

УДК 678 55; 377.624.2

DOI 10.21661/r-463548

К.С. Шыхалиев, З.Р. Гурбанова

**РАЗРАБОТКА ОПТИМИЗАЦИИ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ СМЕСИ
БЕНТОНИТОВОЙ ГЛИНЫ И ИЛИСТОВОГО ШЛАМА
ГЛИНОЗЕМНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Аннотация: авторами данной статьи показано, что для получения математической модели оптимизации процесса переработки смеси бентонитовой глины и илистового шлама глиноземного производства основным фактором влияния на процесс выхода продукта являются x_1 и x_2 . Полученные модели дают возможность использовать эти данные при изучении процесса переработки смеси бентонитовой глины и илистового шлама.

Ключевые слова: бентонитовая глина, илистый шлам, оптимизация, математическое моделирование, время кристаллизации, выход продукта.

K.S. Shykhaliyev, Z.R. Gurbanova

**OPTIMIZATION AND MATHEMATICAL MODELING DEVELOPMENT
OF THE RECYCLING PROCESS OF THE MIXTURE OF BENTONITE
CLAY AND SILTED SLURRY OF ALUMINA PRODUCTION**

Abstract: according to the authors, the major factor influencing the product yield in obtaining the mathematical model of the recycling process optimization of the mixture of bentonite clay and silted slurry of alumina production is x_1 and x_2 . The obtained models provide the opportunity to use the data in studying the recycling process of the mixture of bentonite clay and silted slurry.

Keywords: bentonite clay, silted slurry, optimization, mathematical modeling, time of crystallization, product yield.

Основные технологические свойства кремнефторидных соединений по сравнению с кремнеоксидными являются химические инертные вещества [1–6].

Поэтому инертные свойства дают возможность получить их из глины и лёгких металлических соединений [7–10].

Для изучения разложения смеси бентонитовой глины и илистового шлама изготавливаем суспензию (таблица 1). С целью оптимизации процесса разложения смеси бентонитовой глины и илистового шлама скремнегексафторидной кислотой нами приведён ряд экспериментов. Результаты экспериментов приведены в таблице 2.

Таблица 1

Состав алюминиево-кремневой суспензии

№	Содержание воды в сырье %	Температура жидкости °С	После добавления кислоты		Продолжение реакции, мин	Состав реакционной пасты, %	
			Температура реакционной смеси, °С	Остаточная кислота, г/л		H ₂ O	AlF ₃
2	12,0	83	93	5,2	15	76,2	10,0
3	12,0	85	95	5,6	15	79,1	13,2
5	10,0	85	96	5,0	15	79,4	14,5

Таблица 2

Результаты экспериментов

№	Соотношение смеси в %		Выход продукта, масс /час.	Время кристаллизации, мин
	Бентонитовая глина	Илистый шлам		
1	100	0	23,8	7
2	95	5	23,0	6,7
2	90	10	22,6	6,2
3	85	15	22,0	5,8
4	80	20	21,5	5,5
5	75	25	20,0	5,0
6	70	30	18,9	6,0
7	65	35	18,2	5,4
8	60	40	17,5	4,6
9	55	45	16,4	5,5

Результаты первичных исследований показали что, на время выхода продукта и на кристаллизации фторида алюминия влияют следующие факторы:

x_1 – содержание бентонитовой глины в смеси, %.

x_2 – содержание илистового шлама в смеси, %.

Как основная функция выбран показатель выхода (y_1) и время кристаллизации (y_2).

Целью выбора интервалов является определение без предварительного нагрева, что ускорит процесс разложения смеси и увеличения выхода продукта фторида алюминия.

Учитывая изменение параметров интервала, процесс получения фтористого алюминия выбран следующим образом:

$$100\% \leq x_1 \leq 45\% ; \text{ и } 0\% \leq x_2 \leq 55\%$$

Результаты эксперимента показаны в таблице 3.

