

2. Денисов, М.А. Компьютерное проектирование. ANSYS / М.А. Денисов / Екатеринбург : Изд-во Урал. Ун-та, 2014. – 77 с.

УДК 631.363

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ РЕЖИМНЫХ  
ФАКТОРОВ ВАЛЬЦОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ НА  
ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОЗИМОЙ РЖИ**

А.А. Кишкель – 16 пп, 4 курс, АМФ

Научный руководитель:

ст. преподаватель А.В. Гуд

*БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

Эффективность процесса измельчения зерна обычно характеризуется затратами энергии отнесенными к количеству измельченного материала (кВт-ч/т) или вновь образованной поверхности (Вт-ч/мм<sup>2</sup>), степенью измельчения частиц и гранулометрическим составом. Цель работы – исследовать влияние основных режимных факторов вальцового измельчителя на затраты энергии отнесенные на вновь образованную поверхность измельченных частиц.

Исследования проводились на экспериментальном вальцовом измельчителе на вальцах с шагом рифлей 3,5 мм, углом острия 30° на зерне озимой ржи влажностью 13,6% при изменении зазора от 0,2 до 0,8 мм, окружной скорости быстро вращающегося вальца от 9,1 до 19,1 м/с и отношении окружных скоростей вальцов от 1,4 до 2,6.

Был реализован полный центральный композиционный ротативный эксперимент типа 2<sup>3</sup>. Значение факторов в кодированном и натуральном виде приведены в таблице 1.

Таблица 1. Значение факторов в кодированном и натуральном виде

Факторы	Обозначение	Интервал варьирования	Уровни факторов				
			-1,215	-1	0	+1	+1,215
Зазор $B$ , мм	$X_1$	0,25	0,2	0,25	0,5	0,75	0,8
Скорость $V_6$ , м/с	$X_2$	4,1	9,1	10,0	14,1	18,2	19,1
Отношение скоростей, $i$	$X_3$	0,5	1,4	1,5	2,0	2,5	2,6

В процессе проведения эксперимента проводились замеры массы навески (кг), время опыта (с), мощность установки фиксировалась измерительным комплексом “Spider 8”.

Гранулометрический состав продуктов измельчения зерна анализировали ситовым методом на классификаторе РКФ-1, с рассевом проб на ситах с продольными отверстиями толщиной 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 мм. Сход с сит взвешивали на весах ВЛТК-500 с точностью 0,01 г.

Реализация опытов и их обработка [1] позволила получить адекватное уравнение суммарной кривой весового выхода фракций разной крупности продуктов размола по минусу следующего вида

$$R = 100 \exp \left( \frac{t}{0,81 - 0,036X_1 + 0,121X_2 + 0,048X_3 - 0,07X_2^2} \right)^{2,56} \quad (1)$$

Данное уравнение позволяет найти суммарный весовой выход фракции разной крупности частиц по их толщине в зависимости от зазора между вальцами, окружной скорости быстро вращающегося вальца и отношения окружной скорости вальцов.

Уравнение (1) характеризует распределение частиц только по их линейному размеру, которым является толщина. Изменение размеров частиц по другим размерам (ширине и длине) не учтены. Зная соотношение основных размеров частиц и уравнение кривой по одному из линейных размеров, можно определить такие важные характеристики как общая поверхность частиц и средний эффективный диаметр.

Линейные размеры частиц разных фракций определяли на микроскопе ММИ - 2 по длине  $l$  и ширине  $h$ . По каждому опыту из каждой фракции крупности были взяты пробы массой 0,5 г и вычислены средние линейные значения основных размеров частиц. Обработка результатов измерений показала, что зависимость длины и ширины частиц от их толщины может быть описана линейной зависимостью  $l=2,5t$  и  $h=1,5t$ . Коэффициенты корреляции соответственно равны  $\eta_l=0,967$ ,  $\eta_h=0,971$ .

Общую внешнюю поверхность частиц продукта и их средний эффективный диаметр вычисляли при следующих допущениях:

– форма частиц – прямоугольный параллелепипед с размерами  $l$ ,  $h$ ,  $t$ ;

- плотность постоянная по всему ряду крупности;
- минимальный размер крупности 0,01 мм.

Расчёт внешней поверхности частиц измельченного зерна производится суммированием поверхности узких фракций, которую, в свою очередь, определяли как произведение числа частиц на поверхность одной усредненной частицы. Поверхность такой фракции равна:

$$S_i = \frac{2\omega_i}{\delta l_i h_i t_i} (l_i h_i + l_i t_i + h_i t_i),$$

где  $\delta$  - плотность частицы, г/мм<sup>3</sup>;

$\omega_i$  - выход  $i$  - го класса, г.

