

Повышение производительности кормодробилки за счёт оптимизации конструктивных параметров молотка

А.А. Петров, к.т.н., И.Д. Алямов, к.т.н., А.П. Козловцев, к.т.н., В.С. Стеновский, к.т.н., Д.В. Наумов, аспирант, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

Процесс измельчения зернового материала исследуется достаточно давно, однако до сих пор нет идеальной теории оптимизации взаимодействия молотка с зерном [1–4]. Отсутствие необходимой формализации затрудняет анализ экспериментальных данных, направленный на получение функциональных зависимостей между факторами, моделирующими результат измельчения. В связи с этим затрудняется системный подход к изучению процесса дробления, реализуемого измельчающим устройством, уровень технологичности которого требует постоянного контроля и повышения, что оказывает прямое влияние на эффективность измельчения. Это в свою очередь предполагает развитие наиболее прогрессивных методов и путей совершенствования современных дробильных машин.

Авторами предлагаются модернизированные молотки с преобладающими прямыми ударами, что приводит к увеличению производитель-

ности и значительному снижению потребления электроэнергии.

Молотки пластинчатого типа просты в изготовлении. В период работы молотки, в результате сопротивления со стороны воздушно-продуктового слоя, отклоняются от своих радиально-равновесных состояний на угол α (рис. 1). Сила удара зерна о молоток раскладывается на две составляющие: нормальную составляющую силы удара зерна об молоток, которая в основном и дробит зерно, и касательную составляющую, которая способствует проскальзыванию зерна по молотку, что приводит к истиранию зерна, а не его дроблению.

Для исключения проскальзывания зерна по молотку он изготавливается с заранее известным углом наклона боковой (рабочей) грани, поскольку сам молоток во время работы отклоняется именно на этот угол.

Предлагаемая конструкция молотка составлена из двух разновеликих трапеций, расположенных вдоль продольной оси симметрии молотка и направленных меньшими основаниями к поперечной оси симметрии (рис. 2). При этом угол наклона

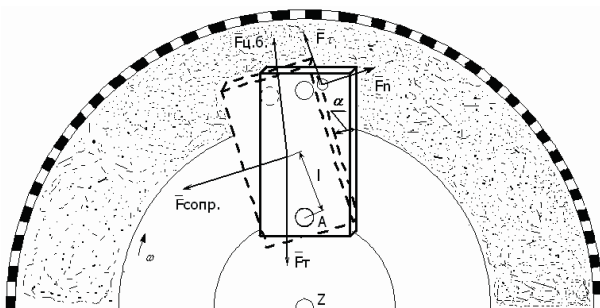


Рис. 1 – Схема силового анализа взаимодействия пластинчатого молотка с зерном

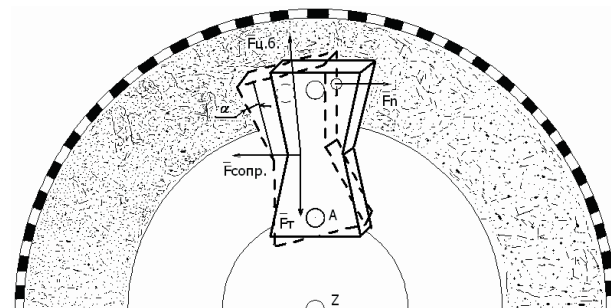


Рис. 2 – Схема силового анализа взаимодействия предлагаемого молотка с зерном

граней трапеции равен углу отклонения молотка от радиального положения.

Для определения угла отклонения молотка от вертикали учитывалась сумма моментов относительно точки А подвеса молотка.

В результат математического преобразования системы $\sum mom F_i A = 0$ получено выражение:

$$\overline{F}_{ц.с.} \cdot l \cdot \sin \alpha - \overline{F}_{conp} \cdot l \cdot \cos \alpha + \overline{F}_m \cdot l \cdot \sin \alpha = 0, \quad (1)$$

где $\overline{F}_{ц.с.}$ – центробежная сила, Н;

\overline{F}_{conp} – сила сопротивления со стороны воздушно-продуктового слоя, Н;

$\overline{F}_m = mg$ – сила тяжести, Н;

l – расстояние от центра подвеса молотка до центра масс, м.

Так как сила тяжести $\overline{F}_m = mgl \sin \alpha$ мала, то в уравнении (1) ею пренебрегали, что привело к уравнениям вида:

$$\overline{F}_{ц.с.} \cdot \sin \alpha = \overline{F}_{conp} \cdot \cos \alpha, \quad (2)$$

$$\frac{\overline{F}_{ц.с.}}{\overline{F}_{conp}} = ctg \alpha, \quad (3)$$

$$\alpha = arcctg \frac{\overline{F}_{ц.с.}}{\overline{F}_{conp}}. \quad (4)$$

При дальнейшем исследовании силового взаимодействия продукта с рабочими органами дробилки крутящий момент на молотках ротора определялся по усилию сопротивления движению молотка, которое возникает в результате различия скоростей молотка ротора (градиент скорости) и окружающей среды [5, 6].

