



Д. А. ПОЛУЛЯХ,
канд. техн. наук
(Национальный горный
университет)

УДК 622.7

Интенсификация процесса подготовки машинных классов из рядового угля

Обоснована необходимость интенсификации процесса подготовки машинных классов при широком распространении тяжелосреднего обогащения. Получено уравнение кинетики уплотнения слоя материала на вибрирующей наклонной рабочей поверхности в процессе обезвоживания на конечном участке сита гидродинамического грохота. Определено необходимое время виброуплотнения на конечном участке подвижной просеивающей поверхности.

Ключевые слова: уголь, тяжелосреднее обогащение, подготовка машинных классов, обезвоживание, виброуплотнение.

Контактная информация: id-jd@rambler.ru

Современные тенденции развития технологии углеобогащения свидетельствуют о широком распространении тяжелосреднего обогащения, доля которого достигла в Китае 65 %, Австралии – 67,4 %, США – 70 %, Канаде – 73 %, Турции – 75 %, ЮАР – 80 % [1].

В связи с этим существенно возрастает роль подготовки машинных классов из рядового угля. При обогащении в тяжелых средах возникает необходимость двухкритериальной оценки качества надситных продуктов узлов мокрого подготовительного грохочения: по эффективности грохочения и по эффективности обезвоживания, так как показатели засорения и влажности машинных классов заложены в нормах технологического проектирования углеобогатительных фабрик.

Если показатели засорения машинных классов некондиционными зернами на современных углеобогатительных фабриках в узлах мокрого подготовительного грохочения выдерживаются, то показатели влажности при производительности секций свыше 500 т/ч практически всегда отсутствуют. Для ликвидации такого несоответствия предлагается применять виброуплотне-

ние надситного продукта на конечном участке подвижной просеивающей поверхности (*далее* – ППП) [2, 3].

В целях выявления механизма влияния параметров виброуплотнения на время виброуплотнения и влажность надситного продукта на основе решения дифференциальных уравнений системы сил, получено уравнение кинетики уплотнения слоя материала на вибрирующей наклонной рабочей поверхности в процессе обезвоживания на конечном участке сита гидродинамического грохота

$$t_b = \{ [(h_1 - h_{\min}) (\eta_0^2 a \omega^3 + k) / [2(h_2 - h_{\min}) \tau_0 a \omega^3]] \ln(h_1/h) + [4/(\pi a \omega)] \times (h_1 - h) \} \cos \alpha_{\kappa} \quad (1)$$

где t_b – время виброуплотнения, с;

a и ω – амплитуда, м, и частота, c^{-1} , колебаний ППП;

h_1, h_2, h_{\min} и h – начальная, конечная, минимально возможная и текущая высота слоя материала, м;

η_0 – начальный коэффициент эффективной вязкости, обусловленной вибрационным тиксотропным разрушением дисперсной среды, Н·с/м²;

τ_0 – начальное напряжение сдвига слоя материала, Н/м²;

k – коэффициент тиксотропии, Н/(м·с²);

α_{κ} – угол наклона участка виброуплотнения относительно угла наклона ППП, ... °.

Для построения зависимостей влияния динамических параметров рабочей поверхности на показатели уплотнения слоя обезвоживаемого материала был проведен вычислительный эксперимент, в котором коэффициенты уравнения (1) предварительно выбраны в соответствии с результатами испытаний материалов, приведенными в работах [4–7]: $\tau_0 = 25$ Н/м²; $k = 10^{2,2}$ Н/(м²·с²); $\eta_0 = 10^2$ Н·с/м². При этом нагрузка составляла 500, 750 и 1000 т/ч; выход класса +13 мм – 50 %; амплитуда колебаний $a = 0,006$ м; частота колебаний 12,25; 14,5 и 16,67 с⁻¹; начальная порозность надситного продукта 0,74, конечная – 0,53, минимальная – 0,46 [7]; ширина неподвижной просеивающей поверхности (*далее* – НПП)

2,5 м; скорость движения надситного продукта на участке виброуплотнения 0,2 м/с; плотность надситного продукта 1,7 т/м³.