Плотность частиц по всем фракциям принята постоянной и равна  $\delta = 0,00123$  г/мм<sup>3</sup>.

За средний размер частиц фракции принимали

$$t_i = \frac{t_1 + t_2}{2}.$$

Вычисления проводили при ширине фракции 0,25 мм. Средний размер частиц фракций определяли, сохраняя их удельную поверхность. Эффективный диаметр частицы рассчитывали как среднее гармоническое ее трех размеров

$$d_i = \frac{3l_i h_i t_i}{l_i h_i + l_i t_i + h_i t_i}.$$

Средний диаметр выборки  $D_j$  находили суммированием классов с учетом их удельного веса в общей выборке.

Результаты вычислений общей поверхности и среднего эффективного диаметра выборки представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты вычислений

Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8
$D_j$ , мм	1,22	1,66	0,74	0,87	0,97	1,29	0,66	0,67
$S$ , мм <sup>2</sup> /г	31,60	25,70	43,70	40,00	36,70	30,60	47,20	46,40
$\mathcal{E}_{\text{вд}}$ , Вт-ч/мм <sup>2</sup>	0,130	0,123	0,104	0,085	0,126	0,111	0,105	0,076
Параметр	9	10	11	12	13	14	15	
$D_j$ , мм	0,74	0,66	0,85	1,41	0,56	0,98	0,72	
$S$ , мм <sup>2</sup> /г	43,60	46,60	39,90	28,60	47,20	36,70	44,30	
$\mathcal{E}_{\text{вд}}$ , Вт-ч/мм <sup>2</sup>	0,084	0,096	0,080	0,133	0,090	0,094	0,090	

Нами получено адекватное уравнение регрессии удельной энергоёмкости  $\mathcal{E}_{уд}$ , отнесенной на вновь образованную поверхность измельченных частиц от изучаемых режимных факторов, которое имеет вид

$$\mathcal{E}_{уд} = 0,087 - 0,008X_1 - 0,016X_2 - 0,003X_3 + 0,02X_2^2.$$

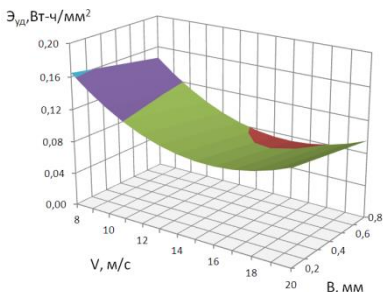


Рисунок 1 – Зависимость удельной энергоёмкости от окружной скорости быстро вращающегося вальца  $V_{\delta}$  и межвальцового зазора  $B$  при отношении окружных скоростей вальцов  $i = 2$

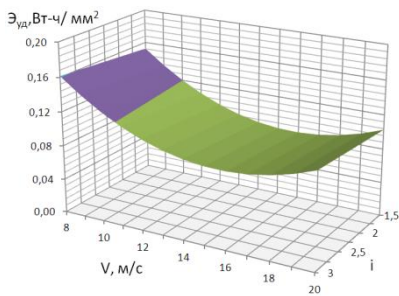


Рисунок 2 – Зависимость удельной энергоёмкости от скорости быстро вращающегося вальца  $V_{\delta}$  и отношения окружных скоростей вальцов  $i$  при межвальцовом зазоре  $0,4 \text{ мм}$

На рисунках 1 и 2 представлены зависимости, которые показывают, что удельная энергоёмкость имеет зону минимума при скоростях быстро вращающегося вальца  $14 - 16 \text{ м}/\text{с}$ . С уменьшением зазора между вальцами и отношения окружных скоростей удельная энергоёмкость растёт.

Следовательно, по результатам исследований можно сделать вывод, что минимальное значение удельной энергоёмкости находится в интервале скоростей быстро вращающегося вальца  $14 - 16 \text{ м}/\text{с}$ .

### Список использованных источников

1. Шило, И.Н. Исследование влияния режимных факторов вальцового измельчителя на фракционный состав продуктов измельчения озимой ржи / И.Н. Шило, В.Н. Савиных, Н.А. Воробьев, А.В. Гуд // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: доклады Международной научно-практической конференции : Минск, 21-22 марта 2013г./ Под общ. ред. А.А. Бренч. – Минск : БГАТУ, 2013. - 452 - (с 154 - 157).