

определяемое комбинацией геометрических и эксплуатационных параметров, не будет достигнуто.

Таким образом, данная модель позволит определить траекторию движения частиц на входе в циклон с учетом их взаимодействия в зависимости от скорости потока газа. Она может быть использована в том числе для проектирования новых конструкций циклонов с рециркуляционным контуром.

Литература

1. Sommerfield, M. Validation of a stochastic lagrangial modelling approach for inter-particle collisions in homogeneous isotropic turbulence / M. Sommerfield // International Journal of Multiphase Flow 27 (10) / 2001. – P. 1829–1858.

2. Mao, D. A model for fine particle agglomeration in circulation fluidized bed absorbers / D. Mao, J.R. Edwards, A. Kuznetsov, R. Srivastava // Heat and Mass Transfer 38 / 2002. – 379 p.

3. Mothes, H. About the influence of particle agglomeration on the separation in a gas cyclone / H. Mothes, F. Loffer // Staub Reinhaltung Der Luft 44 / 1984. – P. 9–14.

УДК 621.926

Вайтехович П.Е., Хвесько Г.М.
(БГТУ)

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ВАЛКОВОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОТХОДОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

Процессы измельчения довольно широко используются в химической промышленности, особенно при производстве минеральных удобрений. А вот в нефтепереработке до недавнего времени они не находили применения. Однако увеличение глубины переработки нефти привело к образованию значительного количества твердых отходов в виде нефтяного кокса. Для дальнейшего использования требуется его тонкое измельчение.

По своим свойствам, прочностным характеристикам нефтяной кокс близок к каменному углю, клинкеру. В этой связи для его помола может использоваться широкая номенклатура измельчающих агрегатов, ударного и раздавливающего действия. Преимущества последних обоснованы в работе [1] авторов данного сообщения. Они заключаются в меньших удельных энергозатратах, абразивном износе и динамических нагрузках.

Среди агрегатов раздавливающего воздействия на измельчаемый материал следует отметить роliko-маятниковую мельницу [2], в которой проявляется комбинированный разрушающий эффект, от сочетания гравитационных и инерционных сил [3]. При этом довольно простой регулировкой параметров мельницы можно изменять величину инерционных сил, a , соответственно, и тонину помола.

Важными параметрами роliko-маятниковых мельниц, как и любых других, являются степень измельчение, производительность, энергозатраты на проведение процесса.

Основная часть мощности в роliko-маятниковой мельнице затрачивается непосредственно на разрушение материала между роlikом и кольцом. Этот процесс характеризуется углом захвата и длиной дуги сектора, по которому ролик контактирует с материалом [2, 3].

Угол захвата, как для всех измельчителей раздавливающего действия, должен быть $\alpha \leq 2 \cdot \varphi$, где φ – угол трения. Специфика роliko-маятниковой мельниц заключается в том, что камера измельчения в ней образуется между двумя дугами окружностей разного диаметра (ролика R_2 и кольца R_1). Угол захвата при этом определяется между касательными, проведенными в точке соприкосновения куса материала с указанными окружностями. От него в данной конструкции измельчителя зависит только максимальный размер куса r , который может затянуться под ролик. В предыдущей работе [3] получено уравнение для его расчета:

$$r^2 - r \cdot (R_2 - R_1) - f^2 \cdot R_1 \cdot R_2 = 0 \quad (1)$$

Один из корней этого уравнения будет искомым размером максимального куса.

Особенность роliko-маятниковой мельницы и ее камеры измельчения заключается еще и в том, что углы захвата и сектора контакта ролика с материалом совсем разные. Последний предлагается [3] определять по формуле:

$$\beta = \arcsin \frac{(R_2 + r) \cdot \sin \alpha}{R_1 - R_2} \quad (2)$$

Подход к определению мощности в данной случае аналогичен как и на преодоление трения качения колеса (ролика) по плоскости. Однако ролик, перекатываясь по кольцу, должен не только преодолевать трение качения, но и разрушать материал, ограниченный сектором с углом β . Будем считать, что суммарная разрушающая сила F_p приложена по центру сектора в точке B с углом $\gamma = \beta/2$ (рис. 1). Центробежная сила F_u направлена вдоль водила и проходит через точку A начала зоны

контакта разрушаемого материала с роликом. В этой связи для разрушения материала центробежная сила должна быть $F_{ц} \geq F_p / \cos \gamma$.

