

С. В. ДУДКА, вед. инж. ПАО «Укрхимпроект», Сумы;
В. И. ТОШИНСКИЙ, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ», Харьков

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕЗРЕТУРНОГО ПРОЦЕССА ГРАНУЛООБРАЗОВАНИЯ УДОБРЕНИЙ МАРКИ «СУПЕРАГРО N:P 10:40»

В статье представлено математическое моделирование безрeturного процесса гранулообразования удобрений марки «Суперагро N:P 10:40». Модель предлагает расчет оптимальных значений технологических параметров, основываясь на экспериментальных данных. Даны рекомендации по ведению безрeturного процесса гранулообразования. Из.: 1. Библиогр.: 4 назв.

Ключевые слова: математическая модель, безрeturный процесс, удобрение, нечеткая логика.

Постановка проблемы

На протяжении 2008-2012 гг. ОАО «Сумыхимпром» совместно с НТУ «ХПИ» проведены комплексные исследования по разработке технологии производства нового высококонцентрированного азотно-фосфорного удобрения NPS 10:40:5. Синтезированное минеральное удобрение характеризуется высокой агрохимической эффективностью его внесение в агрохимической дозе обеспечивает повышение урожайности ярового ячменя на 27%. Однако широкомасштабный выпуск данного удобрения сдерживается высокой себестоимостью продукции связанной с низкой энергоэффективностью и невозможностью 100% получения продукции необходимого фракционного состава. В связи с этим актуальной научно-технической задачей является повышение эффективности данной технологии.

Анализ последних исследований

В работе [1] установлены оптимальные значения технологических параметров процесса пульпообразования в технологии фосфорсодержащих удобрений NPS 10:40:5. Однако авторами не были рассмотрена стадия гранулообразования этого удобрения, как этапа с наиболее низкой энергоэффективностью. В работе [2] были проведены исследования процесса гранулообразования. Но на практике очень важно уметь правильно рассчитать параметры гранулообразования при заданном гранулометрическом составе. Поэтому **Целью** математической модели является расчет оптимальных значений технологических параметров, основываясь на экспериментальных данных.

Материалы и результаты исследований

Из анализа существующих методов по расчету гранулометрического состава [3] можно сделать вывод, что наиболее подходящей моделью является уравнение 1

$$\frac{d_s}{d_{ret}} = \exp\left(\frac{KG_m}{3(G_{ret} + G_m(1-K))}\right) \quad (1)$$

где G_{ret} – масса ретура, подаваемого в слой завесы

K - коэффициент гранулообразования

G_m – количество сухой пульпы, подаваемой в слой завесы.

$d_{рет}$ – диаметр ретура.

Коэффициент гранулообразования для NPS 10:40:5 удобрений можно представить в виде функции (2)

$$k = f(P_2O_5 / SO_3; CaO / SO_3; W; T_{вых}; P_{разр}; d_{капли}) \quad (2)$$

где P_2O_5 / SO_3 - соотношение, характеризующее содержание P_2O_5 и SO_3 в пульпе;

CaO / SO_3 - соотношение, характеризующее содержание CaO и SO_3 в пульпе;

W - влажность пульпы;

$T_{вых}$ - температура отходящих газов на выходе из БГС;

$P_{разр}$ - давление разрежения создаваемое в БГС;

$d_{капли}$ - диаметр капли распыляемой пульпы в БГС.

Диаметр эквивалентный гранул на выходе из БГС можно представить в виде зависимости (3)

$$d_{экв} = \frac{1}{\sum_1^n \frac{m_i}{d_i}} \quad (3)$$

где n - число фракций;

m_i - содержание i -й фракции, %;

d_i - средний ситовой размер i -й фракции;

Одним из современных подходов позволяющим принимать решения в условиях нечеткой и неполной информации, является аппарат теории нечетких множеств [4].

На основании данного аппарата разработана блок- схема решения поставленной задачи:

1. Задание ожидаемого фракционного состава.
2. Расчет эквивалентного диаметра гранул по уравнению 3
3. Расчет коэффициента гранулообразования по уравнениям 1 и 4.

Диаметр и количество ретура, подаваемой в слой сухой пульпы принимаются как постоянные величины.

$$k = \frac{\ln\left(\frac{d_{экв}}{0.5}\right) \cdot 1.57}{\ln\left(\frac{d_{экв}}{0.5}\right) + 1} \quad (4)$$

4. Нормализация значений переменных:

$$k_{norm} = \frac{k_i}{\max_i \{k_i\}} \quad (5)$$

где k_{norm} - нормализованное значение одной из входящих переменных ;

k_i - исходное значение одной из входящих переменных.

5. Расчет коэффициента гранулообразования по уравнению 4 по экспериментальным данным.

6. Графическое изображение зависимости «коэффициент

гранулообразования- параметры» на координатной плоскости (рис.).

Полученное графическое изображение можно представить в виде уравнений прямых линий для определенного параметра и влияющего на его значение коэффициента гранулообразования в виде уравнения (6)

$$y = Ak + B, \tag{6}$$

где y – значение параметра;

A – тангенс угла наклона с осью K ;

B – точка пересечения прямой с осью y .

Каждое уравнение ограничено значением коэффициента гранулообразования и соответствующим параметром

6. Проверка диапазонов применимости коэффициента гранулообразования найденного в п. 3 с граничными значениями.

7. Нахождение точек пересечения полученного коэффициента гранулообразования в п.3 с областями значений технологических параметров рис.

8. Переводим из нормализованных значений параметров в обычные по формуле 5.

