

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА И ВЫБОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПРИВОДА МАЯТНИКОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ

**Ключевые слова:** вальцовые станки, маятниковые мельницы, истирание, энергосбережение, взрывоопасное производство, электрический привод.

Разрушение зерна с целью получения муки в процессе его деформации определяется совокупностью упругих, пластических и прочностных свойств. Применение жерновов, особенно на первых стадиях размола зерна (на драных системах) приводило к нежелательному явлению – растиранию оболочек. Использование вальцовых станков при окружной скорости валков от 4,5 до 6 м/с приводит к разрушению зерновок как упругохрупких тел. Все виды деформации зерен являются динамическими, что приводит к разрушению как оболочек так и эндосперма при значительном нагреве валков и продукта.

Разработанная на кафедре МАПП АлтГТУ установка, позволяет устранить указанные недостатки и включает в себя для измельчения вместо традиционных вращающихся навстречу друг другу валков маятниковый измельчитель [1].

Основной проблемой при автоматизации данного процесса является выбор типа электропривода. Критериями при выборе типа электропривода являются использование достаточно низкой скорости вращения; возможность реверса; нет требований в высокой точности останова; небольшая стоимость; простота системы управления; не требуется обеспечения плавного регулирования скорости; использование во взрывоопасных помещениях. Однако желательно использовать безредукторный привод для уменьшения габаритов всей установки и повышения надежности работы всей системы [2].

Наиболее полно вышеперечисленным критериям при выборе типа электропривода отвечает асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором.

Схематичное изображение предложенного маятника показано на рисунке 1, где цифрами показаны: 1 – датчики положения,

2 – маятник, 3 – винт, регулирующий величину зазора. А, В, С – предельные положения маятника,  $\alpha$  – угол отклонения маятника, R – длина (плечо) маятника.

При разгоне в I период времени идет подъем маятникового механизма из точки В в точку А (рис. 2). Момент сопротивления механизма (рис. 2 а) начинает увеличиваться в соответствии с формулой:

$$M_c = M_{\max} \cdot \sin \alpha + M_0, \quad (1)$$

где  $M_{\max} = F \cdot R$ ,  $M_0$  – момент холостого хода;

F – вес подвижной части маятника.

Скорости двигателя и механизма (рис. 2 б, в) также начинают расти за счет пускового момента двигателя (рис. 2 г). Маятник стремится перейти из положения В в положение А.

При работе во II периоде маятник продолжает подниматься, скорость остается при этом практически постоянной (рис. 2 б, в). Момент сопротивления (рис. 2 а) также продолжает расти в соответствии с формулой (1). Момент двигателя в начале II периода падает до текущего значения момента сопротивления механизма, а затем в соответствии с ростом момента сопротивления растет и момент двигателя, достигая определенного значения в конце II периода.

В это время на платформу засыпают зерно, подготавливая матниковую мельницу к работе по разрушению зерен.

В III периоде, когда маятник достигнет точки А, сработает датчик положения Д1. Произойдет отключение электродвигателя. Тогда развиваемый двигателем момент станет равным нулю (рис. 2 г), а скорости двигателя (рис. 2 в) и механизма начнут падать (рис. 2 б). Маятник под собственным весом за счет запасенной кинетической энергии начнет тормозиться. Момент сопротивления (рис. 2 а) поменяет знак в соответствии с формулой (1) и будет:

$$M_c = -M_{\max} \cdot \sin \alpha + M_0. \quad (2)$$

В конце II периода маятник разворачивается в другую сторону, и теперь момент сопротивления механизма будет определяться в соответствии с формулой

$$M_c = -M_{max} \cdot \sin \alpha - M_0. \quad (3)$$

В IV периоде момент сопротивления механизма уменьшается за счет работы маховых масс и уменьшения угла  $\alpha$ . Скорость механизма начнет увеличиваться, так как маятник под собственным весом начинает опускаться (рис. 2 б), а момент и скорость двигателя будут оставаться равными 0 (рис. 2 в, г).

В V периоде времени момент сопротивления механизма уменьшается в соответствии с формулой (3), скорость механизма продолжает расти за счет ускорения свободного падения тела. При этом момент и скорость двигателя остаются равными 0.

