

УДК 622.794.

**АЭРОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБЕЗВОЖИВАНИЕ
МЕЛКОДИСПЕРСНОГО УГЛЯ**

Скибенко В.Н., директор ЦОФ «Ровеньковская»
ДХК «Ровенькиантрацит»

Рассмотрены сущность, структурная схема и особенности процесса аэромеханического обезвоживания мелких классов углей.

Examined substance, block diagram and features of process of aeromechanical dehydration of fine grains of coal.

Количество угольной мелочи в перерабатываемом сырье отечественных предприятий постоянно увеличивается, что обуславливается высокомеханизированными потоковыми технологиями добычи и транспортирования угля, ухудшением горно-геологических условий, увеличением длины транспортных цепочек. За последние 10 лет содержание в рядовом угле классов менее 1 мм возросло в 1,5 раза и достигло в среднем 20% [1]. Это обуславливает необходимость совершенствования существующих и поиска новых высокоэффективных методов обогащения и обезвоживания мелкодисперсных углей.

Среди новых методов механического обезвоживания мелкодисперсных углей, появившихся в последнее время, особого внимания заслуживает метод механического срыва водной пленки высокоскоростным потоком воздуха (газа). Исследованиями установлено, что используя поток газа скоростью 40-160 м/с можно уменьшить влажность угля крупностью 0,25-1,0 мм до 9-12%. При этом удаляется 70-80% первоначальной поверхностной влаги угля. Эффект обезвоживания зафиксирован при скорости газа выше 30 м/с. Время удаления влаги находится на уровне десятых долей секунды [2].

Выполненные отдельные исследования показали высокие технологические возможности и простоту реализации нового механического метода обезвоживания зернистого материала. Однако, в настоящее время процесс механического срыва водной пленки не подготовлен ни в научно-теоретическом плане, ни в технологическом для использования на современных обогатительных фабриках. Создание теории этого процесса и разработка соответствующей технологии являются весьма актуальными.

Системное рассмотрение процесса механического срыва водной пленки возможно на основе предлагаемой нами структурной модели (рис.1). Технологические зоны процесса обезвоживания эжектированием представлены на рис.2.

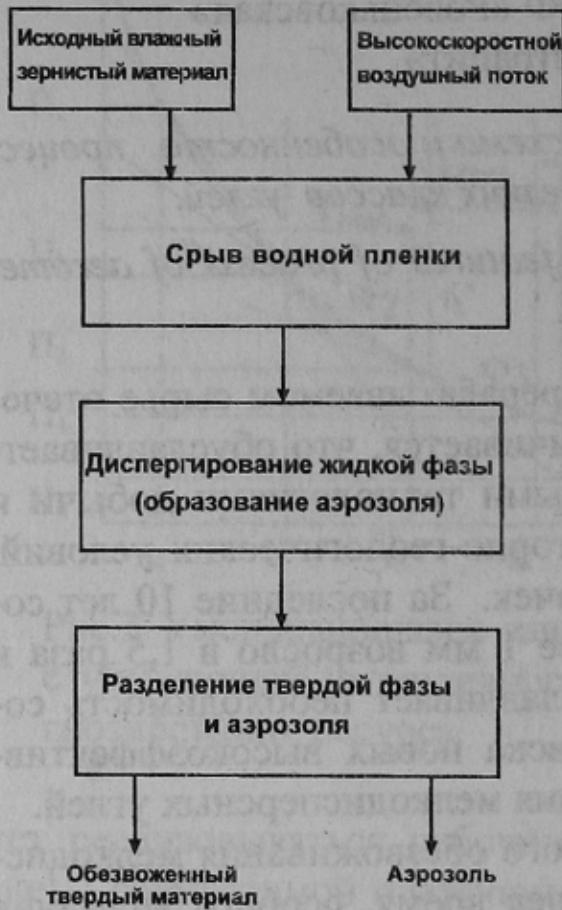


Рис.1 - Структурная схема процесса обезвоживания зернистого материала путем срыва водной пленки

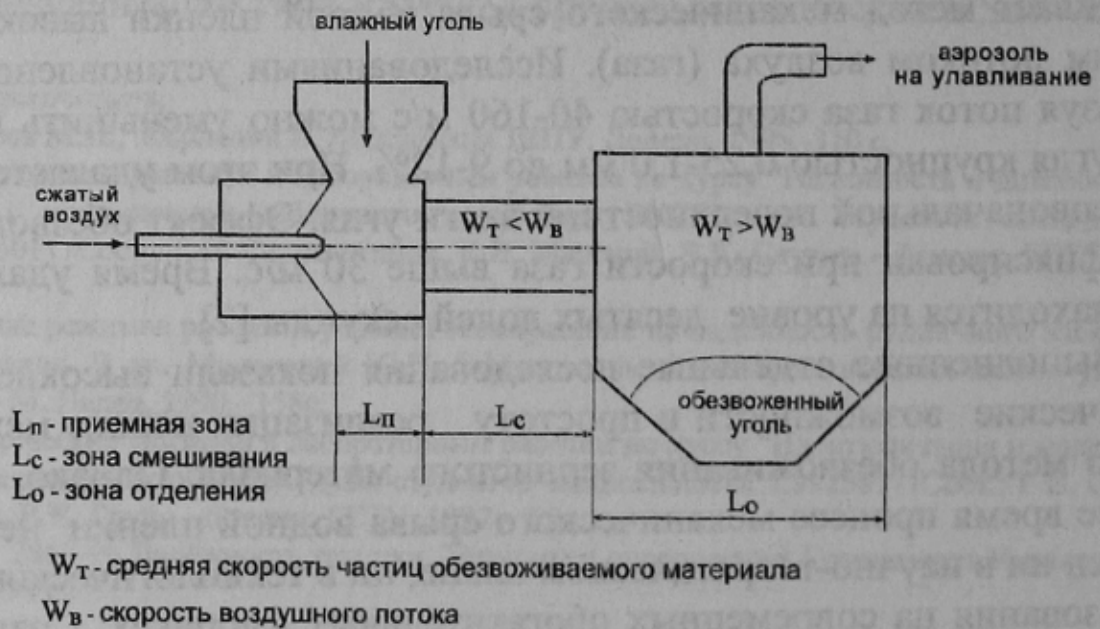


Рис.2 - Технологические зоны процесса обезвоживания эжектированием

Процесс влагоотделения эжектированием представляет собой совокупность элементарных актов срыва водной пленки с поверхности угольных зерен, последующего диспергирования отделенной жидкой фазы в турбулентном потоке воздуха с образованием аэрозоля и разделения обезвоженного угля и аэрозоля.

Решающим из указанных subprocesses является, очевидно, срыв водной пленки. Основное условие протекания этого процесса заключается в неравенстве скоростей инжектирующего потока воздуха $W_{п}$ и обезвоживаемого материала $W_{т}$. Наибольшая разность $\Delta W = |W_{п} - W_{т}|$ наблюдается на срезе сопла и в зоне перемешивания $L_{п}$ (рис.2). В дальнейшем в зоне разгона $L_{р}$ (разгонная трубка) скорости $W_{п}$ и $W_{т}$ выравниваются. Как правило, на выходном срезе разгонной трубки $W_{п} = W_{т}$. В зоне отделения $L_{о}$ (бункер-накопитель угля) скорость воздуха $W_{п}$ быстро уменьшается за счет резкого падения давления. При этом более инерционные частицы обезвоживаемого материала имеют скорость $W_{т} > W_{п}$. Образующийся при диспергировании водной фазы аэрозоль (туман) удаляется из зоны отделения $L_{о}$ вентилятором.

В зонах, где $\Delta W \neq 0$ сдвиговое усилие F_n воздушного потока по отношению к водной пленке на поверхности частиц согласно [3] равно:

$$F_n = C_x \cdot \rho_v \cdot S_{\phi} \cdot \frac{\Delta W^2}{2}, \tag{1}$$

где C_x – коэффициент сопротивления; ρ_v – плотность воздуха; S_{ϕ} – площадь фронта атаки.

Энергия исходного воздушного потока расходуется на механический удар, сообщение твердой фазе кинетической энергии, на трение в рабочем сопле, приемной камере и камере смешения. В нашем случае особый интерес представляет энергия механического удара, часть которой расходуется на срыв воздушной пленки в процессе аэромеханического обезвоживания.

Если пренебречь потерями энергии на трения, то затраты энергии воздушного потока на удар составляют:

$$\Delta E_{му} = E_{вх} - E_{вых} \tag{2}$$

где $E_{вх}$ – суммарная энергия инжектируемого и воздушного потоков во входном сечении струйного аппарата; $E_{вых}$ – энергия двухфазного потока в выходном сечении камеры смешения.

Для $E_{вх}$ можно записать:

$$E_{\text{вх}} = E_{\text{в}} + E_{\text{м}} = \frac{q_{\text{в}} W_{\text{в}}^2}{2} + \frac{q_{\text{м}} W_{\text{м}}^2}{2} \quad (3)$$

где: $q_{\text{в}}$, $q_{\text{т}}$ – массовые расходы воздуха и обезвоживаемого материала.

Для $E_{\text{вых}}$ имеем:

$$E_{\text{вых}} = \frac{(q_{\text{в}} + q_{\text{м}}) W_{\text{н}}^2}{2} \quad (4)$$

$W_{\text{н}}$ – скорость двухфазного потока в выходном сечении.

