

© И.Б. Шагдыров, Н.Р. Петина, М.Б. Балданов

Россия, Улан-Удэ, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия

К определению скорости воздушного потока в отверстиях сепарирующей поверхности трехступенчатого измельчителя

В данной статье рассматривается гипотеза о том, что с целью интенсификации процесса сепарирования измельченных продуктов через сепарирующую поверхность трехступенчатого измельчителя фуражного зерна необходимо создать в зарешетном пространстве дробильной камеры вертикальный воздушный поток. Воздушный поток вызывает «эффект эжекции», благодаря которому происходит увеличение радиальной и уменьшение тангенциальной составляющих абсолютной скорости воздушного потока в отверстиях сепарирующей поверхности.

© I.B. Shagdirov, N.R. Petinova, M.B. Baldanov

Definition of speed of an air stream in apertures of a separating surface of a three-stage grinder

The article deals with the hypothesis that to intensify separation process of crushed products it is necessary to produce a vertical air stream in the latticed space of a crusher. The air stream causer "the ezection effect", due to that the increasing of tangential components of the absolute speed of the air stream in sieve holes take place.

Эффективность дробилок с сепарирующей поверхностью (производительность, удельная энергоёмкость, степень измельчения) зависит от ее пропускной способности, которая характеризует ее предельную возможность просеивания продуктов измельчения через сепарирующую поверхность (решето).

Установлено [1], что для интенсификации процесса сепарирования необходимо создать в зарешетном пространстве измельчителя вертикальный воздушный поток, вследствие которого возникает «эффект эжекции».

«Эффект эжекции» позволяет изменить воздушный режим внутри дробильной камеры измельчителя. Рассмотрим диаграмму векторов скоростей частицы (рис. 1), при которой обеспечивается беспрепятственное ее прохождение через отверстие решета, без ударов о стенки.

Из (рис. 2) видно, что это условие будет соблюдаться при:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{D-d}, \text{ или } \operatorname{tg} \alpha = \frac{v_r}{v_t}, \quad (1)$$

где α – угол, при котором частица беспрепятственно проходит через отверстие сепарирующей поверхности, град.

Изменение скорости частицы от периферийной скорости и составляющей массы столбика продукта определится формулой:

$$\vec{v}_t = \vec{v}_n + \vec{v}', \quad (2)$$

где \vec{v}_t – тангенциальная скорость частицы, движущейся по сепарирующей поверхности, м/с;

\vec{v}_n – периферийная предельная скорость, при которой обеспечивается геометрия векторов скоростей, представленная на (рис. 2);

\vec{v}' – составляющая скорости v_G от действия массы столбика продукта толщиной h .

$$\vec{v}' = a \cdot t, \quad (3)$$

где a – ускорение частицы от действия составляющей массы столбика продукта, м/с².

$$a = \frac{P}{m}, \quad (4)$$

где P – сила тяжести частицы, Н; m – масса частицы, кг. Но масса частицы

$$m = \frac{G}{g} \Rightarrow G = \frac{\pi \cdot d^3}{6} \cdot \gamma,$$

где d – эквивалентный диаметр частицы, м; γ – плотность измельченного продукта, кг/м³.

Проекция силы тяжести частицы будет

$$P = G \cdot \cos \alpha, \quad (5)$$

где G – масса столбика продукта над частицей, кг.

Тогда $G = \frac{h \cdot \pi \cdot d^2}{4} \cdot \gamma$, где h – высота столбика продукта, м.

Время прохождения частицы над отверстием

$$\begin{aligned} t = \frac{D-d}{v_p} \Rightarrow \bar{v}' &= \frac{G \cdot \cos \alpha \cdot (D-d)}{m \cdot v_p} = \\ &= \frac{h \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \gamma \cdot g \cdot \cos \alpha (D-d)}{4 \frac{\pi \cdot d^3}{6} \cdot \gamma \cdot v_p} = \\ &= \frac{3h \cdot g \cdot \cos \alpha (D-d)}{2d \cdot v_p} \Rightarrow \\ \bar{v}_i &= \frac{2d \cdot v_p^2 + 3h \cdot g \cdot \cos \alpha (D-d)}{2d \cdot v_p}. \quad (7) \end{aligned}$$

Изменение скорости частицы от центробежной силы и составляющей массы столбика продукта v'' определится формулой:

$$\bar{v}_t = \bar{v}_i + \bar{v}'', \quad (8)$$

Но $\bar{v}'' = a \cdot t$,

$$\begin{aligned} a &= \frac{m \cdot R \cdot \omega^2 + G \cdot \sin \alpha}{m} = \frac{3h(\omega^2 R + g \cdot \sin \alpha)}{2d}, \\ \bar{v}_n &= \frac{3h(\omega^2 R + g \cdot \sin \alpha)(D-d)}{2d \cdot v_p}. \quad (9) \end{aligned}$$

Чтобы свободно проходить через отверстие сепарирующей поверхности, частица должна двигаться в направлении вектора \bar{v}_p , то есть должно соблюдаться условие (1).

