

ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ЗЕРНОВЫХ ПРОДУКТОВ ПОСЛЕ СОВМЕЩЕННЫХ ПРОЦЕССОВ СУШКИ И ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Евдокимов А.В.

Научный руководитель—Шаршунов В.А., член-корреспондент НАН Беларуси,
д.т.н., профессор

Могилевский государственный университет продовольствия
г. Могилев, Республика Беларусь

Одним из определяющих параметров, характеризующих эффективность работы измельчающих устройств, является конечный гранулометрический состав готовых продуктов и в частности его медианный диаметр (размер частиц, при котором масса всех частиц в порошке мельче или крупнее δ_{50} составляет 50%).

Расчеты кинетики процессов измельчения и сушки, совмещенных в одном рабочем объеме, представляют собой многофакторную задачу, включающую значительное число технологических и конструктивных параметров, а также характеристики перерабатываемого продукта. К ним следует отнести начальный размер материала и его влажность; производительность установки; температуру сушильного агента; время пребывания газодисперсного потока в измельчителе; частоту вращения ротора мельницы; скорость и угол удара; геометрические размеры измельчителя; физико-механические свойства обрабатываемого продукта и т.д.

Создание метода расчета гранулометрического состава готового продукта, как в аппарате, так и на выходе из него является актуальной научной и практической задачей.

В ходе проведения эксперимента по измельчению пророщенного зерна в сушилке-диспергаторе выявлено, что на величину медианного диаметра получаемых частиц наибольшее влияние оказывают: начальная влажность продукта W_0 (%), температура сушильного агента t ($^{\circ}\text{C}$), удельная производительность установки по готовому продукту $G_{уд}$ ($\text{кг}/\text{м}^3 \cdot \text{ч}$), частота вращения роторного измельчителя n (об/мин).

В табл. 1 приведены сведения по значениям технологических параметров процесса термомеханической обработки зерна в сушилке – диспергаторе.

Таблица 1 - Параметры процесса термомеханической обработки

Начальная влажность материала, %	Начальная температура сушильного агента, $^{\circ}\text{C}$	Удельная производительность установки, $\text{кг}/\text{м}^3 \cdot \text{ч}$	Частота вращения роторного измельчителя, об/мин	Удельный расход воздуха, $\text{м}^3/\text{кг}$
33, 36, 39, 42, 45	80, 90, 100	1364, 1591, 1818, 2046, 2273	1845, 1920, 1995, 2070, 2145, 2595	29; 25; 22; 19,5; 17,6

Удельная производительность установки определялась по формуле

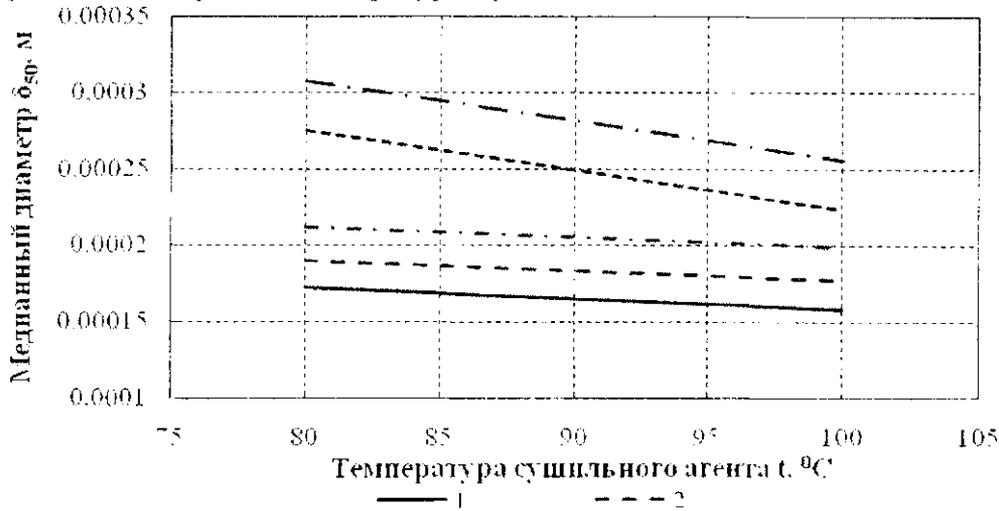
$$G_{уд} = \frac{G}{V_{в.к}}, \quad (1)$$

где G – часовая производительность установки по готовому продукту, $\text{кг}/\text{ч}$;

$V_{в.к}$ – объем вихревой камеры установки, м^3 .

