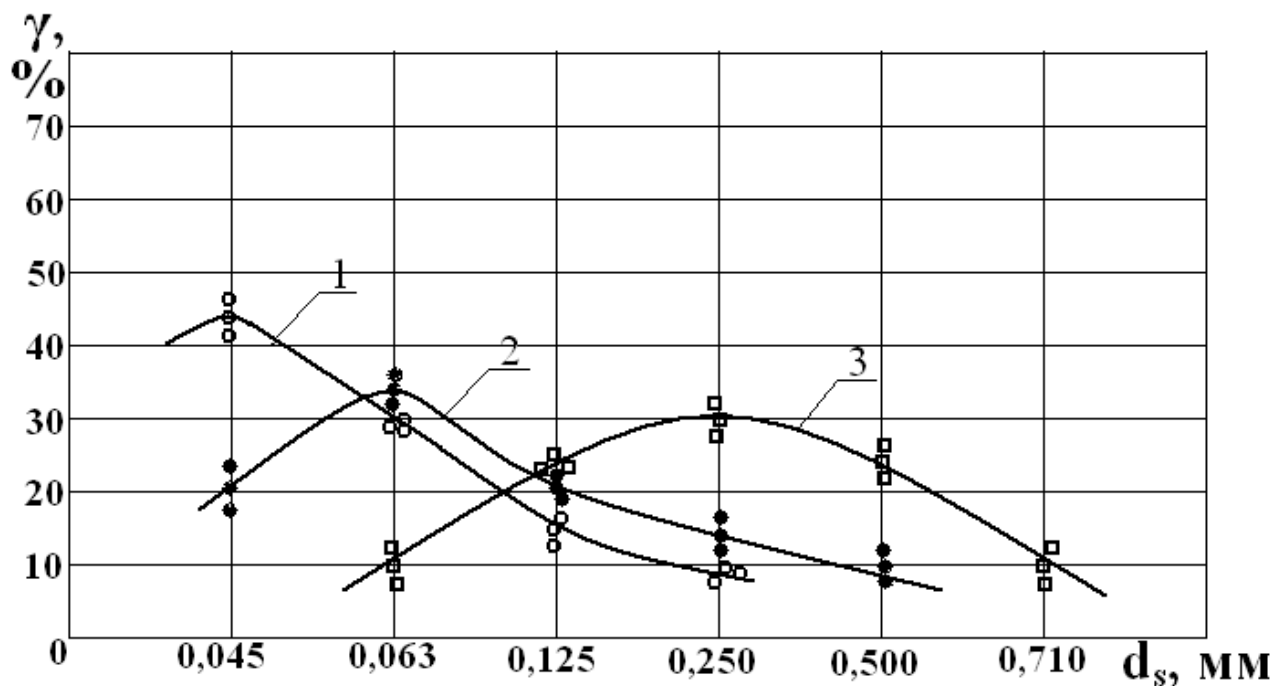


Рисунок 9 – Распределение классов крупности измельчения соломы γ от среднего размера частиц после помола при различной влажности: 1 – 45%; 2 – 30%; 3 – 15% ($n=1500$ об/мин, $d_n=5$ мм)

