

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ БИОМАССЫ ВНУТРИ КАМЕРЫ ПОМОЛА ДЕЗИНТЕГРАТОРА

Войтов В.А., д.т.н., проф., Дригуля С.В., асп., Бунецкий В.А., асп.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенка*

Изложен подход по определению функции распределения плотности помольной среды (воздух + измельченная биомасса) внутри камеры помола дезинтегратора, которая необходима для оценки энергозатрат на измельчение

Актуальность. В последние годы активно развиваются технологии получения твердого топлива из отходов сельскохозяйственного производства – биомассы. К таким отходам, в первую очередь, относятся солома зерновых культур, отходы подсолнечника, кукурузы, древесины. После сушки и измельчения такой биомассы, путем прессования, получают твердое топливо в виде брикетов или пеллет. Немаловажными факторами в этом технологическом процессе являются общие энергозатраты на получение единицы массы твердого топлива.

Одним из путей снижения энергозатрат является применение влажного помола биомассы с последующим влажным прессованием. Такой подход позволяет исключить из технологического процесса энергозатраты на сушку материала перед прессованием при одновременном снижении энергозатрат на прессование.

Анализ литературных источников. Основным агрегатом для измельчения биомассы является молотковая дробилка, которая широко применяется для измельчения соломы в Украине, России, Германии, Польше. Однако данный агрегат, при большом количестве положительных свойств обладает существенным недостатком, не обеспечивает тонкого помола влажной соломы, а, следовательно, требует наличия сушки перед помолом, что значительно увеличивает энергозатраты.

Замена молотковой дробилки на дезинтегратор [1] позволяет решить вопрос влажного и одновременно тонкого помола биомассы перед прессованием.

Конструкция дезинтегратора изложена в патенте UA 65259 [2], вид общий в разрезе правой половины представлен на рис. 1. Аналогично, через средний корпус, присоединяется левая половина, образуя между рабочими органами (кольцами) камеры помола.

Биомасса для помола специальным шнековым питателем подается через полый вал ротора внутрь камеры помола, где центробежными силами отбрасывается на первое (внутреннее) рабочее кольцо.

Конструкция рабочих органов дезинтегратора позволяет одновременно

совместить два механизма измельчения – удар и истирание. В соответствии с конструкцией рабочих органов, которые представлены на рис. 2, удар и истирание происходит между рабочими колесами 2, которые вращаются навстречу друг другу с частотой 1500 об/мин.