В IV периоде времени маятник приближается к точке В (платформы с зерном), момент сопротивления резко увеличивается (рис. 3 а) и начинает совершать работу по разрушению зерна. Это происходит за счет накопленной маховыми массами кинетической энергии (рис. 2 – вертикальные линии). Скорость механизма при этом несколько падает (рис. 2 б).

В начале VII периода времени момент сопротивления механизма при выходе из рабочей зоны резко падает до момента холостого хода –  $M_0$ . При срабатывании датчика положения Д2, двигатель включается в обратном направлении, и его скорость при этом начинает расти (рис. 2 в) за счет пускового момента (рис. 2 г) и затем остается практически постоянной. Начинается подъем маятника за счет работы двигателя. Момент сопротивления механизма в этот период времени изменяется в соответствии с формулой (3). Скорость механизма восстанавливается за счет включения двигателя и остается примерно постоянной. Момент двигателя при этом растет в соответствии с ростом момента сопротивления механизма (формула (1) с учетом знаков).

В начале VIII периода, когда маятник достигнет точки С, срабатывает датчик Д3, происходит отключение электродвигателя, и при этом момент двигателя становится равным 0 (рис. 2 в). Скорости двигателя и механизма начинают падать. Маятник под собственным весом и запасенной кинетической энергии начинает разворачиваться в другую сторону (период IX) и т.д. Процесс происходит с точностью до наоборот начиная с IV периода времени [3].