Найдем выражение для $W_{\text{н}}$ исходя из закона сохранения количества движения:

$$(q_{\text{в}} + q_{\text{м}}) \cdot W_{\text{н}} = q_{\text{в}} \cdot W_{\text{в}} + q_{\text{м}} W_{\text{м}} \quad (5)$$

Из уравнения (5) имеем:

$$W_{\text{н}} = \frac{q_{\text{в}} \cdot W_{\text{в}} + q_{\text{м}} W_{\text{м}}}{q_{\text{в}} + q_{\text{м}}} \quad (6)$$

Подставляя уравнение (6) в (4) для $E_{\text{вых}}$ получим:

$$E_{\text{вых}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{(q_{\text{в}} \cdot W_{\text{в}} + q_{\text{м}} W_{\text{м}})^2}{q_{\text{в}} + q_{\text{м}}} \quad (7)$$

Тогда, используя уравнения (2), (3) и (7) для ΔE после преобразований имеем:

$$\Delta E_{\text{му}} = E_{\text{вх}} - E_{\text{вых}} = \frac{q_{\text{в}} q_{\text{м}}}{2(q_{\text{в}} + q_{\text{м}})} (W_{\text{в}} - W_{\text{м}})^2 \quad (8)$$

Аналогичное выражение получено авторами [5], которые в дальнейшем находят долю энергии механического удара по отношению к $E_{\text{вх}}$:

$$\Delta E_{\text{му}}^{\text{отн}} = \frac{\Delta E_{\text{му}}}{E_{\text{вх}}} = \frac{K_{\text{и}}}{1 + K_{\text{и}}} \cdot \frac{\left(1 - \frac{W_{\text{м}}^2}{W_{\text{в}}^2}\right)^2}{\left(1 + K_{\text{и}} \cdot \frac{W_{\text{м}}^2}{W_{\text{в}}^2}\right)^2} \quad (9)$$

где $K_{\text{и}}$ – коэффициент инжекции.

На рис.3 приведены зависимости $\Delta E_{\text{му}}^{\text{отн}} \left(\frac{W_{\text{м}}}{W_{\text{в}}}\right)$ при $K_{\text{и}} = \text{var}$. Как видно из полученных кривых, с уменьшением скорости твердого материала $W_{\text{т}}$ во входном сечении струйного аппарата при неизменной

скорости воздушного потока, т.е. при снижении величины $\frac{W_m}{W_s}$ (что соответствует росту величины $\Delta W = W_s - W_m$), доля энергии воздушного потока расходуемого на механический удар $E_{му}^{отн}$ возрастает. Причем, при $\frac{W_m}{W_s} = 0$ $\Delta E_{му}^{отн} = \max$ и определяется коэффициентом инжекции K_u .