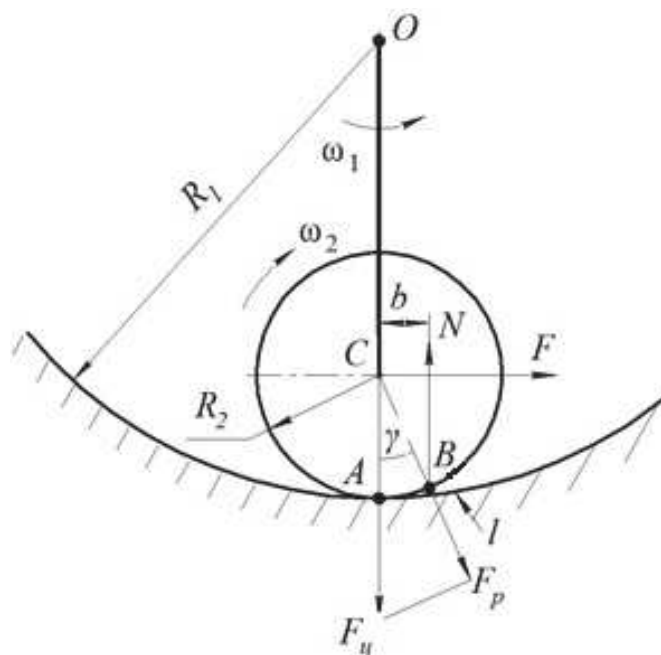


Рисунок 1 – Схема для определения мощности

Для ролика высотой H она равна:

$$F_{ц} = \rho \cdot H \cdot \pi \cdot R_2^2 \cdot \omega_1^2 \cdot (R_1 - R_2), \quad (3)$$

Разрушающее усилие, как произведение напряжения на площадь

$$F_p = \mu \cdot \sigma \cdot H \cdot R_2 \cdot \beta, \quad (4)$$

где μ – коэффициент разрыхления.

С учетом формул (3) и (4) найдем угловую скорость приводного вала ω_1 , при которой обеспечивается разрушение материала

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{\mu \cdot \sigma \cdot \beta}{\rho \cdot \pi \cdot R_2 \cdot (R_1 - R_2) \cdot \cos \gamma}}. \quad (5)$$

Тяговое усилие F на перекачивание ролика с одновременным разрушением материала, определяется из условия равенства тягового момента M_T и момента сопротивления M_c относительно мгновенного центра скоростей A . Это равенство можно записать в виде $F \cdot R_2 = N \cdot b$.

Поскольку $N = F_p \cdot \cos \gamma$, то

$$F = \mu \cdot \sigma \cdot H \cdot R_2 \cdot \beta \cdot \cos \gamma \cdot \sin \gamma, \quad (6)$$

Мощность, затрачиваемая на перемещение ролика $P = F \cdot v_c$

По правилу мгновенного центра $v_c = v_{BC} = \omega_2 \cdot R_2$.

Отсюда мощность

$$P = \mu \cdot \sigma \cdot H \cdot R_2^2 \cdot \omega_2 \cdot \beta \cdot \cos \gamma \cdot \sin \gamma, \quad (7)$$

В роliko-маятниковых мельницах определяющими параметрами чаще всего являются диаметр размольного кольца и частота вращения приводного вала. Переход к ним, по подобию планетарных мельниц [1], можно осуществить через геометрический критерий: $R_2 = k / R_1$, а $\omega_2 = \omega_1 \cdot (1-k)/k$.

С учетом этих выражений получим окончательное уравнение для расчета мощности:

$$P = \mu \cdot \sigma \cdot H \cdot R_1^2 \cdot \omega_1 \cdot k \cdot (1-k) \cdot \beta \cdot z \cdot \cos \gamma \cdot \sin \gamma, \quad (8)$$

где z – количество роликов.