9. Вывод результатов. Определение технологических параметры при которых получается заданный граунометричесикй состав.

Для автоматизации расчета на основании предложенной блок-схемы было разработано программное приложение в Microsoft Exel. Результатами работы программы стало построение графиков описывающие влияние технологических параметров на гранулометрический состав. Погрешность расчетов относительно экспериментальных данных приведена в таблице.

Таблица - Погрешность расчетов математической модели

№	Параметр гранулирования	Погрешность, %	Достоверность аппроксимации, R^2
1	соотношения P_2O_5/SO_3	2,0	1,0000
2	соотношения CaO/SO_3	2,0	1,0000
3	влажности пульпы, %	3,0	0,9909
4	температуры сушильного агента, ° C	2,1	0,9701
5	разрежения в БГС, кПа	3,3	0,948
6	диаметра капли, мм	2,0	0,924

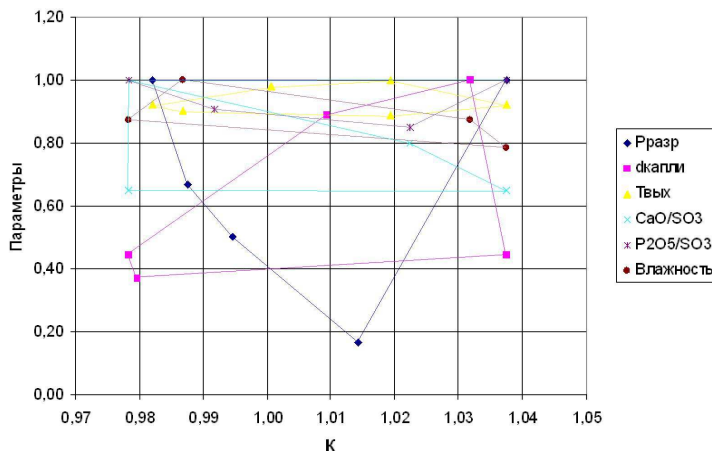


Рис. Графическое представление множества решений задачи определения зависимости коэффициента гранулообразования от формирующих его факторов в виде нечетко заданных величин

Данные погрешности, обусловленные несовершенством метода, а также упрощениями, и округлениями положенными в основу методики и расчета.

Выводы

Из анализа полученных данных видно, что данная математическая модель адекватно описывает процесс гранулообразования новых NPS удобрений. Для достижения фракционного состава 1% - менее 1мм, 98% - от 1,5 до 4 мм, 1% - свыше 4мм на основании математической модели технологический процесс необходимо вести по следующим параметрам соотношение $\frac{P_2O_5}{SO_3}$ -8,6 ;

соотношение $\frac{CaO}{SO_3}$ -1,91 ; влажность пульпы W – 43%; температура газов на выходе из аппарата БГС $T_{вых}$ -101С ; разряжения в БГС $P_{разр}$ - 0,01 кПа; диаметр капли $d_{капли}$ – 0,1 мм;

Выход товарной 1,5-4 мм на уровне 98% даст возможность в производстве отказаться от использования внешнего ретурна, который получается на стадии классификации и дробления, что повысит эффективность производства.

Список литературы: 1. *Клименко Р. М.* Технологія азотно-фосфорних сірковмісних добрив: дис. канд. техн. наук: 05.17.01/ *Клименко Р. М.* – Харків, 2010-143с. Бібліогр: с.51-62. 2. *Дудка С. В.* Исследование процесса пульпообразования в технологии гранулирования фосфорсодержащих удобрений марки «Суперагро N:P 10:40»/ *С. В. Дудка, В. И. Тошинский, Р. Н. Клименко*//Интегровані технології та енергозбереження//Щоквартальний науково-практичний журнал.-Харьков:НТУ «ХПИ», 2012.-№3,-с.97-104 3. *Классен П. В.* Гранулирование [Текст]/ *П. В.Классен, И. Г. Гришаев, И. Н.Шомин.*- М.: Химия, 1991. – 240с 4. *Беллман Р., Заде Л.* Принятие решений в расплывчатых условиях // В кн.: Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М.: Мир, 1976.

УДК 661.152.32

Математичне моделювання безретурного процесу гранулоутворення добрив марки «Суперагро N: P 10:40»/ Дудка С.В., Тошинський В. І. //Вестник НТУ «ХПИ». Серия «Новые решения в современных технологиях». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2012. - № 44(950) . С. 119-122.

У статті представлено математичне моделювання безретурного процесу гранулоутворення добрив марки «Суперагро N:P 10:40». Модель пропонує розрахунок оптимальних значень технологічних параметрів, грунтуючись на експериментальних даних. Дано рекомендації з ведення безретурного процесу гранулоутворення. Іл.: 1. Бібліогр.:4. назв.

Ключові слова: математична модель, безретурний процес, добриво, нечітка логіка.

UDK 661.152.32

Mathematical modeling of bezreturnogo granule fertilizers grade "Superagro N: P 10:40»/ Dudka S. , Toshinsky V.,//Bulletin of NTU “KhPI”. Subject issue: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”. – 2012. - № 44(950), P. 119-122.

The article represents mathematic modeling of unreturned process of granulation of «Superagro N:P 10:40» fertilizer. The model retrieves calculation of optimal values of technologic parameters based on experimental data. Recommendations for holding the unreturned process of granulation are given. Im.:1 : Bibliogr.: 4

Keywords: mathematic model, unreturned process, fertilizer, indistinct logic.

Надійшла до редакції 31.07.2012