

IV ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ ТА ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 674:621.928.93

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ БИОМАССЫ В ДЕЗИНТЕГРАТОРЕ

Войтов В.А

Дригуля С.В.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
им. П. Василенка*

В работе приведены результаты моделирования процесса измельчения биомассы в дезинтеграторе. Показаны вклад ударной и истирающей составляющих измельчения и влияние плотности и влажности биомассы на процесс измельчения. Приведены энергозатраты на измельчение и рекомендованы рабочие параметры дезинтегратора.

The results of modeling the grinding process biomass in a disintegrator are present in the paper. The contribution of shock and abrasive grinding components and the effect of density and moisture content of biomass in the grinding process are shown. The energy consumption for grinding and recommended operating parameters disintegrator is given.

Актуальность

Сельскохозяйственная биомасса, которая может использоваться как твердое топливо, требует измельчения перед прессованием [1].

Показателями качества прессованных пеллет является их плотность и твердость. Одним из путей получения высокой плотности пеллет (1000 кг/м^3 и более) является применение тонкого помола влажной биомассы перед последующим прессованием в шнековых прессах [1]. Наименее энергозатратным способом измельчения является применение дезинтегратора [2, 3].

Анализ литературных источников

В работе [4] изложен теоретический подход к измельчению биомассы и дана энергетическая оценка процессов измельчения. Из работы следует, что максимальный КПД процесса измельчения будут иметь устройства, где процесс будет проходить с минимальными затратами на упругую деформацию измельчаемого материала и потерями внутри камеры помола. В работе [5] в результате анализа известных математических моделей процесса измельчения биомассы установлено, что конструкция измельчителя является одним из главных факторов. В работе [6] приведены основные уравнения моделирования процесса измельчения биомассы в дезинтеграторе, которые позволяют определить затраты мощности на измельчение за счет удара, истирания, а также потери мощности на трение биомассы о рабочие органы внутри помольной камеры. Анализ полученных теоретических зависимостей позволяет сделать следующие выводы, что

мощность, затрачиваемая на измельчение биомассы посредством удара, зависит от оборотов ротора и диаметра ротора в первой степени, на измельчение за счет истирания – во второй степени. Потери на трение биомассы о рабочие органы зависят от оборотов и диаметра ротора в третьей степени.

Полученные в работе [6] основные уравнения моделирования позволяют теоретическим путем получить зависимости изменения параметров процесса измельчения от конструктивных особенностей дезинтегратора и физико-механических характеристик биомассы.

Цель работы

Выполнить моделирование энергетических затрат измельчения биомассы в дезинтеграторе с учетом плотности и влажности помольной среды, а также конструктивных особенностей дезинтегратора: оборотов и диаметра ротора.

Основной материал

В разработанной конструкции дезинтегратора для измельчения биомассы [2, 3] используются два способа измельчения: удар и истирание. Для разрушения частицы биомассы за счет удара и за счет истирания необходимо, чтобы скорость движения частицы была не ниже критической. На величину критической скорости влияют такие параметры биомассы как: плотность; влажность; предел прочности; модуль упругости и степень измельчения z :

$$z = \frac{d_i}{d_e},$$

где d_n – начальный диаметр частицы;

d_k – конечный диаметр частицы.

На рис. 1 и рис. 2 представлены теоретические зависимости влияния плотности и влажности биомассы на критическую скорость измельчения за счет удара и истирания.