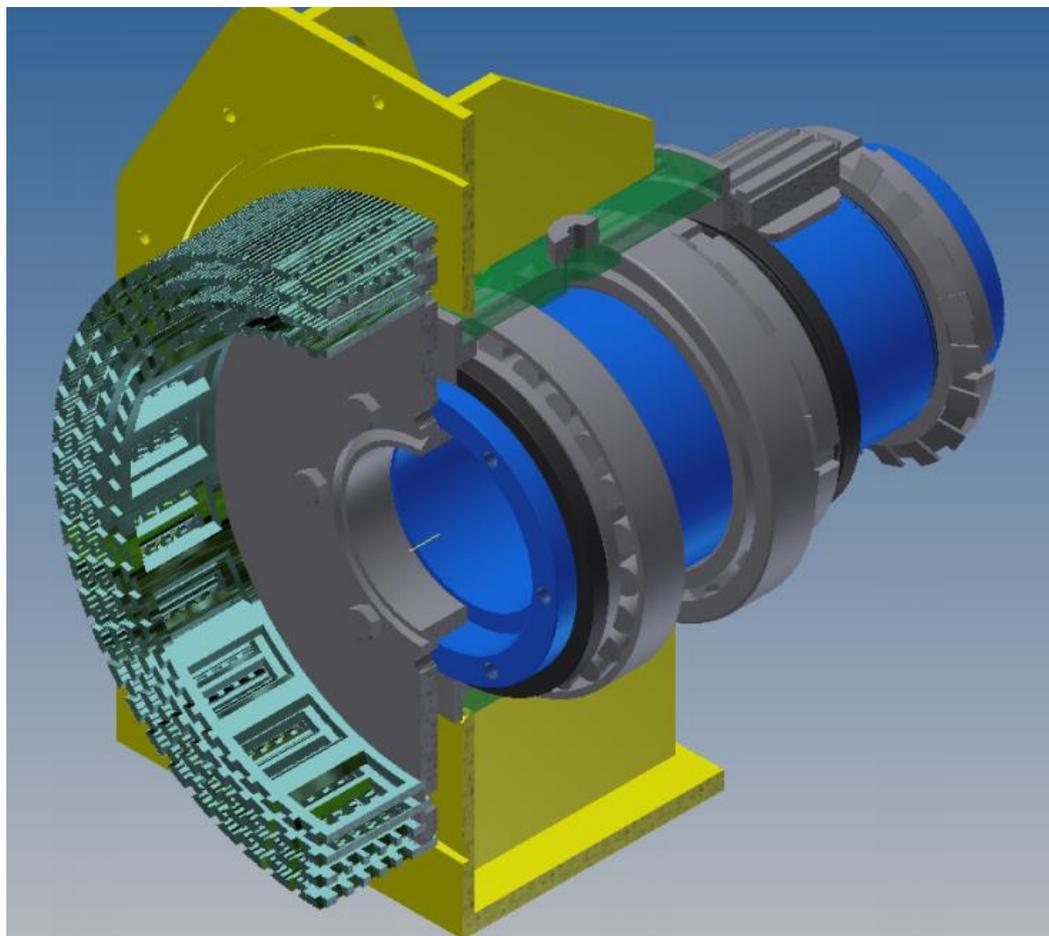


Рис 1 – Вид общий в разрезе дезинтегратора

При столкновении биомассы с отверстиями происходит измельчение за счет удара, а в зазоре между вращающимися кольцами, происходит измельчение за счет истирания. Внешний вид рабочего кольца представлен на рис. 3.

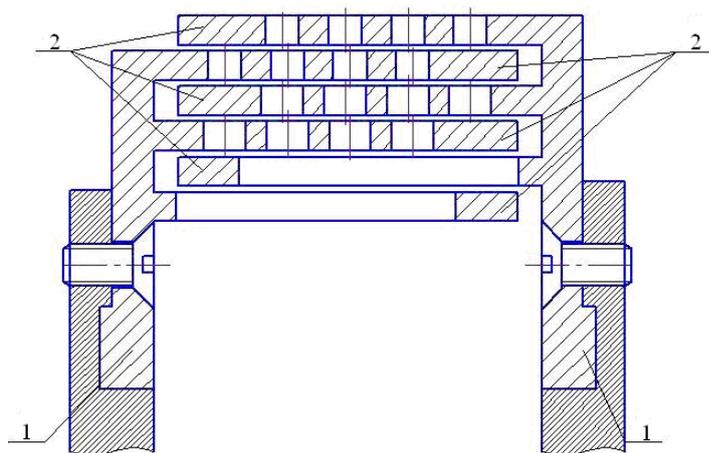


Рис. 2 – Конструкция рабочих органов дезинтегратора



Рис.3 – Рабочее кольцо дезинтегратора

Как показали проведенные авторами расчеты, энергозатраты на измельчение зависят от оборотов ротора, а также от динамической вязкости и плотности помольной среды ρ_c . Для выполнения более точных расчетов энергозатрат на измельчение в дезинтеграторе необходимо знать функцию распределения плотности помольной среды внутри камеры помола.

Цель исследования. Определить функцию распределения плотности помольной среды (воздух + измельченная биомасса) внутри камеры помола, которая образована двумя вращающимися навстречу друг другу кольцами.

Методы исследования. Решим задачу нахождения искомой функции распределения плотности помольной среды ρ_c между рабочими колесами дезинтегратора (внутри помольной камеры), рис. 4, с помощью исследования решений уравнения Лапласа.

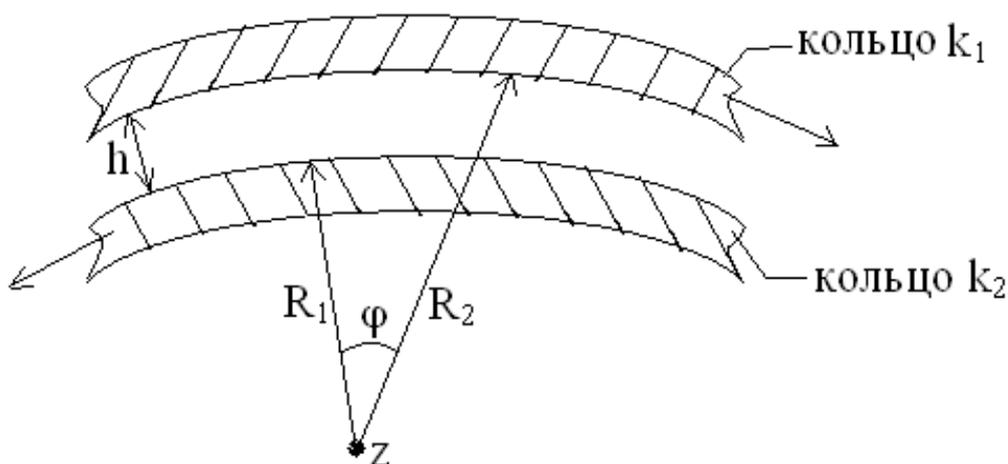


Рис. 4 – Схема расчета:

R_1, R_2 – радиусы колец; φ - угол поворота; h – расстояние между кольцами

Уравнение Лапласа в цилиндрических координатах имеет вид:

$$\frac{\partial^2 \rho_c}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \rho_c}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \rho_c}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2 \rho_c}{\partial z^2} = 0. \quad (1)$$

Принимая то, что плотность помольной среды ρ_c не зависит от координаты z , которая совпадает с осью вращения колец, а зависит только от R и ϕ , то функция ρ_c будет удовлетворять уравнению:

$$\frac{\partial^2 \rho_c}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \rho_c}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \rho_c}{\partial \phi^2} = 0, \quad (2)$$

где r и ϕ - полярные координаты на плоскости.

Найдем решение уравнения Лапласа (1) в области h (внутри колец), которые ограничены окружностью k_1 :

$$x^2 + y^2 = R_1^2,$$

и окружностью k_2 :

$$x^2 + y^2 = R_2^2.$$

Для решения примем следующие начальные граничные условия:

$$\begin{aligned} \frac{\rho_c}{r} \Big|_{r=R_1} &= \rho_{c1}, & \frac{\rho_c}{r} \Big|_{r=R_2} &= \rho_{c2}, \\ \frac{\partial \rho_c}{\partial z} \Big|_{z=0} &= 0, & \frac{\partial \rho_c}{\partial z} \Big|_{z=h} &= 0. \end{aligned}$$

Решая эту задачу в полярных координатах и принимая условие, что искомая функция не зависит от ϕ уравнение (2) перепишем в виде:

$$\frac{\partial^2 \rho_c}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \rho_c}{\partial r} = 0. \quad (3)$$

Проинтегрируем уравнение (3):

$$\rho_c = C_1 \ln r + C_2, \quad (4)$$

где C_1 и C_2 – постоянные интегрирования.

Определим C_1 и C_2 из начальных граничных условий:

$$\rho_c = C_1 \ln R_1 + C_2,$$

$$\rho_c = C_1 \ln R_2 + C_2.$$

Откуда находим:

$$C_1 = \frac{\rho_{c2} - \rho_{c1}}{\ln \frac{R_2}{R_1}},$$

$$C_2 = \rho_{c_1} - (\rho_{c_2} - \rho_{c_1}) \frac{\ln R_1}{\ln \frac{R_2}{R_1}} = \frac{\rho_{c_1} \ln R_2 - \rho_{c_2} \ln R_1}{\ln \frac{R_2}{R_1}}.$$

Подставляя найденные значения C_1 и C_2 в формулу (4), окончательно получим:

$$\rho_c = \frac{\rho_{c_2} \ln \frac{r}{R_1} - \rho_{c_1} \ln \frac{r}{R_2}}{\ln \frac{R_2}{R_1}}. \quad (5)$$

Выводы. Полученное выражение (5) является искомой функцией распределения плотности помольной среды внутри камеры помола, ограниченной координатами $r = R_1$ и $r = R_2$, удовлетворяющее уравнению Лапласа.

Функция распределения плотности внутри помольной камеры будет использоваться при моделировании процесса измельчения различных видов биомассы в дезинтеграторе.

Список использованных источников

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., Бунецький В.О. Дезінтегратор, UA 65059. Патент на корисну модель. МПК В02С13/22. Опубліковано Бюл. №22, 25.11.2011.

Анотація

ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІЇ РОЗПОДІЛУ ЩІЛЬНОСТІ БІОМАСИ ВСЕРЕДИНІ КАМЕРИ ПОМОЛУ ДЕЗІНТЕГРАТОРА

Войтов В.А., Дригуля С.В., Бунецький В.А.

Викладено підхід щодо визначення функції розподілу щільності помольного середовища (повітря + подрібнена біомаса) всередині камери помелу дезінтегратора, яка необхідна для оцінки енерговитрат на подрібнення

Abstract

DETERMINATION FUNCTIONS OF DISTRIBUTION DENSITY OF BIOMASS INSIDE CAMERAS GRINDING OF DISINTEGRATOR

V.Vojtov, S. Drigulia, V. Bunetskij

The approach to determine the distribution function of the density of grinding media (air + chopped biomass) inside the chamber grinding disintegrator, which is necessary to evaluate the energy consumption for grinding, is presented