

Architectural Engineering. – 2009. – Vol. 3. - № 3. - P. 174-180.

12. Farhan A.T.A. Kinetics study of nickel (II) ions sorption by thermally treated rice husk / A.T.A. Farhan, K.K. Ong, W.M.Z. Wan Yunus, M.L. Jabit and ets. // Nature Environment and Pollution Technology. – 2017. – vol. 16. - № 3. – P. 889-892.

13. Галимова Р.З. Обработка результатов исследования процесса адсорбции с использованием программного обеспечения Microsoft Excel: учебное пособие / Р.З. Галимова, И.Г. Шайхиев, С.В. Свергузова // Издательство БГТУ. - 2017. – 60 с.

УДК 66.022.55

666-492

Шаповалов В.А. маг.,

Шкарпеткин Е.А. канд. техн. наук, доц.
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ГРНАУЛИРОВАНИЯ*

В данной статье был рассмотрен один из вариантов теоретического подхода определения производительности гранулирующего барабана с учетом его геометрических параметров. Получено уравнение позволяющее учесть взаимосвязь длины конуса, радиуса, степени заполнения и физические свойства материала.

Ключевые слова: переработка, агломерация, гранулятор, расчет параметров, производительность, сырьевые и техногенные материалы.

В настоящее время технологии компактирования материалов широко используются в производственных процессах металлургической, химической, пищевой, строительной и др. отраслей промышленности. Отдельно следует отметить перспективы их применения для хранения, утилизации и переработки техногенных материалов с целью сокращения негативного воздействия на окружающую среду и получения экономического эффекта от расширения ассортимента продукции, например, при производстве топливных гранул и пиллет, аглопорита, пеностекла и др. [1-3]

Эффективность процесса получения агломератов (производимого продукта в виде гранул, брикетов) зависит от технического уровня используемого оборудования, одним из важнейших показателей которого является производительность.

Далее рассмотрим случай расчета производительности (рис. 1). Производительность гранулятора (Q , м³/ч) можно записать в виде обобщенного уравнения:

$$Q = \frac{3600 \cdot V_{\text{б}} \cdot \varphi \cdot k}{t \cdot k_{\text{г}}}, \quad (1)$$

где: 3600 – переводная величина для определения часовой производительности; V_6 – объем барабана, м^3 ; φ – коэффициент заполнения; k – коэффициент, характеризующий технологические параметры процесса образования гранул; t – время прохождения пути гранулируемого материала и гранул от загрузки до выгрузки; $c \cdot k_y$ – коэффициент уплотнения.

Так как определение коэффициента k представляет собой сложную задачу, обязательно требующую проведения экспериментальных исследований [4], на начальном этапе проще найти отношение k/k_y .

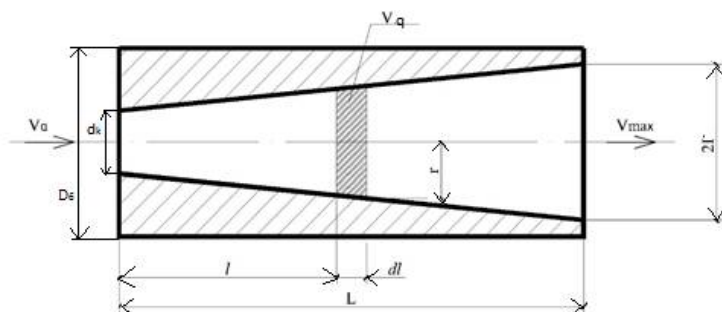


Рис. 1 - Расчетная схема

При исследовании процесса роста и образования гранул можно сделать допущение, что скорость роста $\frac{dq}{dt}$ пропорциональна достигнутому уровню q , т.е. относительная скорость роста $\frac{1}{q} \frac{dq}{dt}$ остается постоянной в установившемся режиме. В этом случае достигнутый уровень количества гранул в зависимости от времени, находится из дифференциального уравнения (2):

$$\frac{1}{q} \frac{dq}{dt} = K, \quad K > 0, \quad (2)$$

где: $K = \text{const}$ – коэффициент, характеризующий величину прироста объема гранул (средний отклик) по длине барабана.