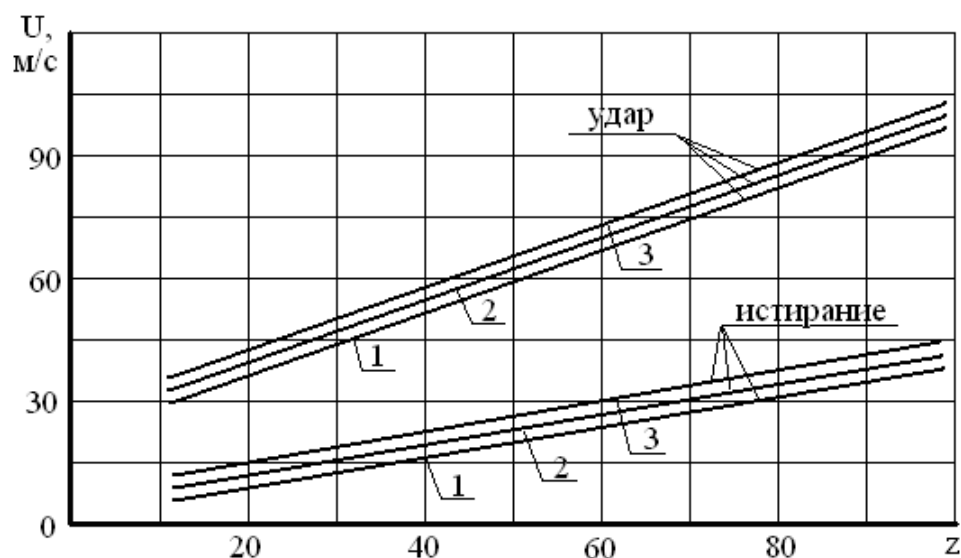


Рис. 1. Зависимость скорости удара и истирания материала от степени измельчения для различных материалов:

1 - $\rho=740$ кг/м³; 2 - $\rho=450$ кг/м³; 3 - $\rho=340$ кг/м³

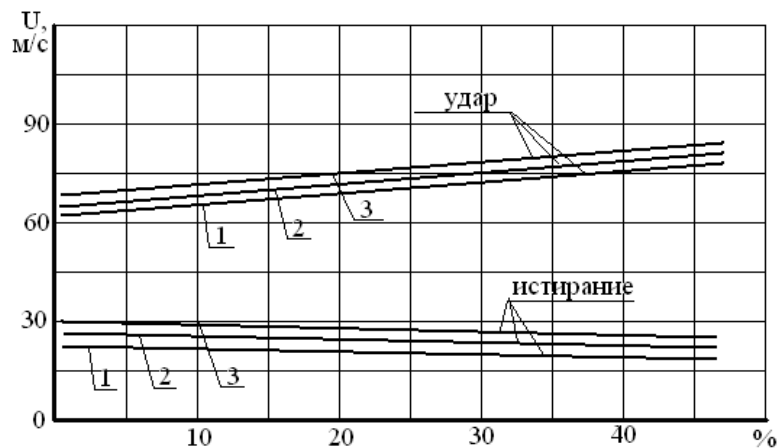


Рис. 2. Зависимость скорости удара и истирания от влажности помольной среды для различных материалов:

1 - $\rho=740 \text{ кг/м}^3$; 2 - $\rho=450 \text{ кг/м}^3$; 3 - $\rho=340 \text{ кг/м}^3$

Как следует из представленных зависимостей измельчение за счет удара требует значительно больших скоростей, чем за счет истирания. При этом, чем выше плотность материала, тем меньше критическая скорость разрушения биомассы, как за счет удара, так и за счет истирания. Например, биомасса в виде древесных опилок ($\rho=740 \text{ кг/м}^3$) будет измельчаться при меньших рабочих скоростях (оборотах ротора), чем биомасса в виде соломы зерновых.

Влажность биомассы неоднозначно влияет на величину критической скорости. Увеличение влажности положительно сказывается при измельчении по механизму истирания и отрицательно по механизму удара. Объясняется это тем, что при увеличении влажности увеличивается плотность, что положительно для измельчения, но при этом уменьшается модуль упругости, что отрицательно влияет при измельчении по механизму удара, рис. 2.

Полученные зависимости позволяют определить критическую скорость удара и истирания по значениям требуемой степени измельчения, влажности и плотности биомассы, а, следовательно, и определить рабочие обороты ротора дезинтегратора [2].

Моделирование изменения энергозатрат представлено на рис. 3 и рис. 4.