Таблица 3

Сравнения результатов эксперимента в процессе переработки
бентонитовой глины и илистового шлама

№	x_1	x_2	y_{11}	y_{12}	y_{13}	y_{14}	$\overline{\varphi}_1$	S_1^2	y_{21}	y_{22}	y_{23}	y_{24}	$\overline{\varphi}_2$	S_2^2
1	30	0	23,5	24,9	23,0	25,4	24,2	1,29	6,6	5,4	6,2	5,8	6,0	0,27
2	28,5	15	21,0	23,0	21,1	21,1	22,0	1,21	5,5	4,5	5,3	4,7	5,0	0,23
3	25,5	4,5	20,6	20,8	22,6	22,6	21,6	1,09	5,6	6,0	5,3	6,3	5,8	0,19
4	22,5	7,5	21,0	18,8	18,9	18,9	19,9	1,47	5,8	5,2	5,0	6,0	5,5	0,23
5	21	9	18,9	20,3	18,6	18,6	19,6	0,99	5,7	6,0	5,3	5,0	5,5	0,19
6	19,5	10,5	18,4	20,2	18,3	18,3	19,3	1,21	5,0	5,1	6,0	5,9	4,0	0,27
7	18	12	16,0	17,4	17,7	17,7	16,7	0,99	5,5	4,1	4,2	5,4	4,8	0,57
8	16,5	13,5	15,8	14,5	16,0	16,0	15,0	1,09	5,0	6,0	5,1	5,9	5,5	0,27
9	9	21	8,0	10,0	9,8	9,8	9,0	1,09	6,3	5,7	6,5	5,5	6,0	0,61
$\Sigma 10,43 \quad \Sigma 2,63$														

где $\overline{\varphi}_{1i} = \frac{1}{k} \sum_{j=0}^k \varphi_{ey}$; $\overline{\varphi}_1 = \frac{1}{k} \sum_{j=0}^k \varphi_{2y}$

k – количество наблюдаемых экспериментов

Для проверки сравнения данных экспериментов использован критерий Кюхрена:

$$S_{1i}^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{j=1}^k (y_{1j} - \bar{y}_{1i})^2$$

$$S_{2i}^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{j=1}^k (y_{2j} - \bar{y}_{2i})^2$$

$$G_{iP} = \frac{\max S_{1i}^2}{\sum_N S_{1i}^2}$$

Для нашего эксперимента пользуясь таблицей находим:

$$G_{гр} = \frac{1,47}{10,43} = 0,14; G_{гр} = \frac{0,57}{2,63} = 0,22$$

Полученные данные совпадают $r=0,95$ и подтверждают возможность получения результатов эксперимента. В нашем случае количество эксперимента $N=9$, количество свободного

$$f = R - I = 3; G_{гр} = 0,14; G_{гр} = 0,22$$

(в указанной литературе $G_{гр} > 0,403$ не бывает)

Далее рассчитываем возможность дисперсии:

$$S_{1j}^2 = \frac{1}{N(k-1)} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^k (y_{ejt} - \bar{y}_{ij})^2$$

или

$$S_{iE}^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N S_{1j}^2 \quad i=1,2$$

Из таблицы

$$S_{iE}^2 = 1,16 \text{ и } S_{2E}^2 = 0,29$$

В эксперименте y_1 и y_2 бывает смысл функции:

$$y_{1,2} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_1^2 + a_4x_2^2 = a_5x_1x_2 \quad (1)$$

Коэффициент уравнения (a_i) определяется экспериментальным путём [14].

Показатели расчётного параметра математической модели показаны в таблице 4.

Таблица 4

Показатели расчётного параметра математической модели

	a_x	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
y_1	24,23	6593,93	3842,4	- 695,39	-684,28	- 1379,74
y_2	6,03	- 863,36	2335,26	86,32	-233,53	- 147,18

Коэффициенты уравнения проверены на основе студня и подтверждены все коэффициенты:

$$S_{1ad}^2 = \frac{m}{N-1} \sum_{j=1}^N (y_{ij}^3 - y_{tj}^3)^2, j = 1, 9 \quad i = 1, 2$$

где m – количество параллельных экспериментов;

N – количество точек экспериментов.