Решим полученное дифференциальное уравнение $\frac{dq}{q} = K dt$ с учетом того, что по начальному условию $t = 0, q = V_a$:

$$\ln|q| - Kt + C_1, \quad q = Ce^{Kt}, \quad q = V_a \cdot e^{Kt}. \quad (3)$$

где: $C = \pm e^{C_1}$; V_a – постоянная величина, характеризующая некоторое начальное количество материала и гранул в барабане, м^3 .

При резком изменении внешних условий закон не может уже сохраниться [5]. Рост уровня ограничивается некоторым его

значением, и механизм роста гранул может быть представлен следующим дифференциальным уравнением:

$$\frac{dq}{dt} - K \cdot q(V_{max} - q), \quad (K > V_a, \quad 0 < q < V_{max}), \quad (4)$$

где: V_{max} – максимально возможное значение величины q .

Относительная скорость роста $\frac{1}{q} \frac{dq}{dt} - K(V_{max} - q)$ становится линейной функцией от переменной q , которая может быть записана в виде дифференциального уравнения с разделяющимися переменными:

$$\frac{dq}{q(V_{max}-q)} - Kdt. \quad (5)$$

Решив уравнение (5) получим:

$$\frac{q}{q-V_{max}} = C e^{KtV_{max}}. \quad (6)$$

Найдем значение q :

$$q = (q - V_{max}) \cdot C \cdot e^{KtV_{max}} \quad \text{или} \quad q = \frac{C \cdot V_{max} \cdot e^{KtV_{max}}}{C \cdot e^{KtV_{max}} - 1}. \quad (6)$$

Постоянная C находится по начальному условию.

Для определения V_{max} предположим, что в начальный момент времени количество материала в барабане (рис. 1) равно V_a . Количество материала преобразованного в гранулы на некотором расстоянии от загрузки (l) равно V_q , а на выходе - V_{max} .

Изменение состояния материала можно записать как $\frac{dV_q}{dl}$, т.е. получим дифференциальное уравнение:

$$\frac{dV_q}{dl} = kV_q \pi r^2. \quad (7)$$

где: $k = \text{const}$ – коэффициент пропорциональности; $r = \frac{R \cdot l}{L}$ - радиус сечения взаимосвязанный с размерами конуса, м.

В результате имеем:

$$\frac{dV_q}{dl} = k\pi \frac{R^2 l^2}{L^2}, \quad (8)$$

Решив уравнение (8) учитывая начальные условия ($l = 0, V_q = V_a, C = V_a$) получим:

$$V_q = V_a \cdot e^{k\pi \frac{R^2 l^3}{3L^2}}, \quad (9)$$

Если $l = L$ и $V_q = V_{max}$, то в данном случае уравнение (9) можно решить не находя значение k :

$$V_q = V_a \left(\frac{V_{max}}{V_a} \right)^{\frac{3}{L^3}}, \quad (10)$$

где: V_a - количество материала на входе ($V_a = V_0 \cdot \varphi$), m^3 ; L - длина барабана, м.

Из уравнения (10) выразим V_{max} :

$$V_{max} = \sqrt[3]{\frac{\frac{2}{3}V_6 \cdot \varphi}{(V_6 \cdot \varphi)^{1+\frac{3}{L^3}}}} \cdot K \cdot t \cdot \sqrt[3]{\frac{\frac{2}{3}V_6 \cdot \varphi}{(V_6 \cdot \varphi)^{1+\frac{3}{L^3}}}} \quad (11)$$

Объединив выражение (6) и (11) получим:

$$q = \frac{\left[\frac{V_6 \cdot \varphi}{V_6 \cdot \varphi - \sqrt[3]{\frac{\frac{2}{3}V_6 \cdot \varphi}{(V_6 \cdot \varphi)^{1+\frac{3}{L^3}}}}} \right]^{\frac{-3}{L^3}} \cdot \sqrt[3]{\frac{\frac{2}{3}V_6 \cdot \varphi}{(V_6 \cdot \varphi)^{1+\frac{3}{L^3}}}} \cdot K \cdot t \cdot \sqrt[3]{\frac{\frac{2}{3}V_6 \cdot \varphi}{(V_6 \cdot \varphi)^{1+\frac{3}{L^3}}}}}{\left[\frac{V_6 \cdot \varphi}{V_6 \cdot \varphi - \sqrt[3]{\frac{\frac{2}{3}V_6 \cdot \varphi}{(V_6 \cdot \varphi)^{1+\frac{3}{L^3}}}}} \right]^{\frac{-3}{L^3}} \cdot \sqrt[3]{\frac{\frac{2}{3}V_6 \cdot \varphi}{(V_6 \cdot \varphi)^{1+\frac{3}{L^3}}}} \cdot K \cdot t \cdot \sqrt[3]{\frac{\frac{2}{3}V_6 \cdot \varphi}{(V_6 \cdot \varphi)^{1+\frac{3}{L^3}}}} - 1} \quad (12)$$

Из уравнения (1) видно, что изменение объема, то есть количества материала при переходе в гранулы, зависит от времени его пребывания в барабане. Обычно до стабильного получения гранул заданного размера проходит около 60 с.

