

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАЯТНИКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ

Ключевые слова: вальцовые станки, маятниковые мельницы, истирание, энергосбережение, электрический привод, автоматизированные системы.

В настоящее время мельничное производство страны развивается по двум направлениям:

1) полная технология, которая включает развитые режимы гидротермической обработки, измельчения и ситовое сепарирование;

2) малогабаритные мельницы сельскохозяйственного назначения и малых фермерских хозяйств, которые основаны на укороченных схемах работы.

И в том, и в другом случае процесс измельчения зерновых материалов является основополагающим и определяет качество муки, выход и энергозатраты.

На протяжении длительного времени сложилась технология многократного измельчения зерна и получение при этом круподунстовых продуктов с дальнейшим доведением их до муки высшего, первого, второго сорта и отрубей.

Невзирая на высокоразвитое мельничное производство, выбор эндосперма из зерновки достигает не более 65%, хотя в зерновке эндосперма находится до 82-84%. Можно констатировать, что процесс измельчения зерна на вальцовых станках достиг наивысшего уровня.

Но процесс переработки зернового материала в муку сопровождается большими энергозатратами. Особенно энергозатратным является первая, вторая дражные системы, где устанавливаются двигатели порядка до 17,5 кВт и на последующих системах шлифовочных и размольных доходит до 7,5 кВт. На крупных мельницах устанавливается до 15 вальцовых станков и больше, что это говорит о сложности и энергоемкости процесса измельчения.

Поэтому разработка новых методов измельчения зерновых материалов обуславливается значительной энергоемкостью процесса измельчения в существующих технологических линиях по пере-

работке зернового материала при неполном использовании потенциальных возможностей выхода муки.

Исходя из вышесказанного на кафедре МАПП АлтГТУ была разработана установка маятникового типа, позволяющая устранить данные недостатки [1]. Данный измельчитель состоит из двух цилиндрических поверхностей как в вальцовом станке, но одна из них – внешняя поверхность цилиндра, а другая – внутренняя, как показано на рисунке 1 [2].

Общий вид разработанного автоматизированного маятникового измельчителя, при использовании среды MasterSCADA показан на рисунке 2 [3].

Основной характеристикой, присущей измельчающей машине, является энергозатраты на измельчение зернового материала. При измельчении на вальцовом станке одной тонны зернового материала энергозатраты составляют порядка 0,114-3,24 В¹ч ($5,9 \cdot 10^3$ - $11,6 \cdot 10^4$ Дж на тонну зернового материала) [4].

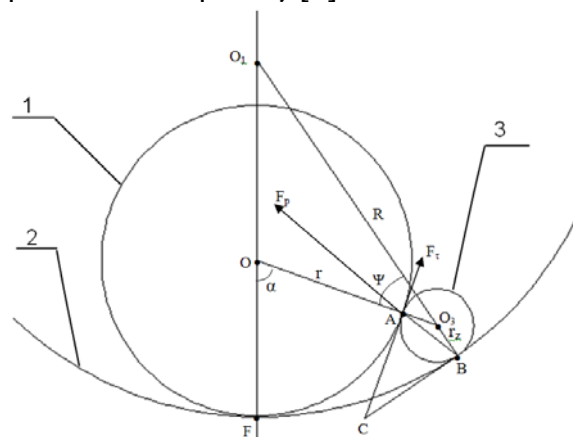


Рис. 1. Схема взаимодействия зерновки с рабочими органами измельчителя:
1 – внутренний цилиндр;
2 – внешний цилиндр; 3 – зерновка

Поэтому для определения характерной взаимозависимости основных параметров маятникового измельчителя, таких как масса маятника, влажность зернового материала, угол отклонения маятникового измельчителя, расположение зернового

материала на деке относительно оси подвеса от энергозатрат, спланировали эксперимент и получили математическую модель, а также была проведена серия экспериментов на разработанном автоматизированном комплексе для выявления энергозатрат, затраченных на разрушение зернового материала [5].