Коэффициент динамичности определяли по формуле

$$K_g = 39,44an^2 \sin \alpha_{в.к} / (3600g \cos \alpha_{ППП}), \quad (2)$$

где n – частота вращения (735, 870, 1000 мин⁻¹);

$\alpha_{в.к} = 85^\circ$ – угол наклона вибрационных колебаний, ...^o;

$\cos \alpha_{ППП} = 5^\circ$ – угол наклона ППП, ...^o. При этом коэффициент динамичности равен 3,5; 4,9 и 6,5.

Зависимости $t = f(h)$ для разных коэффициентов динамичности ППП при производительности гидромеханического грохота 500, 750 и 1000 т/ч показаны на рис. 1, из которого следует, что с увеличением коэффициента динамичности K_g время достижения максимального виброуплотнения снижается. В случае увеличения K_g почти в 2 раза время достижения максимального уплотнения уменьшается в 1,13 раза, если грохот производительностью 500 т/ч, в 1,14 раза, если его производительность 750 т/ч и в 1,18 раза, если 1000 т/ч. Для коэффициента динамичности подвижной просеивающей поверхности, равного 3,5, применяемого для мокрого подготовительного грохочения угля, время достижения максимального уплотнения составляет 15–18 с. Меньшее значение этого времени принимается для грохота производительностью 500 т/ч, большее – производительностью 1000 т/ч.

Из зависимостей, приведенных на рис. 1, также следует, что влияние коэффициента динамичности с уменьшением производительности гидромеханического грохота снижается. Так, если грохот производительностью 1000 т/ч, увеличение коэффициента динамичности с 3,5 до 6,5 приводит к уменьшению времени виброуплотнения на 3 с, то при нагрузке 500 т/ч – на 2 с. Причем абсолютное время виброуплотнения надситного продукта снижается на 3 с (с 18 до 15 с).

Кроме того, как следует из рис. 2, с ростом коэффициента динамичности время виброуплотнения уменьшается и приближается к значению, после которого коэффициент динамичности ППП уже не влияет на время виброуплотнения. Это объясняется тем, что порозность надситного продукта приближается к порозности монослоя, т. е. к минимуму $m_{\min} = 0,46$ (для угля), и в дальнейшем без разрушения частиц надситный продукт уже не уплотняется.

Следовательно, виброуплотнение надситного продукта должно осуществляться по време-