В результате обработки экспериментальных данных получены следующие графические зависимости.

На рисунке 1 представлена графическая зависимость медианного диаметра муки из пророщенного зерна от температуры сушильного агента.

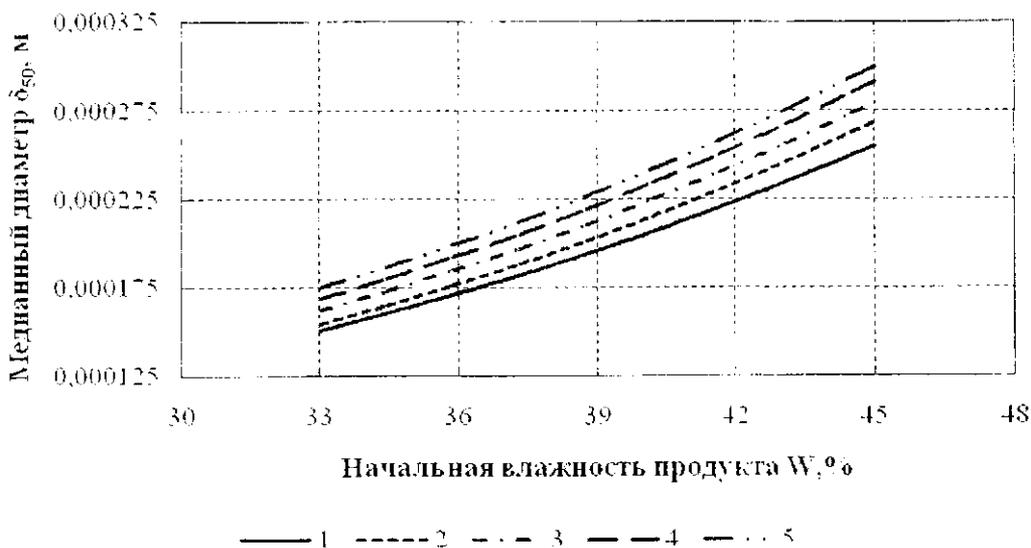


1 – начальная влажность материала 33%; 2 – 36%; 3 – 39%; 4 – 42%; 5 – 45%

Рисунок 1 - Графическая зависимость медианного диаметра муки из пророщенного зерна от температуры сушильного агента

Из графика видно, что с увеличением температуры сушильного агента медианный диаметр муки из пророщенного зерна, для всех начальных влажностей, уменьшается.

На рисунке 2 представлена графическая зависимость медианного диаметра муки из пророщенного зерна от начальной влажности продукта.



1 – удельная производительность установки 1364 кг/ч·м³; 2 – 1591 кг/ч·м³; 3 – 1818 кг/ч·м³; 4 – 2045 кг/ч·м³; 5 – 2273 кг/ч·м³

Рисунок 2 - Графическая зависимость медианного диаметра муки из пророщенного зерна от начальной влажности продукта

Из графика видно, что с увеличением начальной влажности пророщенного зерна, медианный диаметр полученного продукта увеличивается. Причем с

увеличением удельной производительности установки, значение медианного диаметра увеличивается. При уменьшении влажности измельчаемого продукта увеличивается его хрупкость, и как следствие увеличивается доля мелких частиц в получаемом продукте.

Представляет интерес зависимость медианного диаметра получаемого продукта от безразмерных комплексов, включающих основные влияющие параметры. В качестве определяющего комплекса нами был выбран критерий Фруда, позволяющий выявить зависимость δ_{50} от конструктивных и кинематических параметров процесса измельчения.

