

УДК 622.788.36 : 662.8.05.011 (043.2)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНЕГО РЕТУРА  
НА ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ ГРАНУЛ В БАРАБАННОМ ГРАНУЛЯТОРЕ

Н. А. ВЫСОЦКАЯ

ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения

с Опытным производством»

Солигорск, Беларусь

Белорусский государственный технологический университет

Минск, Беларусь

Во многих отраслях промышленности, в том числе в сельском хозяйстве, широкое применение получили гранулированные материалы [1, 2]. Получение высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур часто возможно при создании оптимальной системы питания растений, и прежде всего за счет применения удобрений [3]. В настоящее время в химической промышленности получили широкое распространение процессы гранулирования тонкодисперсных порошков.

Гранулирование методом окатывания состоит из четырех этапов:

- 1) смешение исходного порошка с частицами ретур и связующим;
- 2) гранулообразование из мелких частиц и дробление комков;
- 3) окатывание и уплотнение гранул;
- 4) упрочнение связей в результате.

Исследования показали, что один из основных недостатков оптимального режима грануляции – колебания расхода и гранулометрического состава внешнего ретур. Эти колебания приводят к изменениям производительности БГС и к нарушениям требований по прочности и влажности.

Объемный расход, влажность и плотность пульпы позволяют оценить весовой расход аммофоса, который формируется из пульпы, поступающей в БГС, определяется по формуле

$$G_{\text{ам}} = F_{\text{пул}} \cdot \frac{\gamma_{\text{пул}}}{1000} \cdot \left(1 - \frac{\omega_{\text{пул}}}{100}\right), \quad (1)$$

где  $F_{\text{пул}}$  – расход пульпы в БГС, м<sup>3</sup>/ч;  $\gamma_{\text{пул}}$  – плотность пульпы, кг/м<sup>3</sup>;  $\omega_{\text{пул}}$  – влажность пульпы, кг/м<sup>3</sup>.

Средний эквивалентный диаметр гранул суммарного потока определяется из выражения

$$d_{\text{рет}} = \frac{d_{\text{внеш}} \cdot G_{\text{рет}}^{\text{внеш}} + d_{\text{внут}} \cdot G_{\text{рет}}^{\text{внут}}}{G_{\text{рет}}^{\text{внеш}} + G_{\text{рет}}^{\text{внут}}}, \quad (2)$$

где  $d_{\text{внеш}}$  – средний эквивалентный диаметр внешнего ретур, мм;  $d_{\text{внут}}$  – средний эквивалентный диаметр гранул внутреннего ретур, мм;  $G_{\text{рет}}^{\text{внут}}$  – весовой расход внутреннего ретур, т/ч;  $G_{\text{рет}}^{\text{внеш}}$  – весовой расход внешнего ретур, т/ч.

Для определения объема одной гранулы ретур используется уравнение

$$V_{1.\text{рет}} = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot (d_{\text{рет}})^3. \quad (3)$$

Количество гранул, поступающих за час в БГС потоком ретура, определяется из выражения

$$n_{\text{рет}} = \frac{G_{\text{рет}}}{V_{1.\text{рет}} \cdot \gamma_{\text{ам}}} = \frac{6 \cdot G_{\text{рет}}}{\pi \cdot (d_{\text{рет}})^3 \cdot \gamma_{\text{ам}}}, \quad (4)$$

где  $\gamma_{\text{ам}}$  – удельный вес аммофоса,  $\gamma_{\text{ам}} \approx 1,8 \text{ т/м}^3$ .

На одну гранулу ретура за период однократного прохождения через зону загрузки барабанного гранулятора-сушилки напыляется в среднем  $\Delta G_{1.\text{рет}}$  аммофоса. Этот параметр определяется выражением

$$\Delta G_{1.\text{рет}} = \frac{G_{\text{ам}}}{n_{\text{рет}}} = \frac{\pi \cdot G_{\text{ам}} \cdot (d_{\text{рет}})^3 \cdot \gamma_{\text{ам}}}{6 \cdot G_{\text{рет}}}. \quad (5)$$

Параметр среднего напыления аммофоса  $\Delta G_{1.\text{рет}}$  увеличивает объем гранулы на  $\Delta V_{1.\text{рет}}$ . Это видно из соотношения

$$V_{1.\text{рет}} = \frac{\Delta G_{1.\text{рет}}}{\gamma_{\text{ам}}} = \frac{\pi \cdot G_{\text{ам}} \cdot (d_{\text{рет}})^3}{6 \cdot G_{\text{рет}}}. \quad (6)$$

Процесс гранулирования на первый взгляд кажется простым, но на деле является сложным процессом, включающим в себя исследование и описание явления зародышеобразования, структурное образование каркаса самой гранулы, реологию уплотнения, деформации и т. д. [4].

Показанная математическая модель предназначена для использования в системе стабилизации режима грануляции в барабанном грануляторе-сушилке, обеспечения необходимого гранулометрического состава готовой продукции путем изменения степени дробления гранул аммофоса и расхода потока внешнего ретура.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Прушак, В. Я.** Разработка новых технических решений по увеличению выпуска гранулированного хлорида калия с применением валковых прессов, изготавливаемых в ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством» / В. Я. Прушак, Н. Ю. Кондратчик, Н. А. Высоцкая / Тр. БГТУ. – 2020. – Сер. 2, № 1. – С. 62–67.
2. **Высоцкая, Н. А.** Особенности получения НРК-удобрений методом окатывания / Н. А. Высоцкая, В. С. Францкевич // Горная механика и машиностроение. – 2020. – № 4. – С. 79–85.
3. **Леонов, Ф. Н.** Эффективность минеральных удобрений в зависимости от обеспеченности подвижными фосфатами дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы / Ф. Н. Леонов, Т. Г. Синевич // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 1 (58). – С. 109–116.
4. Механизм и математическая модель процесса грануляции порошкообразных материалов в барабанных аппаратах / Г. И. Келбалиев [и др.] // Азербайджанский химический журнал. – 2017. – № 1. – С. 38–43.