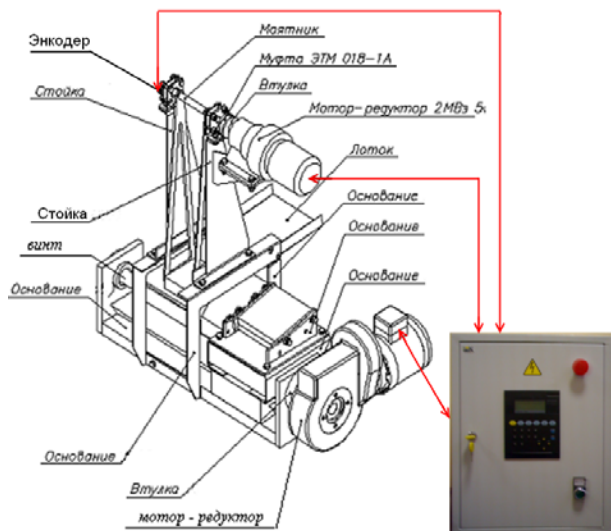


Рис. 2. Общий вид маятникового измельчителя

При проведении планирования эксперимента использовались методы с применением дробных факторных планов (типа 2^{4-1} с определяющим контрастом $1 = X_1 X_2 X_3$) и была получена следующая зависимость:

$$Y = 1,8 \cdot 10^{-3} X_1 + 6,05 \cdot 10^{-4} X_3 + 5,27 \cdot 10^{-4} X_4 + 1,79 \cdot 10^{-3} X_{12} + 4,41 \cdot 10^{-4} X_{13} + 2,12 \cdot 10^{-2} X_{14},$$

где X_1 – масса маятника;
 X_2 – угол отклонения маятника;
 X_3 – влажность зернового материала;
 X_4 – расстояние от центра деки до расположения зерновки;
 Y – энергозатраты.

Гипотеза об однородности дисперсий и критерий адекватности модели не превышает табличных значений, что говорит о правильности выбора модели.

Анализ результатов статистической обработки экспериментальных данных показывает, что основными параметрами, определяющими энергозатраты, являются масса маятника, влажность зернового материала, расстояние от центра деки до расположения зерновки и их влияние друг на друга, а также влияние угла отклонения на другие параметры.

Для определения энергозатрат на измельчение зерновых материалов была проведена серия экспериментов. При ее проведении зерно укладывалось на деку,

которая была разделена на 144 части, в определенную зону, и при помощи системы управления дека подводилась в зону размола. При этом маятниковая поверхность отводилась на различные углы, равные $30^\circ, 40^\circ, 45^\circ$, для выявления режимов рациональной работы маятникового измельчителя [3].

Для уменьшения количества экспериментов воспользуемся методом латинского квадрата. Предположим, что нужно провести несколько экспериментов, зависящих от 3 параметров $1 \leq a', b', c' \leq n_{оп}$, так, чтобы для каждой пары параметров были опробованы все $n_{оп}^2$ вариантов. Тогда нужно взять любой латинский квадрат порядка $n_{оп}$ и провести $n_{оп}^2$ экспериментов с параметрами a' = номер строки, b' = номер столбца, c' = значение в клетке латинского квадрата.

Были заданы параметры латинского квадрата:

τ – положение зерновки на деке (зона 1, зона 2, зона 3), рисунок 3;

α – угол отклонения маятника (отклоняется на $30^\circ, 40^\circ, 45^\circ$);

φ – угол поворота зерновки в квадрате деки (может лежать вертикально, горизонтально, диагонально).

Тогда латинский квадрат будет выглядеть, как показано на рисунке 4.

Развернутый латинский квадрат представлен в таблице.