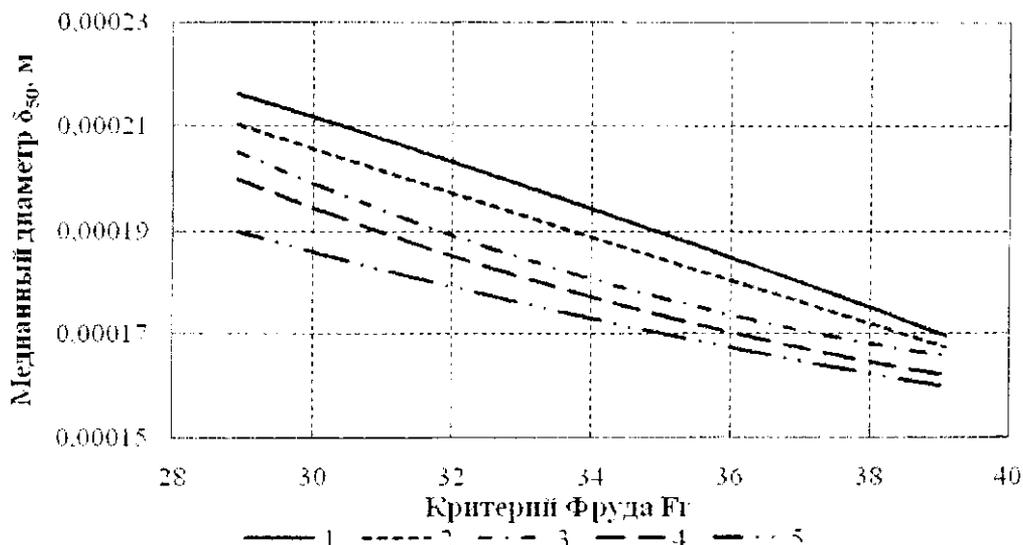
$$Fr = \frac{n^2 \cdot d}{g} \quad (2)$$

где n – частота вращения ротора измельчителя, об/с;

d – диаметр ротора, м;

g – ускорение свободного падения, м/с².

На рисунке 3 в графическом виде представлены зависимости медианного диаметра получаемого продукта от критерия Фруда (при начальной влажности измельчаемого материала 39%, температуре сушильного агента 90°C и частоте вращения роторного измельчителя 1845–2145 об/мин).



1 – 30 кг/ч; 2 – 35 кг/ч; 3 – 40 кг/ч; 4 – 45 кг/ч; 5 – кг/ч

Рисунок 3 – Графические зависимости медианного диаметра от критерия Фруда

С увеличением критерия Фруда, медианный диаметр частиц уменьшается (возрастает доля мелких частиц). Увеличение линейной скорости концов ударных элементов ротора измельчителя, ведет к увеличению доли мелких частиц в продукте, т.е. растет степень измельчения. Достижение оптимального значения размеров получаемого продукта, возможно как за счет повышения частоты вращения ротора, так и за счет увеличения размера помольной камеры и диаметра ротора измельчителя. Первый путь предпочтительней, так как с ростом частоты вращения затраты мощности растут в третьей степени, а при увеличении линейных размеров ротора увеличиваются в пятой степени.

В результате обработки экспериментальных данных в явном виде получено выражение (3) для расчета медианного диаметра муки из пророщенного зерна в результате термомеханической обработки:

$$\delta_{50} = 4,4 \cdot 10^{-5} \cdot e^{0,045Wn} \cdot G/V^{0,3} \cdot t^{-0,54} \quad (3)$$

Данная зависимость позволяет определить медианный диаметр частиц готового продукта, на выходе из сушилки-диспергатора, при исходных параметрах материала и процесса, указанных в таблице 1.

Полученная в явном виде функция и методика расчета гранулометрического состава получаемого продукта позволят правильно конструировать и назначать технологические режимы работы устройства, подбирать измельчители для помола заданного сырья с получением порошка требуемого качества и свойств.