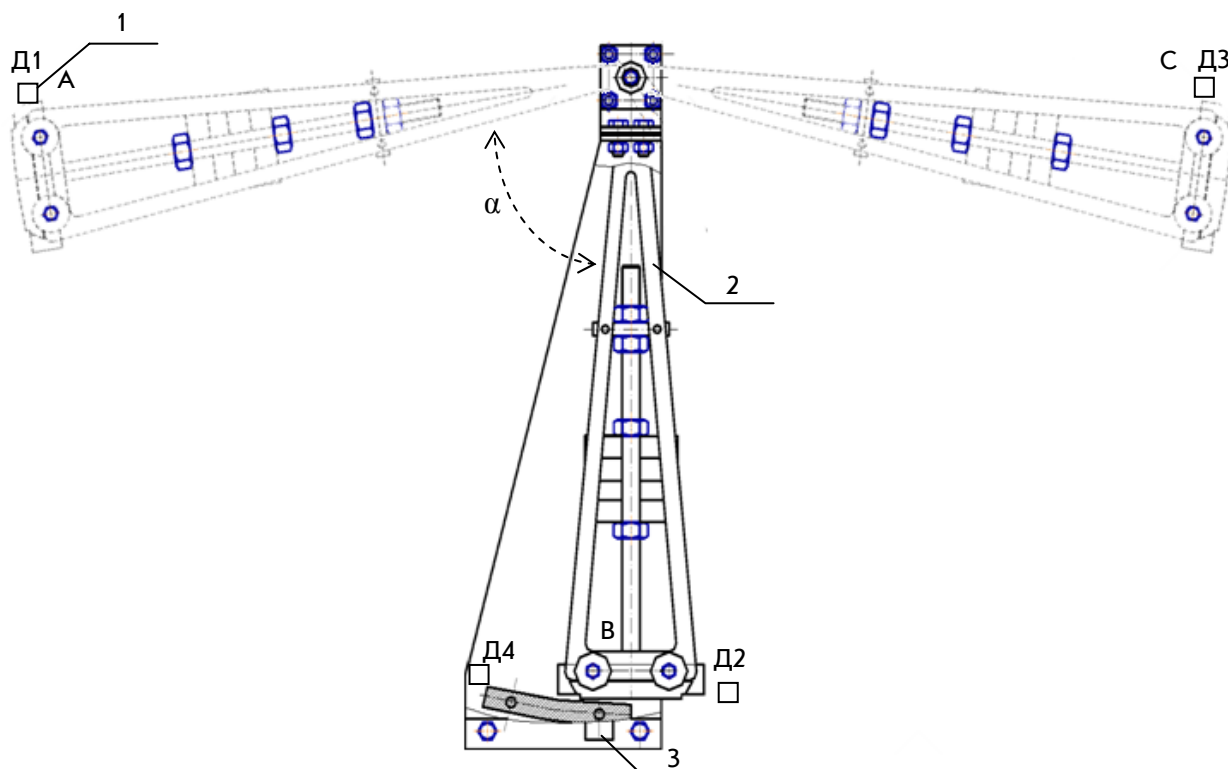


Рис. 1. Схематическое изображение маятникового измельчителя

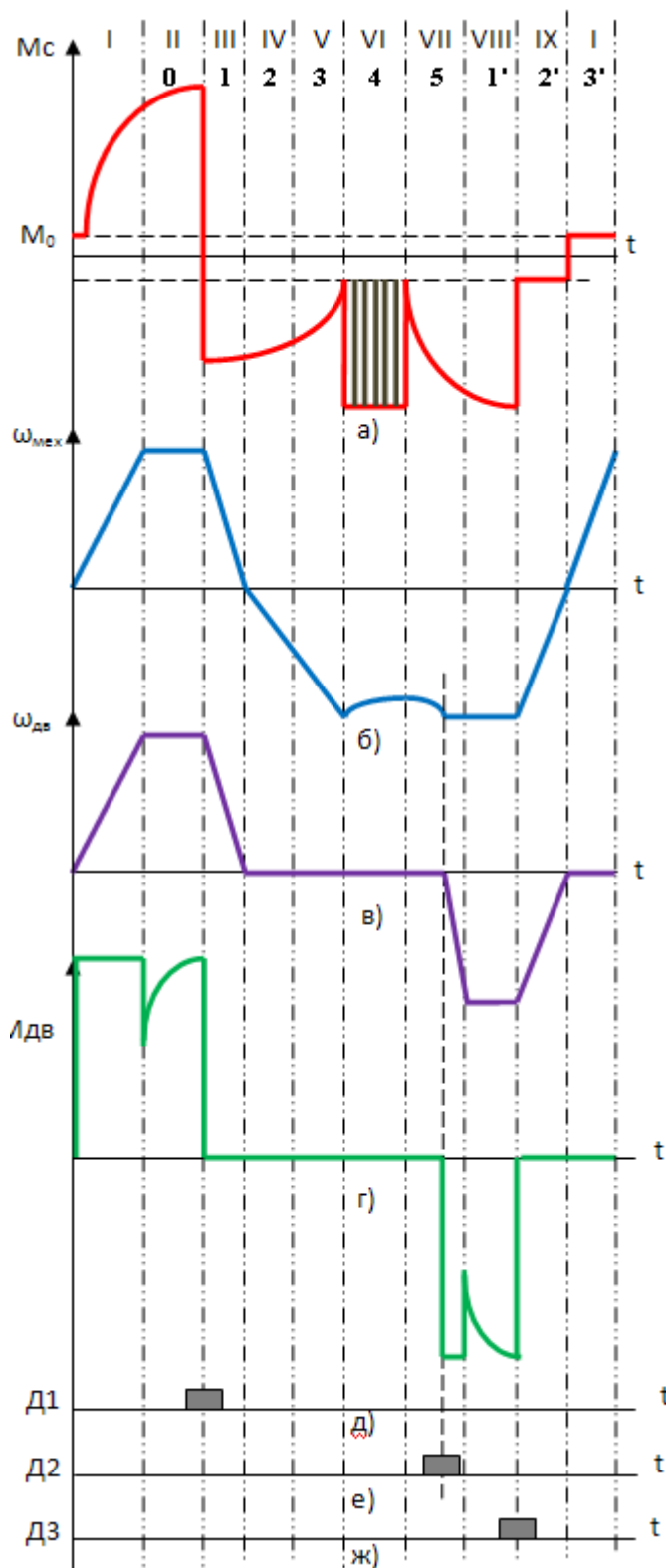


Рис. 2. Циклограмма работы механизма маятникового измельчителя:  
 а – зависимость момента сопротивления механизма от времени; б – тахограмма – зависимость скорости механизма от времени; в – тахограмма – зависимость скорости вращения работы электропривода от времени; г – зависимость рабочего момента двигателя от времени (I-IX – периоды времени); д-ж – моменты включения датчиков положения

Методика выбора электропривода для маятникового измельчителя состоит в расчете мощности электропривода таким образом, чтобы скорость двигателя не стала равной нулю в момент разрушения зерна, то есть кинетическая энергия не стала равной нулю. Так как мощность двигателя рассчитывается по формуле  $P_{мех} = F_{зрус} \cdot V$ , то необходимо рассчитать параметр  $F$ .