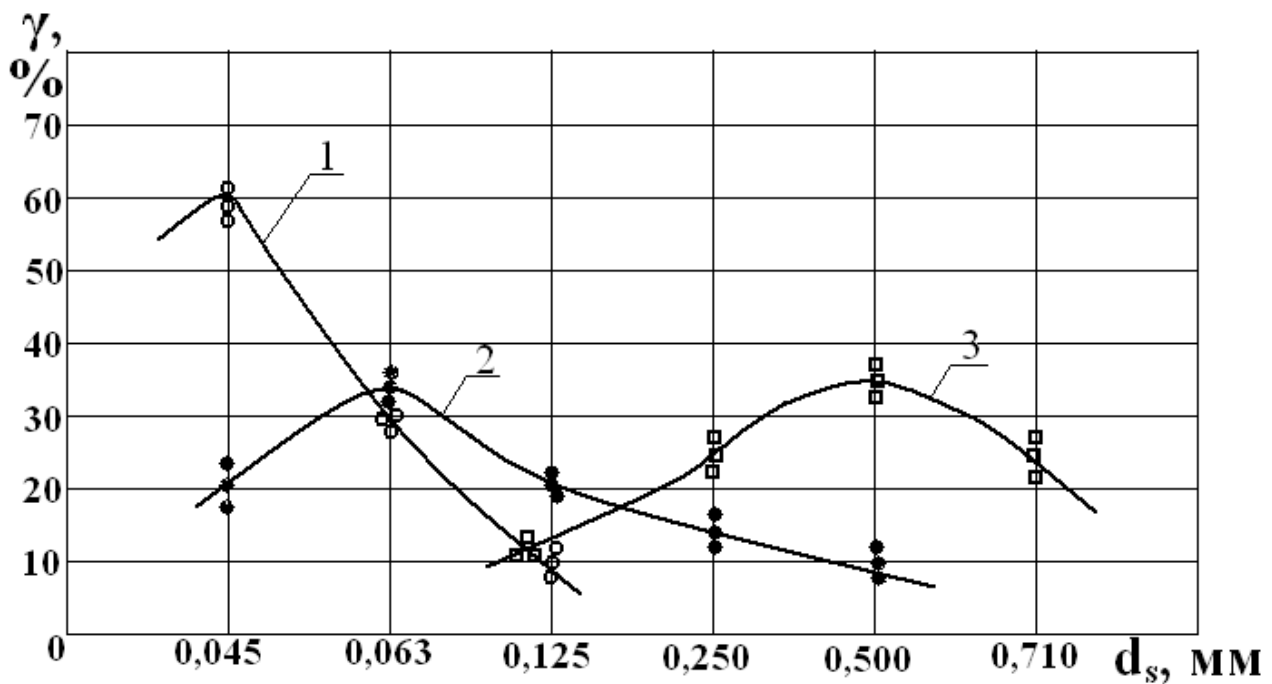


Рисунок 10 – Розподілення класів крупності измельчения соломы γ от среднего размера частиц после помола при различных оборотах ротора: 1 – $n=2500$ об/мин; 2 – $n=1500$ об/мин; 3 – $n=500$ об/мин (влажность 30%, $d_n=5$ мм)

Выводы:

1. Проведенные экспериментальные исследования дисперсности помола биомассы показали, что на тонкость помола в первую очередь влияет начальный размер частиц, затем, в порядке убывания, влажность помольной среды и обороты ротора дезинтегратора.

2. Лучший результат по измельчению в дезинтеграторе показали древесные отходы и отходы подсолнечника. При измельчении соломы наблюдается более крупный размер частиц.

Список литературы

1. Бунецький В.О. Аналіз технологічних процесів отримання твердого палива у вигляді пеллет або брикетів / В.О. Бунецький // Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області, випуск 10, 2011. – с. 328-340.

2. Войтов В.А., Дригуля С.В., Бунецкий В.А. Основные уравнения моделирования измельчения биомассы в дезинтеграторе / Вісник ХНТУСГ, вип. 123. – Харків: ХНТУСГ, 2012. – с. 240-246.

3. Дригуля С.В. Оптимизация конструктивных параметров дезинтегратора для измельчения биомассы / Перспективна техніка і технології – 2012. Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів. – Миколаїв: МДАУ, 2012. – с. 182-186.

4. Войтов В.А., Бунецкий В.О. Дезинтегратор, UA 65059. Патент на корисну модель. МПК В02С 13/22. Опубліковано Бюл. №22, 25.11.2011.

Анотація

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСПЕРСНОСТІ ПОМЕЛУ БІОМАСИ В ДЕЗІНТЕГРАТОРІ

Войтов В.А., д.т.н., проф., Дригуля С.В., аспірант

В роботі наведено результати експериментальних досліджень подрібнення різних типів біомаси в дезинтеграторі. Встановлено, що початковий розмір часток перед помелом і вологість помольного середовища впливають у більшій мірі на тонкість помелу, ніж обороти ротора.

Abstract

EXPERIMENTAL STUDY DISPERSITY GRINDING BIOMASS IN THE DISINTEGRATOR

Vojtov V.A., Drigulia S.V.,

Results of experimental studies of grinding of different types of biomass in a disintegrator presents in the paper. Primary particle size before grinding mill and humidity medium is influence to a greater extent on the fineness than the rotor turns was established.