Выражая скорость обтекания $U_1(r)$ как разность скорости молотка и окружной скорости потока на радиусе r установили, что:

$$u_1(r) = \omega r - v_1(r). \quad (5)$$

В этом случае элементарный крутящий момент на молотках ротора от сил сопротивления F_1 движению молотка в воздушно-продуктовом слое на элементарном участке протяжённостью dr для радиально расположенного молотка высотой h_m описывается формулой (рис. 3):

$$dM_1 = F_1 r dr. \quad (6)$$

В свою очередь элементарный момент через сопротивление в воздушно-продуктовом слое будет иметь вид:

$$dM_1 = \xi_{1.m} \frac{\rho_c u_1^2(r)}{2} h_m r dr, \quad (7)$$

где ρ_c – плотность воздушно-продуктового слоя; $\xi_{1.m}$ – коэффициент гидравлического сопротивления движению молотков в воздушно-продуктовом слое

$$\text{и} \quad \rho_c = \rho + \frac{m_{зс}}{V_c}, \quad (8)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³;

$m_{зс}$ – масса зерна в воздушно-продуктовом слое, кг;

V_c – объём воздушно-продуктового слоя, м³.

Тогда сила сопротивления F_1 движению молотка в воздушно-продуктовом слое будет равна:

$$F_1 = \xi_{1.m} h_m \frac{\rho u_1(r)}{2}. \quad (9)$$

Учитывая, что общая сила сопротивления на молотке складывается из силы в воздушно-вихревой зоне и воздушно-продуктовом слое, можно утверждать, что $F_{conp} = F_1$.

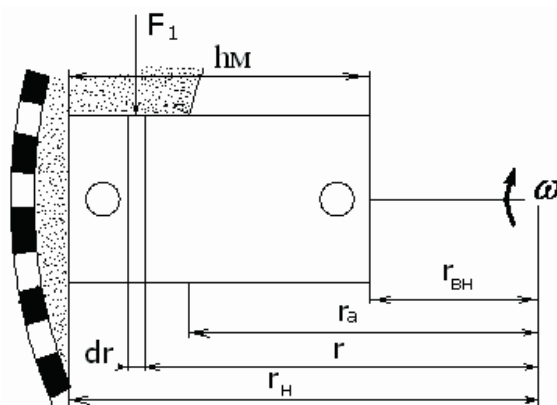


Рис. 3 – Схема взаимодействия молотка с воздушно-вихревой зоной и воздушно-продуктовым слоем

Отсюда угол отклонения молотка по формуле (4) будет описываться выражением:

$$\alpha = arcctg \frac{2m \cdot \omega^2 \cdot ZC}{h_m \cdot \xi_{1.m} \cdot \rho_c \cdot u_1^2(r)}. \quad (10)$$

Анализируя уравнение (10), видим, что при прочих равных условиях угол α зависит от угловой скорости ω : чем больше ω , тем меньше угол α . При этом возникает ряд отрицательных моментов, таких, как большой расход энергии и переизмельчение сырья.

Таким образом, в процессе запуска дробилки молоток под действием центробежных сил располагается так, что его центр тяжести находится на радиусе, проходящем через центр оси подвеса. Силы сопротивления со стороны продуктово-воздушного слоя отклоняют молоток относительно оси подвеса против направления его вращения. В этом случае радиальное положение рабочих граней достигается их наклоном к продольной оси симметрии на угол α . Наклон боковых сторон трапеций (рабочих граней молотка) на угол α к продольной оси симметрии обеспечивает преобладание прямых ударов, т.е. исключается тангенсальная составляющая силы удара зерна о молоток, что в свою очередь уменьшает степень проскальзывания зерна по молотку, а это ведёт к увеличению производительности комодробилки.

Литература

1. Молоток пластинчатый для кормодробилки (RU 2379109) / Н.Т. Кривочуров. [Электронный ресурс]. FindPatent.ru – патентный поиск // URL:// <http://www.findpatent.ru/patent/237/2379109.html>.
2. Петров А.А. Повышение надёжности рабочих органов кормодробилок молоткового типа: дисс. ... канд. техн. наук. Оренбург, 2007. 153 с.
3. Молоток молотковой дробилки / М.И. Филатов, М.И. Бабьева, А.А. Петров. Р.Ф. Патент на изобретение № 2270058. Опубликовано: 20.02.2006. Бюллетень № 5. С. 2.
4. Ялпачик Ф.Е. Влияние износа молотков кормодробилки на передачу ударов их осям подвеса // Механизация и электрификация сельского хозяйства. Киев, 1989. Вып. 69. С. 45–50.
5. Баранов Ю.Н. Определение взаимосвязи основных параметров молотковой дробилки с показателями её работы // Механизация подготовки кормов в животноводстве. Воронеж, 1984. С. 58–69.
6. Золотова А.А. Динамические исследования молотковых кормодробилок: дисс. ... канд. техн. наук. М., 1968. 167 с.