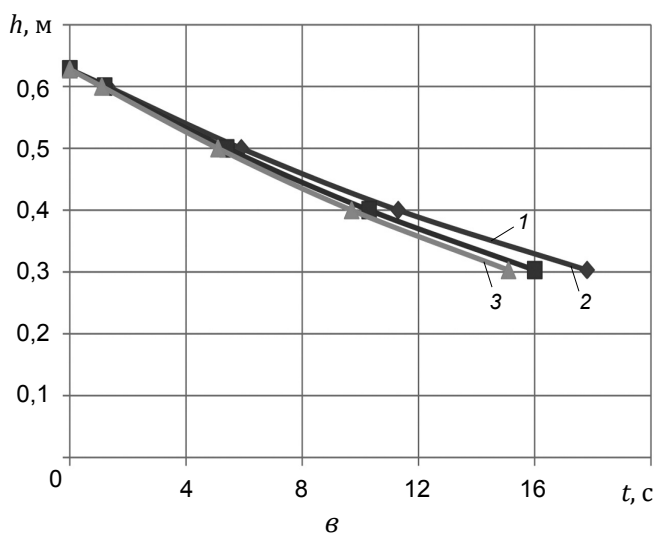
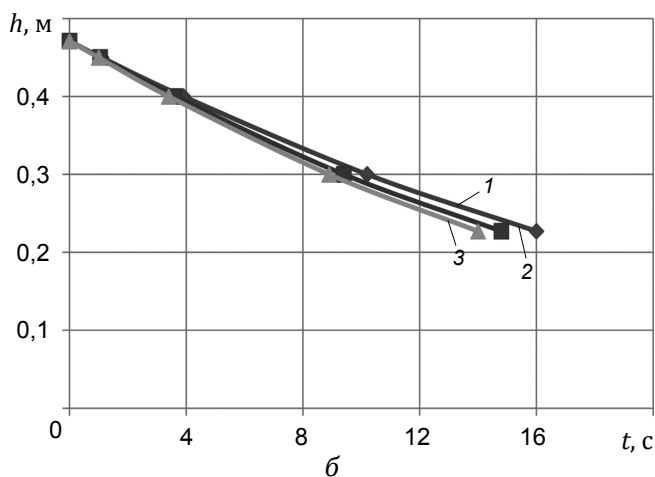
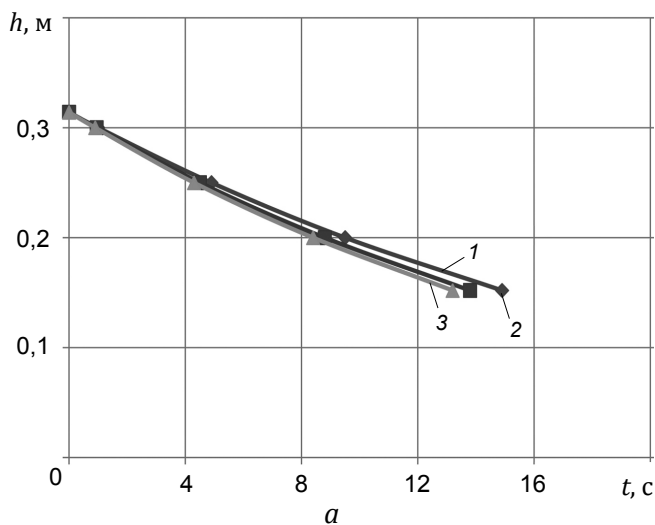


Рис. 1. Зависимость $t = f(h)$ при производительности грохота: а – 500 т/ч; б – 750 т/ч; в – 1000 т/ч и значениях коэффициента динамичности: 1 – 3,5; 2 – 4,9; 3 – 6,5.

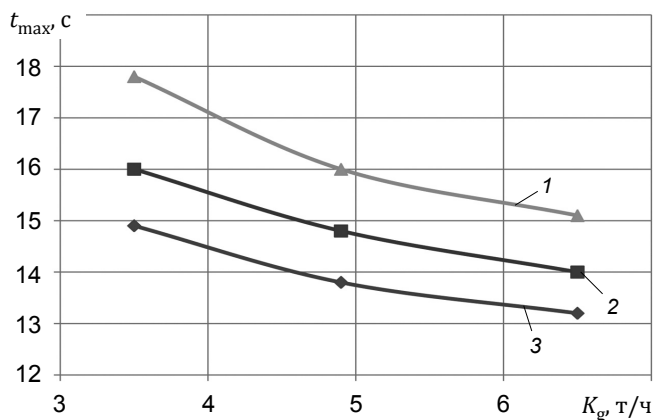


Рис. 2. Зависимость времени достижения максимального виброуплотнения t_{\max} от коэффициента динамичности K_g при производительности грохота: 1 – 1000 т/ч; 2 – 750 т/ч; 3 – 500 т/ч.