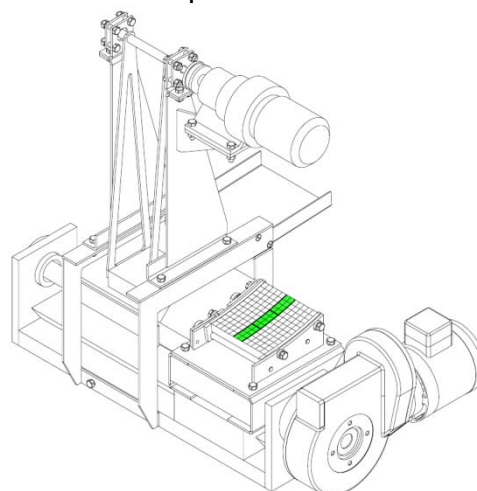


Рис. 3. Схематичное изображение зон расположения зернового материала при использовании латинского квадрата

\square	φ	α
α	\square	φ
\square	α	φ

Рис. 4. Латинский квадрат

Таблица

Развернутый латинский квадрат

№ опыта	φ'	α_1	\dagger
1	Верт.	30	1
2	Верт.	40	2
3	Верт.	45	3
4	Гориз.	30	3
5	Гориз.	40	2
6	Гориз.	45	1
7	Диэг.	30	2
8	Диэг.	40	1
9	Диэг.	45	3

Для определения энергозатрат на разрушение зерновых материалов была разработана методика проведения эксперимента, которая состояла из следующих пунктов.

1. Определение момента инерции подвижной части определяется по формуле:

$$I = \frac{T^2 \cdot m \cdot g \cdot l_M}{4 \cdot \pi^2},$$

где T – собственные колебания маятникового измельчителя;

l_M – расстояние между точкой подвеса и центром масс маятникового измельчителя;

m – масса маятника.

2. Определение энергии, которая рассеивается за один период:

$$E = m \cdot g \cdot l_M \cdot (\cos(e^{-kT} \alpha_1) - \cos \alpha_2),$$

где k – декремент затухания колебаний;

α_1 – начальный угол отклонения маятникового измельчителя.

3. Управление движением подвижной части и ее установка на фиксированный угол α_1 , расположение зернового материала в зоне захвата и освобождение подвижной части. Измерение угла α_2 через один период колебаний.

При этом энергия разрушения E_r определялась как разность между потенциальной энергии подвижной части при ее отклонении на угол α_1 от линии отвеса:

$$П_1 = m \cdot g \cdot l_M \cdot (1 - \cos \alpha_1),$$

и потенциальной энергии при α_2 в конце периода после разрушения зерновки:

$$П_2 = m \cdot g \cdot l_M \cdot (1 - \cos \alpha_2),$$

с учетом потерь энергии на трение:

$$E_{mp} = m \cdot g \cdot l_M \cdot (\cos(e^{-kT} \alpha_1) - \cos \alpha_1),$$

то есть $E_r = П_1 - П_2 - E_{mp}$

или $E_r = m \cdot g \cdot l_M \cdot (\cos \alpha_2 - \cos(e^{-kT} \alpha_1)).$

Таким образом, необходимо выполнить девять опытов на каждый вид зерновки и рассчитать энергозатраты по приведенным выше формулам.

При проведении серии экспериментов был выявлен рациональный режим работы маятникового измельчителя, показанный на рисунке 5.

Анализ экспериментальных данных показывает следующее.