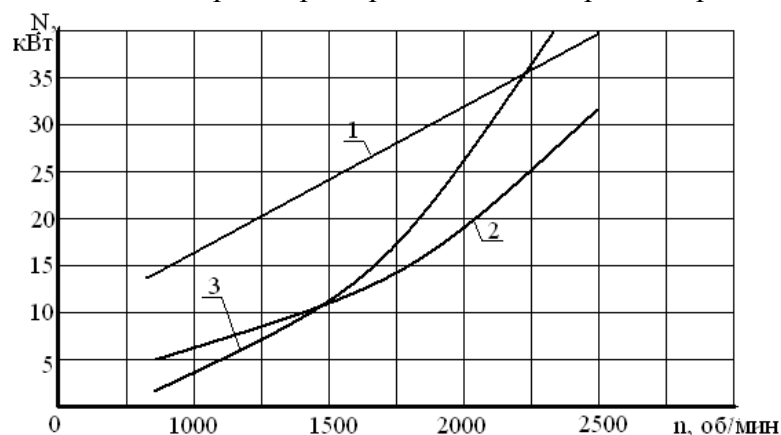


Рис. 3. Зависимость изменения мощности на измельчение за счет удара – 1; истирания – 2; потерь на трение – 3 от оборотов ротора при 20% влажности помольной среды

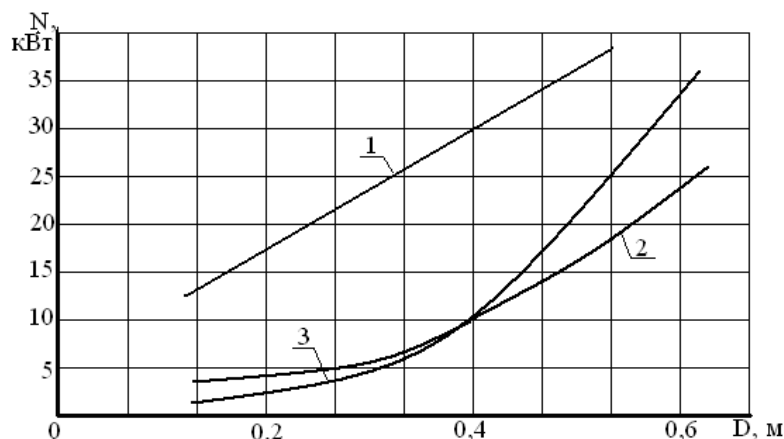
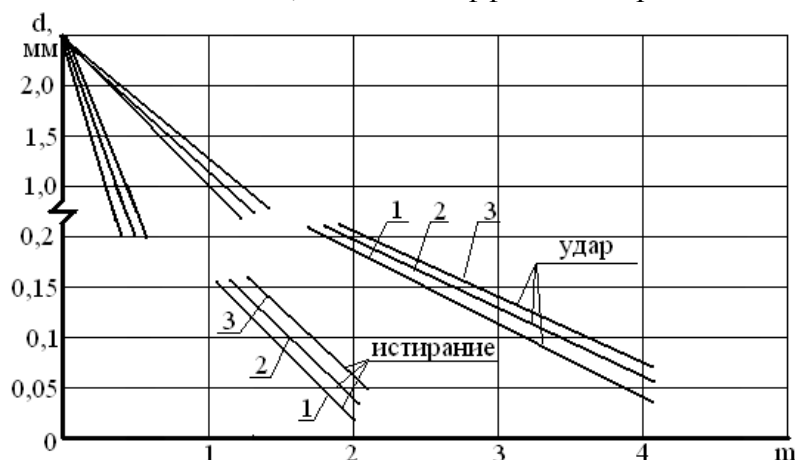


Рис. 4. Зависимость изменения мощности на измельчение за счет удара – 1; истирания – 2 и потерь на трение – 3 от диаметра рабочего диска ($n=1500$ об/мин, влажность 20%)

Как следует из представленных теоретических зависимостей измельчение по механизму удара (кривая 1) является наиболее энергозатратным, чем по механизму истирания (кривая 2). При этом энергозатраты на измельчение, как за счет удара, так и за счет истирания увеличиваются с увеличением оборотов ротора и диаметра рабочего колеса ротора. Из зависимостей следует, что при оборотах ротора более 1500 об/мин и диаметре рабочего колеса более 0,4 м значительно увеличиваются потери на трение биомассы о рабочие органы внутри помольной камеры (потери на трение), что приведет к снижению КПД дезинтегратора [6].