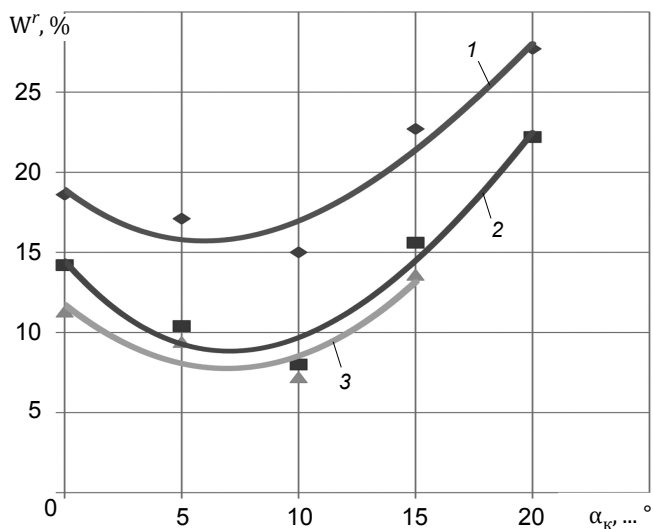


Рис. 3. Зависимость влажности надситного продукта W^r от угла наклона конусного участка виброуплотнения α_k : 1 – при экспериментальных исследованиях на установке УРШ-2,5 (ЦОФ «Октябрьская»); 2 – при пересчете на условия узла подготовительного грохочения на установке УРШ-2,5 (ЦОФ «Октябрьская»); 3 – полупромышленные исследования на установке УМГ-2,5 (ЦОФ «Узловская»).

ни, необходимо для доведения его порозности до минимальной, т. е. порозности монослоя (для угля $m_{\min} = 0,46$).

С повышением коэффициента динамичности время виброуплотнения снижается до значения, после которого рост коэффициента динамичности уже не вызывает уменьшения времени уплотнения. Следовательно, применение грохотов для мокрого подготовительного грохочения должно ограничиваться коэффициентом динамичности

не более 6,5. Дальнейшее его увеличение нецелесообразно. В зависимости от производительности грохота и коэффициентов динамичности время виброуплотнения надситного продукта должно быть не менее 15–18 с.

Зависимость влажности надситного продукта от угла наклона виброуплотнения, полученная на основе экспериментальных и полупромышленных исследований, приведена на рис. 3.

Согласно анализу данных угол наклона участка виброуплотнения, при котором достигается минимальная влажность надситного продукта, составляет 10° при коэффициенте динамичности $K_g = 3,5 \dots 6,5$.

Выводы. Обезвоживание надситного продукта гидромеханического грохота при подготовке машинных классов из рядового угля перед тяжелосредним обогащением осуществляется доведением его порозности до порозности, близкой к порозности монослоя $m_{\min} = 0,46$, путем виброуплотнения угля на конечном участке подвижной просеивающей поверхности. Длина участка для грохотов с коэффициентом динамичности в диапазоне $K_g = 3,5 \dots 6,5$ должна обеспечивать время нахождения материала на нем не менее 18–15 с при угле наклона участка виброуплотнения относительно подвижной просеивающей поверхности 10° .

ЛИТЕРАТУРА

1. Современное состояние и тенденции развития углеобогащения в мире (обзор) / под ред. Ю. Б. Рубинштейна // Горный журн. – 2016. – № 6. – С. 4–55.
2. Полулях Д. А. Математическое описание процесса виброуплотнения угольного шлама нефлотационной крупности при обезвоживании на сите виброгрохота / А. Д. Полулях, Д. А. Полулях, И. В. Еремеев // Вибрации в технике и технологиях. – 2013. – № 3. – С. 33–40.
3. Polulyakh A. Determination of Coal Slurry Thickening Rate at Dewatering on Vibrating Screen. Proceedings XVII International Coal Preparation Congress / A. Polulyakh, D. Polulyakh, I. Eremejev, V. Garus. – Istanbul / Turkey: edital by. – 2013. – P. 421–424.
4. Овчинников П. Ф. Виброреология / П. Ф. Овчинников. – К.: Наук. думка, 1983. – 272 с.
5. Шевченко А. И. Влияние импульсного воздействия акустических колебаний на эффективность обезвоживания минерального сырья / А. И. Шевченко // Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. – 2013. – Вип. 52 (93). – С. 106–114.
6. Бронштейн И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – М.: Наука, 1986. – 544 с.
7. Клешнин А. А. Исследование процесса фильтрования угольных шламов различного гранулометрического состава: дис. ... канд. техн. наук: 05.15.08 / А. А. Клешнин. – Донецк, 1974. – 148 с.