

В результате обследования испарителей, расчетов [5] и анализа выяснено, что устойчивая работа данных аппаратов обеспечиваются за счет циркуляции жидкости в контурах испаритель – куб ректификационной колонны, обеспечиваемой насосами. При уменьшении производительности установки необходимо пропорционально снизить подачу греющего пара в испарители DE06 и DE10. Также необходимо пропорционально снизить расходы подаваемой в ректификационные колонны флегмы. С целью сохранения стабильных гидродинамических режимов работы пленочных испарителей DE06 – DE10 не следует снижать подачу в них циркулирующей жидкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кафаров В. В. Основы массопередачи. – М.: Высшая школа, 1979. – 379 с.
2. Александров И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты: Методы расчета и основы конструирования. – М.: Химия, 1978. – 280 с.
3. Рамм В. М. Абсорбция газов. – М.: Химия, 1976. – 656 с.
4. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Альянс, 2004. – 751 с.
5. Справочник по гидравлике. Под ред. В. А. Большакова. – Киев: Вища школа, 1977. – 280 с.

УДК 661.152.3.099.2:622.788.36(476)

Н.А. Высоцкая, асп. (ЗАО «СИПрСОП», г. Солигорск);
В.С. Францкевич, зав. кафедрой МиАХиСП, канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

РАСЧЕТ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ В БАРАБАННОМ ГРАНУЛЯТОРЕ, ИЗГОТОВЛЕННОМ В ЗАО «СОЛИГОРСКИЙ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ С ОПЫТНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ»

Во многих отраслях промышленности, а также в сельском хозяйстве широкое применение получили гранулированные материалы [1-3].

У потребителей большим спросом пользуются гранулированные НРК-удобрения, содержащие в составе азот, фосфор, калий. Правильно выбранные методы и условия гранулирования обеспечивают получение готового продукта с требуемыми качественными показателями [2, 4].

Ежегодно ОАО «Беларуськалий» производит 240 тыс. тонн НРК-удобрений.

На рисунке 1 представлен барабанный гранулятор.



Рисунок 1 – Барабанный гранулятор

На третьей сильвинитово-обогащительной фабрике ОАО «Беларуськалий» гранулирование происходит методом окатывания в барабанном грануляторе, разработанном и изготовленном в ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством» (см. рис.1).

Коэффициент распределения гранул продукта по размерам η определяется по формуле (1):

$$\eta = \frac{1}{A + Bd_{cp}} = \frac{1}{0,144 - 0,029 \cdot 3} = 17,54, \quad (1)$$

где A, B – экспериментально полученные значения для удобрений, $A = 0,144, B = -0,029$.

Распределение гранул по размерам находится из формулы (2)

$$f(d_{cp}) = \frac{\eta^\eta}{\Gamma(\eta)} \cdot \frac{1}{d_{cp}} \left(\frac{d_p}{d_{cp}} \right)^{\eta-1} \exp\left(-\eta \cdot \frac{d_p}{d_{cp}}\right) = \frac{17,54^{17,54}}{9,5 \cdot 10^{13}} \cdot \frac{1}{3} \left(\frac{0,8}{3} \right)^{16,54} \times \\ \times \exp\left(-17,54 \cdot \frac{0,8}{3}\right) = 0,651. \quad (2)$$

где $\Gamma(\eta)$ – гамма-функция.

Для $\eta = 17,54$ $\Gamma(\eta) = 9,5 \cdot 10^{13}$. Содержание гранул со средним размером 3 мм составит $f(3) = 0,651$.

Средний диаметр гранул определяется уравнением (3):

$$d_{cp} = d_0 \exp\left[m \left(\frac{P}{1 - \xi + \xi(d_0/d_p)} - P_0 \right)^n \right], \quad (3)$$

где m и n – коэффициенты для фосфорсодержащих удобрений при различных температурах, $m = 23, n = 1,15$.

Вычислив неизвестное, получим, $P = 0,11$.