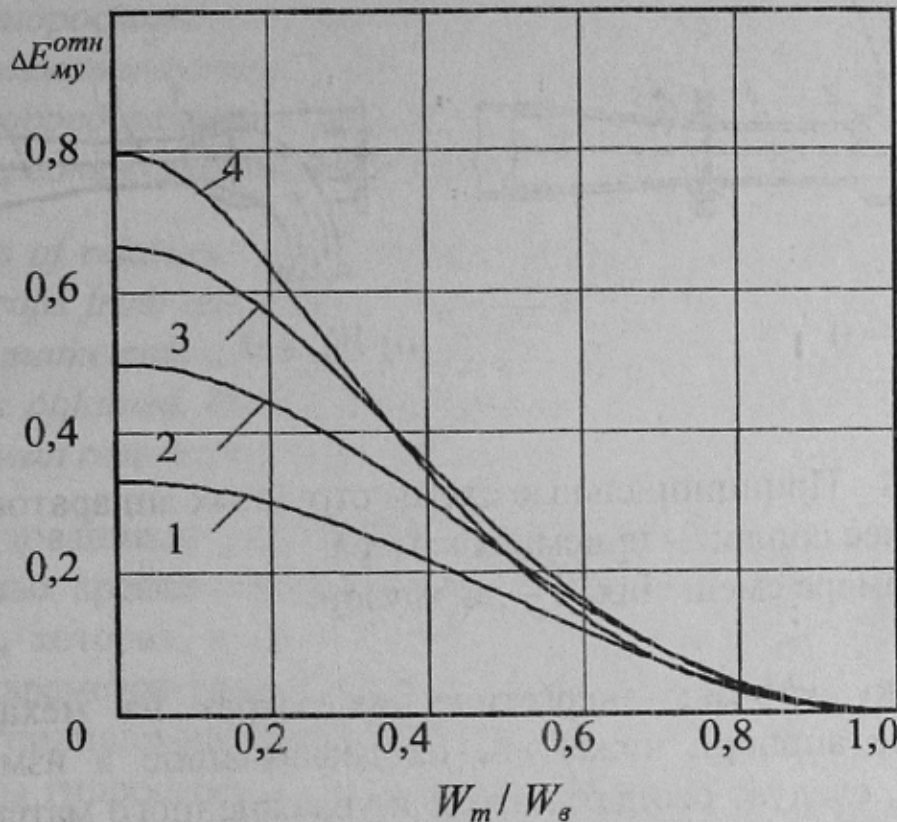


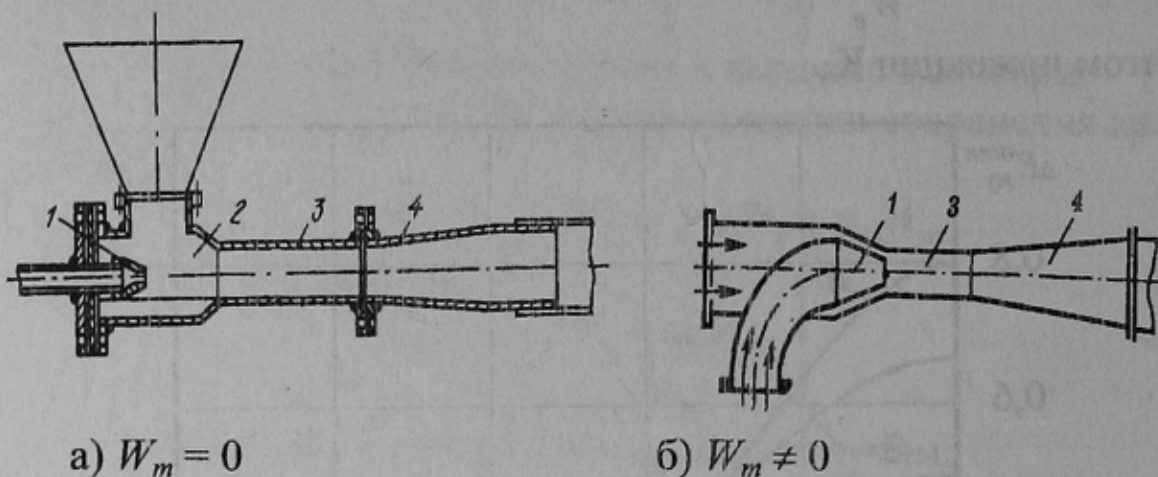
Рис.3 - Зависимости $\Delta E_{му}^{отн} (\frac{W_m}{W_s})$ при различных значениях коэффициента инжекции K_u :
 1 - $K_u = 0,5$; 2 - $K_u = 1,0$; 3 - $K_u = 2,0$; 4 - $K_u = 4,0$.

Из полученных данных можно сделать два вывода. Во-первых, наиболее благоприятным для аэромеханического обезвоживания в струйных аппаратах является соблюдение условия $W_T = 0$. Последнее выполняется в одной из двух возможных принципиальных конструктивных схем струйных аппаратов, обеспечивающей угол подачи твердого к потоку воздуха $\alpha = 90^\circ$ (см.рис.4, схема а).

Во-вторых, фактором регулирующим долю энергии на удар при $W_T = 0$ является коэффициент инжекции. При этом имеем:

$$\Delta E_{му}^{отн} = \frac{K_u}{1 + K_u}$$

Полезная энергия влагоудаления составляет часть энергии механического удара, которая, кроме того, расходуется, по-видимому, на различные виды механических деформаций твердого материала, его частичное разрушение и нагрев.



а) $W_m = 0$

б) $W_m \neq 0$

Рис. 4 - Принципиальные схемы струйных аппаратов: рабочее сопло; 2- приемная камера; 3 - камера смешения; 4 - диффузор.

Поскольку уровень энергетических затрат на механическое обезвоживание априори ниже чем на деформацию и измельчение твердой фазы, следует ожидать, что для увлажненного материала основная часть энергии механического удара расходуется на обезвоживание. В целом, определение соотношений между указанными видами энергозатрат на удар представляет собой самостоятельную научную задачу и требует специальных исследований.

Список источников.

1. Білецький В.С., Сергеев П.В., Папушин Ю.Л. Теорія і практика селективної масляної агрегації вугілля. - Донецьк: Грань, 1996. - 264 с.
2. Филиппов В.А., Подлущкий Л.Д. Интенсификация обезвоживания мелких продуктов обогащения // Уголь. - 1981. - № 12, С.47-48.
3. Акунов В.И. Струйные мельницы. - М.: Машиностроение, 1967. - 263 с.
4. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 352 с.