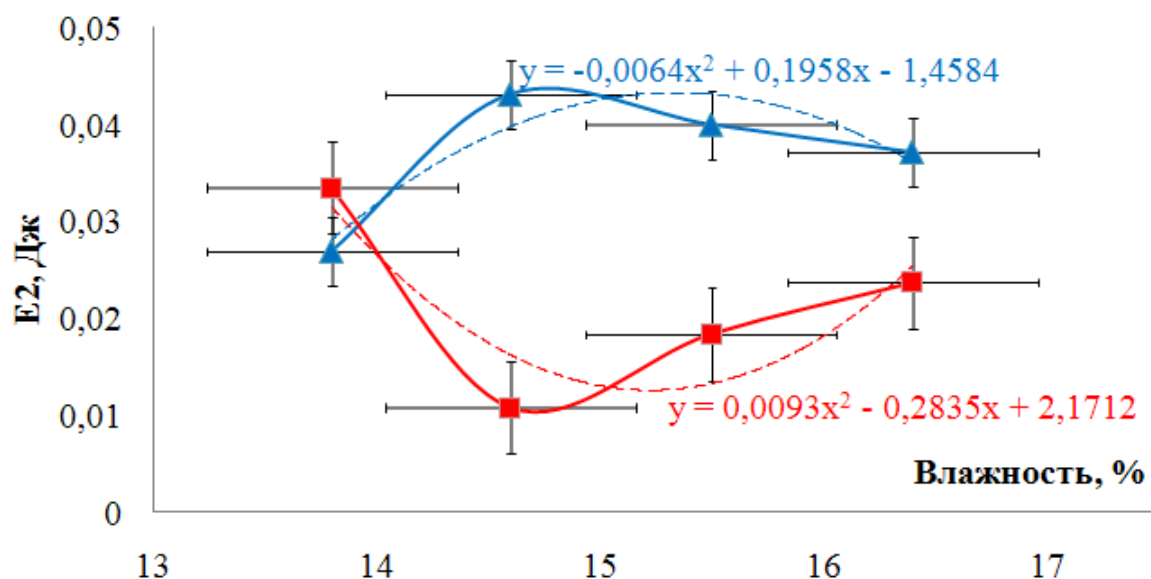
1. При первичном разрушении зерновых материалов энергозатраты на маятниковом измельчителе составляют от 0,01 до 0,045 Дж в зависимости от режима. При измельчении на вальцовом станке при размоле 1 т зернового материала энергозатраты составляют порядка 0,114-3,24 В·ч ($5,9 \cdot 10^3 - 11,6 \cdot 10^4$ Дж на тонну зернового материала). Таким образом, процесс разрушения зернового материала при помощи маятникового измельчителя менее энергозатратный и его использование экономически обосновано.

2. При относительно низких энергозатратах (порядка 0,05-0,18 Дж) в зоне 1 размола зернового материала не происходит, так как запас кинетической энергии на этом участке минимален. Поэтому режимы № 1, 6, 8, указанные в таблице, – нерациональны.

3. Наибольшие энергозатраты (в среднем 0,042 Дж) имеет режим № 9, что обусловлено большим углом отклонения (45°) и нахождением зерна в 3-й зоне, где максимальная скорость движения маятникового измельчителя.

4. Наиболее рациональным является режим 5 (отклонение маятникового измельчителя на угол 40° , горизонтальное расположение зернового материала, а также расположение его по центру деки), так как на всем протяжении опытов этот режим имеет средние показатели энергозатрат (порядка 0,026-0,028 Дж), что обусловлено отклонением маятникового измельчителя на 40° и расположением зернового материала во второй зоне, где наибольшие значения скорости и кинетической энергии.

Таким образом, рациональным режимом использования маятникового измельчителя является отклонение маятникового измельчителя на угол 40° , горизонтальное расположение зернового материала, а также расположение его по центру деки.



- ▲ Вертикальное расположение зернового материала, отклонение маятниковой поверхности от вертикали на 45° и расположении зернового материала на образующей опорной деки в зоне, смещенной от зоны отвеса на 40 мм вниз
- Горизонтальное расположение зернового материала, отклонение маятниковой поверхности от вертикали на 30° и расположении зернового материала на образующей опорной деки в зоне, смещенной от зоны отвеса на 40 мм вниз,

Рис. 5. Диапазон рационального использования маятникового измельчителя

Библиографический список

1. Способ определения энергозатрат в процессе формирования продуктов размола / Патент на изобретение. RU 2338593 С2, решение о выдаче 25.12.2006 / В.Л. Злочевский, В.М. Никитин.
2. Злочевский В.Л. Совершенствование технологии и техники размола зерна / В.Л. Злочевский // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – № 2. – С. 28-32.
3. Злочевский В.Л. Автоматизированная система управления процессом разрушения зернового материала / В.Л. Злочев-

- ский, А.П. Борисов // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств. XII междунар.я науч.-практ. конф. – 2009. – С.82-86.
4. Многофункциональные машины для мини-крупочехов крупотделяющие / ООО РосТрансЭкспорт Электрон. дан. – М., 1999. – Режим доступа: <http://www.businessoffers.ru/portal/viewoffer.asp?id=379299> – Загл. с экрана.
5. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер. – М.: Наука, 1976. – С. 279.