Тонкость помола в дезинтеграторе зависит от количества рабочих поясов [2, 3]. На рис. 5 и рис. 6 представлены результаты моделирования тонкости помола от начального диаметра частицы 2 мм до конечного диаметра 50 мкм в зависимости от числа рабочих поясов, плотности и влажности биомассы.

Как следует из теоретических зависимостей измельчение по механизму истирания наиболее эффективно. В дезинтеграторе достаточно иметь два рабочих пояса. При этом, чем больше плотность и влажность биомассы, тем более эффективен процесс измельчения.



**Рис. 5. Зависимость диаметра частицы материала после помола от количества рабочих поясов n для разных материалов
1 - $\rho=740$ кг/м³; 2 - $\rho=450$ кг/м³; 3 - $\rho=340$ кг/м³**

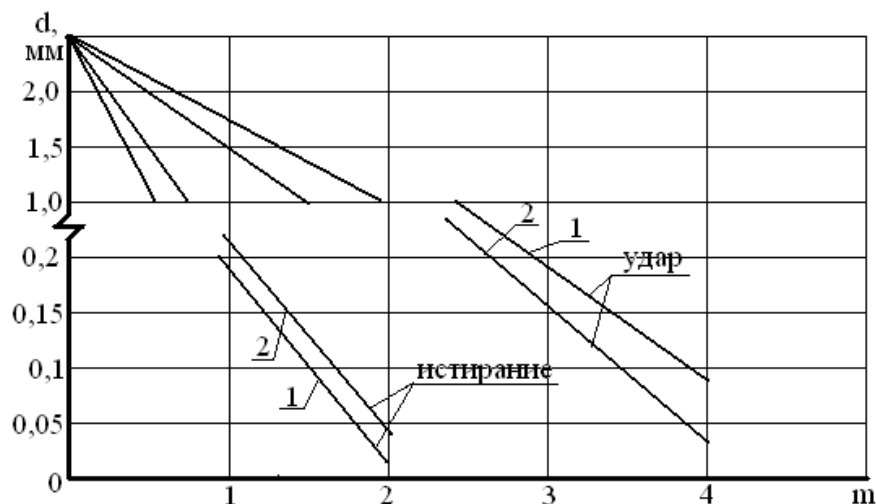


Рис. 6. Залежність діаметра частини матеріалу после помола от количества рабочих поясів m при различной влажности материала:
1 – влажность 40%; 2 – влажность 10%

Измельчение за счет удара менее эффективно. Для измельчения до диаметра частиц в 50 мкм необходимо иметь четыре рабочих пояса, что потребует в 2 раза больших энергозатрат по сравнению с истиранием. При этом увеличение влажности будет ухудшать процесс.

Выводы

1. Моделирование процесса измельчения биомассы в дезинтеграторе позволяет сделать вывод, что для снижения энергозатрат необходимо увеличивать истирающую составляющую процесса измельчения, при этом процесс проводить при влажной биомассе (до 40%).

2. При измельчении до размера частиц 50 мкм конструкция дезинтегратора должна состоять не менее чем из двух рабочих поясів.

Для повышения КПД дезинтегратора необходимо уменьшать вредные потери. Для этого необходимо чтобы обороты ротора были в пределах 1500 об/мин, а диаметр рабочих колес 0,4 м.

Литература

1. Бунецкий В.О. Аналіз технологічних процесів отримання твердого палива у вигляді пеллет або брикетів / В.О. Бунецкий // 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., Бунецкий В.О. Дезинтегратор, UA 65059. Патент на корисну модель. МПК В02С 13/22. Опубліковано Бюл. №22, 25.11.2011.
3. Войтов В.А., Дригуля С.В., Бунецкий В.А. Применение тонкого помола биомассы при производстве твердого топлива в виде брикетов или пеллет / Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки, 2012. – Випуск 10 т.1 (58). – с. 11-16.
4. Нанка О.В., Бойко І.Г. Теорії подрібнення і їх енергетична оцінка / Вісник ХНТУСГ, вип. 121. – Харків: «Апостроф», 2012. – с. 211-217.
5. Нанка О.В. Математичні моделі процесів подрібнення зернових кормів і їх аналіз / Вісник ХНТУСГ, вип. 120. – Харків: ХНТУСГ, 2012. – с. 3-8.
6. 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.