Подставив значения \bar{v}_r и \bar{v}_t в формулу (1), получим:

$$\begin{aligned} v_p &= (D-d) \times \\ &\times \sqrt{\frac{3h(\omega^2 + g \cdot \sin \alpha) - \frac{S \cdot g \cdot \cos \alpha}{D-d}}{2d \cdot S}} \quad (10) \end{aligned}$$

Таблица. Эффективность работы трехступенчатого измельчителя с использованием вертикального воздушного потока

Показатели	Воздушный поток с закрытыми регулируемыми окнами	Воздушный поток с открытыми регулируемыми окнами
Средний модуль помола, мм	0,86	1,44
Удельная энергоёмкость, кВт·ч/т ед.ст.изм.	8,25	2,75
Производительность измельчителя, кг/ч	2470	3800
Средняя скорость воздушного потока в отверстиях сепарирующей поверхности, м/с	12,2	24,31

Таким образом, используя данные формулы, мы получили зависимости изменения скорости радиальной составляющей v_r и тангенциальной составляющей \bar{v}_t и абсолютной скорости воздушного потока в отверстиях сепарирующей поверхности трехступенчатого измельчителя, а также доказали эффективность работы трехступенчатого измельчителя с использованием вертикального воздушного потока создаваемо

го в зарешетном пространстве измельчителя, результаты представлены в таблице.

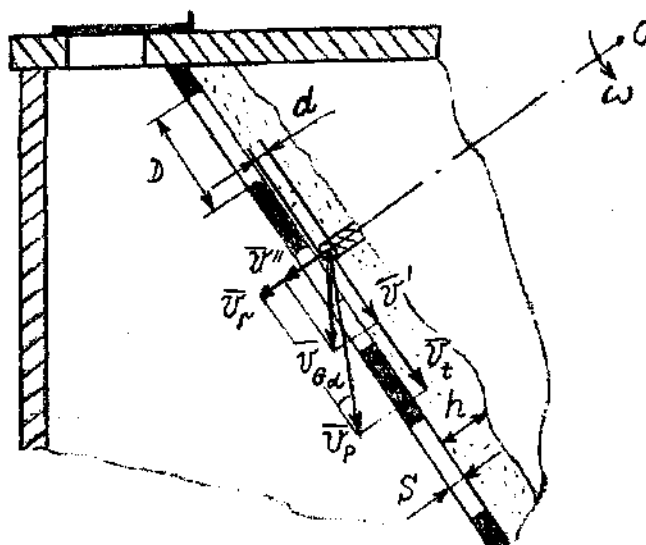


Рис. 1. Диаграмма векторов скоростей, действующих на частицу, движущуюся по сепарирующей поверхности без вертикального воздушного потока

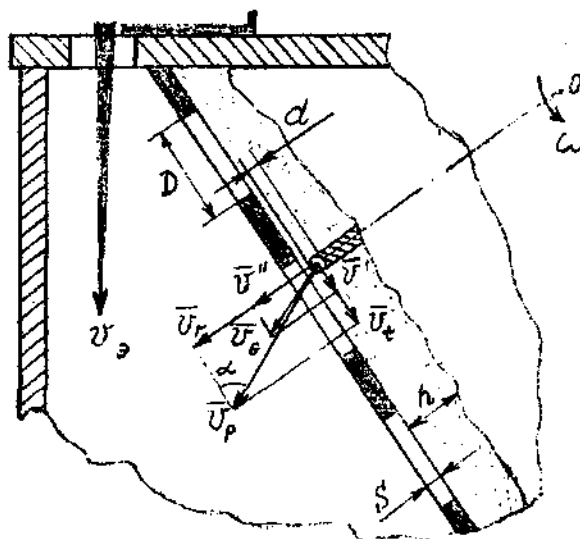


Рис. 2. Диаграмма векторов скоростей, действующих на частицу, движущуюся по сепарирующей поверхности с вертикальным воздушным потоком

Литература

1. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. — Л.: Колос, 1978. — 560 с.

2. Соловьев И.К. Исследования механики процесса дробления ингредиентов комбикормов в молотковой дробилке: дис. ... канд. техн. наук. — М., 1961.