Тогда с учетом уравнений (1) и (12) получим частное решение:

$$k/k_y = q/60 \cdot V_6 \cdot \varphi \quad (13)$$

$$Q = 60 \cdot q/t \quad (14)$$

Следует отметить, что коэффициент уплотнения может быть задан как условие получения гранул с требуемыми свойствами, определен с учетом конструктивно-технологических параметров гранулятора или выявлен экспериментально по компрессионным кривым уплотнения для формуемых материалов [6,7].

Приведем пример расчета исходя из следующих данных:

$K = 0,4$; $t = 60$ с; $\varphi = 0,4$; $V_6 = 0,017$ м³; $L = 0,95$ м; $k_y = 4$ (для перлитосодержащих смесей), $k = 0,076$ (с учетом уравнения (15)).

В этом случае получим следующее решение уравнения (1):

$$Q = \frac{3600 \cdot 0,017 \cdot 0,4 \cdot 0,076}{60 \cdot 4} = 0,0078 \text{ , м}^3/\text{ч} .$$

Таким образом, в данной работе был рассмотрен вариант определения производительности гранулирующего барабана с учетом его геометрических параметров. Установлена взаимосвязь длины конуса, радиуса, степени заполнения, коэффициента заполнения с производительностью. Предложено уравнение для определения производительности объемной.

*Статья подготовлена в рамках программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.

Библиографический список

1. Семакина О.К. Выбор способа гранулирования сорбентов из отходов производства / О.К. Семакина, Ю.С. Якушева, А.А. Шевченко // *Фундаментальные исследования*. – 2013. - № 8-3. – С. 720-725.
2. Осокин А.В. Анализ существующих способов и технологических средств для компактирования техногенных материалов / А.В. Осокин, М.В. Севостьянов // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. – 2013. – № 7. – С. 62-66.
3. Севостьянов М.В. Аналитические исследования процесса формирования вязко-пластичного материала в фильерах плоскоматричного гранулятора / М.В. Севостьянов, А.В. Осокин // *Вестник Тамбовского государственного технологического университета*. – 2019. – №1. С. 98 – 107.
4. Классен П.В. Основы техники гранулирования (Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии). / П.В. Классен, И.Г. Гришаев – М.: Химия, 1982. – 272с.
5. Кучинкас З. М., Кучинская В.И., Особов В.И., Фрегер Ю.Л. Оборудование для сушки, гранулирования и брикетирования кормов / З.М. Кучинкас, В.И. Кучинская, В.И. Особов, Ю.Л. Фрегер – М.: Агропромиздат, 1988. – 208 с.
6. Ильина Т.Н. Конструктивно-технологические совершенствование агрегатов для гранулирования порошкообразных материалов / Т.Н. Ильина, М.В. Севостьянов, Е.А. Шкарпеткин // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. – 2010. – №2. – С. 100-102.
7. Shkarpetkin, E.A. Investigation of methods and equipment for compaction of composite mixtures during their granulation / E.A. Shkarpetkin, A.V. Osokin, V.G. Sabaev // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. - 2018. - №327. - 042118.

УДК 628:1:628:34

**Шумкова И.Н., соиск.,
Шайхиев И.Г., д-р техн. наук, доц.,
(КНИТУ, г. Казань, Россия)
Свергузова С.В., д-р техн. наук, проф.,
Сапронова Ж.А., д-р техн. наук, доц.
(БГТУ им.В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)**

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОТХОДА ВОДООЧИСТКИ НА НЕФТЕПОГЛОЩЕНИЕ

Изучено влияние температуры обжига отхода, образованного в результате подготовки питьевой воды, на способность поглощать нефтепродукты. Определены значения максимальной маслосмачиваемости и водопоглощения термически модифицированных образцов отхода, построены