Данный параметр будет рассчитываться по следующей формуле:

$$F_{зрус} = \frac{3 \cdot F_c \cdot t_p \cdot g}{\sqrt{2 \cdot g \cdot h}} \quad (4)$$

Так как расчет электропривода происходит по нагреву и процесс происходит с учетом знакопеременных значений моментов сопротивления и двигателя, а также скорости двигателя, целесообразно для выбора электропривода использовать метод средних потерь.

Расчет производится в соответствии с формулами:

$$Q_{ност} = \frac{P_{\eta}}{2} \left( \frac{1}{\eta_{макс}} - 1 \right),$$

где  $\eta_{макс}$  – максимальное значение КПД двигателя;

$P_{\eta}$  – мощность, соответствующая режиму с максимальным КПД;

$$Q_{инер} = \frac{Q_{ност}}{\xi^2},$$

где  $\xi = \frac{P_{\eta}}{P_{ном}}$ .

Для практических расчетов используется метод эквивалентного тока. Суть этого метода заключается в том, что постоянные потери на любом участке процесса остаются неизменными и их можно исключить.

Так как

$$Q = Q_{ност} + Q_{инер} = Q_{ност} + b \cdot I^2,$$

то

$$I_{\text{э}} = \sqrt{\frac{I_1^2 \cdot t_1 + I_2^2 \cdot t_2 + \dots + I_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}.$$

Тогда эквивалентная мощность будет рассчитываться по следующей формуле:

$$P_{\text{э}} = U \cdot I_{\text{э}}.$$

Данная мощность должна быть больше расчетной мощности механизма, так как необходимо учесть особенности процесса

разрушения зерна. Также необходимо выбрать мощность двигателя так, чтобы механизм не остановился при размоле зерна и смог за счет запасенной кинетической энергии проделать работу по разрушению зерна.

Таким образом, работа маятника переходит в циклический режим, состоящий из пяти периодов, которые отмечены на рисунке 3 арабскими цифрами. Причем цикл состоит из двух полупериодов 1÷5 и 1'÷5'.

Процесс разрушения зерна с помощью маятниковой мельницы, описанный выше, является универсальным. Однако можно организовать процесс работы электропривода и другим способом. Например, организуя работу электропривода только в режимах 0, 5 и 5' – режимах подъема маятника. При этом вся полезная работа будет выполняться за счет потенциальной энергии. Здесь вроде бы намечается экономия потребляемой энергии, при этом необходимо учесть два фактора. Во-первых, необходимо так рассчитать момент инерции механизма, чтобы он во время разрушения совсем не остановился от большого момента сопротивления. Во-вторых, при изменении характера или объема разрушаемого материала необходимо пересчитывать мощность двигателя и, возможно, менять сам двигатель. То есть второй вариант работы маятниковой мельницы возможен только при стабильных параметрах работы.

На основании изложенного видно, что процесс работы маятникового устройства длительный и циклический со знакопеременными значениями как момента сопротивления, так и момента двигателя и скорости двигателя, что необходимо учитывать при расчете и определении мощности двигателя, так же при выборе типа двигателя.

#### Библиографический список

1. Пат. RU 2338593 С2. Способ определения энергозатрат в процессе формирования продуктов размола / В.Л. Злочевский, В.М. Никитин. – Реш. о выдаче 25.12.2006 г.
2. Елисеев В.А. Справочник по автоматизированному электроприводу / В.А. Елисеев, А.В. Шинянский. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.
3. Андреев В.П. Основы электропривода / В.П. Андреев, Ю.А. Сабинин. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.