Совпадения расчётной дисперстности составляет:

$$S_{lag}^1 = 1,15; S_{lag}^2 = 0,51$$

Точность совпадения проверяется жидкостями Фишера:

Если $F_{p,1} < F_T = 33,84$

F_T – для свободной $f_1 = M - 1$; $f_2 = N - 1$; $\alpha = 0,05$

Для жидкости Фишера будет

$$F_{1,p} = 0,99 < 3,84; F_{2,p} = 1,76 < 3,84$$

Полученные данные совпадают с экспериментальными данными.

Все программы организованы на языке алгоритма Фортран, а для расчётов использованы ЭВМ.

Выход продукта, время кристаллизации и разницы экспериментов с расчётными данными проверены, полученные данные показаны в таблице 5.

Таблица 5

Разницы расчета и эксперимента выхода и кристаллизации продукта

№	Выход продукта (Y_1)			Время кристаллизации продукта (Y_2)		
	Эксперимент Y_1^e	Модель Y_1^m	Разница, %	Эксперимент Y_2^e	Модель Y_2^m	Разница, %
1	24,2	24,2	0,0	6,0	6,0	0,0
2	22,0	22,5	-2,3	5,0	5,0	0,0
3	21,6	21,2	2,2	5,8	5,65	2,8
4	19,9	19,9	0,0	5,5	5,68	-2,9
5	19,6	19,7	-0,6	5,5	5,46	1,0
6	19,3	18,7	3,0	4,0	4,8	12,8
7	16,7	16,2	3,4	4,8	5,38	11,8

8	15,0	14,9	0,7	5,5	5,25	4,7
9	9,0	9,2	-2,2	6,0	5,92	1,3

Экспериментальный расчёт где Y_1^E, Y_1^M – соответственные выход и время кристаллизации продукта.

Как видно из таблицы расхождения расчётного выхода и экспериментальные данные в среднем составляют всего 1,6% и 3,1%. Это данные допустимой нормы в инженерных расчётах.

Полученные модели можно успешно использовать при оптимизации процесса распада фторида алюминия на основе бентонитовой глины и илистого шлама.

Список литературы

1. Костилов А.Д. Импульсные машины для горного и строительного производства / Из-во Институт горного дела. – 1999. – 97 с.
2. Ветюгов А.В. Способ активации бентонитной глины / А.В. Ветюгов, Л.И. Володин, В.Е. Мальцева. – Патент РФ 2199504.
3. Овчаренко Ф.Д. Украинский бентонитый, геология, минералогия, физхимия и применения в народном Укр. ССР. – Из-во Академиит. – 1958. – 98 с.
4. Алферов В.В. Каталитическая активность природных и искусственных цеолитов в процессах газификации и пиролиза торфа. катализ в промышленности / В.В. Алферов, О.С. Мисников, О.В. Кислица, Э.М. Сульман [и др.]. – 2006. – №6. – С. 42–46.
5. Бочкарев В.В. Оптимизация химико-технологических процессов. – Томск: Из-во Томского Политехнического Университета, 2014. – С. 264.
6. Tarasevch Yn.I. Stucture and chemistry of sandwichtyre sieicates surface. – Kiev: Наукова думка, 1988. – 249 p.
7. Huber G.W. Synthesis of Transportation Fuels from Chemistry, Catalysts, and Enginceing. Chem -Rev., 2006. – Vol. 106. – №9.
8. Путушкин А.И. Алгоритм структурной оптимизации технологического процесса при дефиците на его выполнение. Фундаментальная исследования

А.И. Путушкин, Д.В. Решетников, А.С. Кокарев, А.В. Трудов. – 2015. – №11–5. – С. 918–922.

Шыхалиев Карам Сефи – д-р техн. наук, профессор кафедры «Органические вещества и технология ВМС» Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности, Азербайджан, Баку.

Shykhaliyev Karam Sefi – doctor of technical sciences, professor of the Department “Technology of organic substances and “NAVY” at Azerbaijan State University of Oil and Industry, Azerbaijan, Baku.

Гурбанова Зумруд Рамазан кызы – канд. техн. наук, доцент кафедры «Химия и технология неорганических веществ» Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности, Азербайджан, Баку.

Gurbanova Zumrud Ramazan kyzy – candidate of technical sciences, associate professor of the Department «Chemistry and Technology of Inorganic Substances» at Azerbaijan State University of Oil and Industry, Azerbaijan, Baku.