Влагосодержание шихты W определяется из формулы (4):

$$P = \frac{W + WS + i}{1 - WS - i}, \text{ кг/кг.} \quad (4)$$

Откуда $W = \frac{P}{1 + S + PS} = \frac{0,11}{1 + 1 + 0,11} = 0,052 \text{ кг/кг.}$

Расход воды с компонентами G_B определяется из выражения (5):

$$G_B = \frac{G_{\text{пр}}W}{1 - \xi} = \frac{32 \cdot 0,052}{1 - 0,75} = 6,66 \text{ т/ч.} \quad (5)$$

Расход рецикла $G_{\text{рет}}$, находится, как (6)

$$G_{\text{рет}} = G_{\text{пр}} \left(\frac{\xi}{1 - \xi} \right) = 32 \frac{0,75}{1 - 0,75} = 96 \text{ т/ч.} \quad (6)$$

Объемная производительность гранулятора G определяется уравнением (7):

$$G = \frac{G_{\text{пр}}(1 + W)}{\rho_n(1 - \xi)} = \frac{32(1 + 0,052)}{1,08(1 - 0,75)} = 124,7 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (7)$$

Коэффициент заполнения барабана Φ определяется по формуле (8):

$$\Phi = \frac{1}{2\pi}(\varphi - \sin \varphi) = \frac{1}{2 \cdot 3,14}(1,9 - 0,95) = 0,15 = 15 \%, \quad (8)$$

где φ – центральный угол обхвата в барабане, $\varphi = \pm 108^\circ$.

Скорость подъема материала около стенки барабана:

$$v_{\text{под}} = v_{\text{ск}} \left(\frac{(1 - \psi)\varphi}{2\psi \sin(\varphi/2)} \right) = 2 \left(\frac{(1 - 0,6) \cdot 1,9}{2 \cdot 0,6 \sin 54^\circ} \right) = 1,56 \text{ м/с,} \quad (9)$$

где ψ – коэффициент, для грануляторов $\psi = 0,55 - 0,60$.

Угловая скорость барабана:

$$\omega = \frac{2v_{\text{под}}}{D} = \frac{2 \cdot 1,56}{3} = 1,04 \quad (10)$$

Диаметр отверстия подпорного кольца D_0 определяется по формуле (11):

$$D_0 = D \cos(\varphi/2) + 2H = 3 \cos(108/2) + 2 \cdot 0,1 = 1,96 \text{ м,} \quad (11)$$

где H – высота, $H = 0,05 - 0,15$ м, в зависимости от производительности и свойств материала [3].

Анализ научно-технической информации показал, что процесс гранулирования сложно-смешанных минеральных удобрений методом окатывания на сегодняшний день еще недостаточно изучен. Применение метода окатывания при гранулировании минеральных удобрений позволяет получить однородные гранулы, обладающие правильной шарообразной формой, уменьшить слеживаемость и предотвратить разрушение продукта при транспортировании и внесении в почву [4, 5].

Недостаток данной методики расчета процесса гранулирования методом окатывания заключается в том, что экспериментально полученные значения для сложно-смешанных удобрений могут варьироваться в зависимости от различных факторов проведения испытаний, а также значения коэффициентов в разных источниках литературы могут отличаться [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Высоцкая, Н.А. Особенности получения НРК-удобрений методом окатывания / Н.А. Высоцкая, В.С. Францкевич // Горная механика и машиностроение. – 2020. – № 4. – С. 79-85.

2. Высоцкая, Н.А. Влагосодержание шихты комплексных удобрений / Н.А. Высоцкая, В.С. Францкевич // Горная механика и машиностроение. – 2021. – № 1. – С. 63-70.

3. Высоцкая Н.А., Белько С.Л., Салцевич В.В. Основные параметры процесса производства азотно-фосфорно-калийных удобрений в барабанном грануляторе на сильвинитово-обогащительной фабрике ОАО «Беларуськалий» / Горная механика и машиностроение. – 2022. - № 4. – С. 79-86

4. Высоцкая, Н.А. Применение барабанных грануляторов для получения сложносмешанных минеральных удобрений / Н.А. Высоцкая, В.С. Францкевич // Нефтехимия – 2021: IV Междунар. науч.-технич. форум по химическим технологиям и нефтегазопереработке, Минск, 22-24 нояб. 2021 г. / БГТУ; рецензенты: И.В. Войтов [и др.]. – Минск, 2021. – С. 224-228.

5. Сковородников, П.В. Особенности процесса гранулирования органоминеральных удобрений методом окатывания / П.В. Сковородников, М.В. Черепанова // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330, № 9. – С. 51-59.