Результаты расчетов по формуле (8) представлены в виде графической зависимости $P = f(k)$ для разных угловых скоростей (рис. 2).

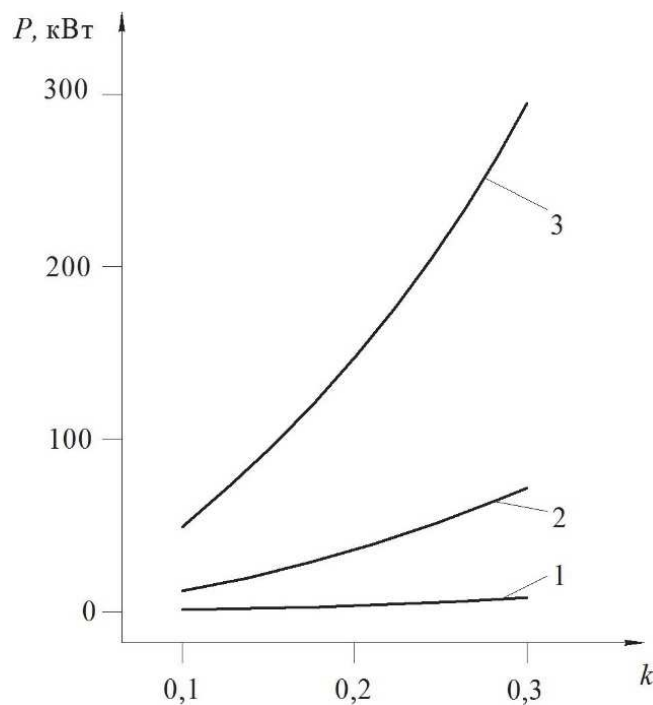


Рисунок 2 – Зависимость мощности на измельчение от геометрического критерия:

1 – $\omega = 5$ рад/с; 2 – $\omega = 15$ рад/с; 3 – $\omega = 30$ рад/с

На графике четко прослеживается повышение мощности при увеличении геометрического критерия, особенно в сочетании с увеличивающейся угловой скоростью. Причем ее изменение происходит нелинейно. Это можно объяснить тем, что увеличение геометрического

критерия эквивалентно увеличению размеров размольного ролика. В свою очередь размеры ролика влияют на величину углов в зоне контакта, входящих в расчетную формулу (8). Расчетные данные по мощности близки по значению к полученным в производственных условиях.

Литература

1. Вайтехович, П.Е. Интенсификация и моделирование процессов диспергирования в поле инерционных сил / П.Е. Вайтехович. – Минск: БГТУ, 2008. – 220 с.
2. Летин, Л.А. Среднеходные и тихоходные мельницы / Л.А. Летин, К.Ф. Роддатис. – М.: Энергоиздат, 1981. – 360 с.
3. Вайтехович, П.Е. Основные направления и перспективы использования роlikо-маятниковых мельниц / П.Е. Вайтехович // Труды БГТУ. Серия 2. Химические технологии, биотехнология и геоэкология. – 2017. – №1 (199). – С. 203–208.

УДК 631.83.85:66.099.2(045)(476)

Высоцкая Н.А.

(ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения
с Опытным производством»)

Францкевич В.С.

(БГТУ)

ПРИМЕНЕНИЕ БАРАБАННЫХ ГРАНУЛЯТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЛОЖНОСМЕШАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Во многих отраслях промышленности (химической, металлургической, пищевой, строительных материалов, и др.), а также в сельском хозяйстве широкое применение получили гранулированные материалы [1, 2].

Правильно выбранные методы и условия гранулирования обеспечивают получение готового продукта с требуемыми качественными показателями [2].

НРК – универсальное азотно-фосфорно-калийное минеральное удобрение, содержащее все основные питательные элементы, которые обеспечивают сбалансированное питание растений. Достоинства НРК-удобрения заключаются в том, что они обладают высокими физико-химическими и механическими свойствами.

Гранулирование НРК-удобрений методом окатывания состоит из четырех стадий: