

**В.А. СВЕРГУНОВА, А.С. САВЕНКОВ**, докт. техн. наук, профессор,  
**И.С. БЕЛОГУР**, канд. техн. наук, ассистент

### Определение кинетических уравнений нейтрализации азотнокислотного раствора из низкосортных фосфоритов Украины

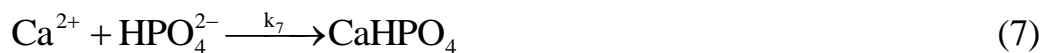
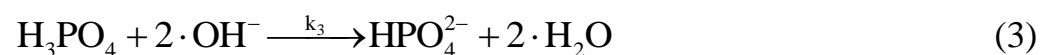
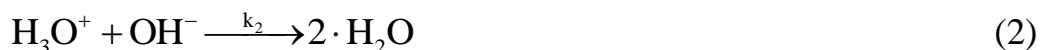
Получение информации о кинетике химико-технологического процесса, является необходимым условием для последующего моделирования его в промышленном масштабе. Для определения показателей непрерывного процесса следует детально изучить закономерности отдельных стадий, чтобы получить математическое описание в виде системы уравнений, решение которой позволит предсказать характер его протекания. Особое значение это имеет при изучении гетерогенных процессов, скорость которых зависит не только от концентрации реагентов и температуры, но и от состояния агломератов вещества, в конденсированном состоянии.

Наиболее важной стадией технологии NP – удобрений, является стадия нейтрализации маточного раствора полученного путем разложения азотной кислотой низкосортного фосфорита [1, 2].

Для нейтрализации азотнокислотной вытяжки использовали гидрат аммиака (~25 %) и при pH=3 получен раствор жидких комплексных удобрений, содержащих N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CaO.

Выведены прогнозируемые маршруты в многокомпонентных химических системах. Выведенные модели адекватны экспериментальным данным и позволяют целенаправленно управлять процессом нейтрализации азотнокислотным раствором аммиака для получения удобрения.

Маршруты реакций представлены системой уравнений (1) – (7):



Кинетическая модель имеет следующий вид:

$$W(t, x) := \begin{bmatrix} x_1 \cdot x_2 \cdot k_{01} - x_0 k_1 \\ x_0 \cdot k_1 - x_1 \cdot x_2 \cdot k_{01} \\ x_0 \cdot k_1 - 2 \cdot (x_2)^2 \cdot x_5 \cdot k_3 - 3 \cdot (x_2)^3 \cdot x_8 \cdot k_5 - x_1 \cdot x_2 \cdot k_{01} - x_2 \cdot x_3 \cdot k_2 - x_2 \cdot x_6 \cdot k_4 \\ -x_2 \cdot x_3 \cdot k_2 \\ 2 \cdot (x_2)^2 \cdot x_5 \cdot k_3 + 2 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot k_2 + x_2 \cdot x_6 \cdot k_4 \\ -(x_2)^2 \cdot x_5 \cdot k_3 \\ x_5 \cdot k_3 \cdot (x_2)^2 - x_6 \cdot k_4 \cdot x_2 - x_6 \cdot x_{11} \cdot k_7 \\ x_2 \cdot k_4 - x_7 \cdot x_8 \cdot k_6 \\ -x_8 \cdot k_5 \cdot (x_2)^3 - x_7 \cdot x_8 \cdot k_6 \\ (x_2)^3 \cdot x_8 \cdot k_5 \\ x_7 \cdot x_8 \cdot k_6 \\ -x_6 \cdot x_{11} \cdot k_7 \\ x_6 \cdot x_{11} \cdot k_7 \end{bmatrix} \quad (8)$$

где  $W$  – скорость  $i$ -ой реакции при заданной температуре  $t$  и начальных концентраций ионов;

$x$ ;  $x_0 \dots x_{12}$  – начальная концентрация катионов и анионов, моль:

$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}, \text{NH}_4^+, \text{OH}^-, \text{H}_3\text{O}^+, \text{H}_2\text{O}, \text{H}_3\text{PO}_4, \text{HPO}_4^{2-}, \text{PO}_4^{3-}, \text{Fe}^{3+}, \text{Fe}(\text{OH})_3, \text{FePO}_4, \text{Ca}^{2+}, \text{CaHPO}_4$ ;

$k_1 \dots k_7$  – константы скоростей реакций по маршрутам.

Для нахождения констант скоростей использовали полученные экспериментальные данные и математический пакет Mathcad. Решением системы уравнений (8) были определены константы скоростей и изменение концентраций реагирующих веществ во времени за  $\tau=30$  мин. Выведенные модели адекватны экспериментальным данным и позволяют целенаправленно управлять процессом нейтрализации азотнокислотного раствора аммиаком.

### Список литературы:

1. Белогур И.С. Исследование кинетики разложения Ново-Амвросиевского концентрата азотной кислотой / И.С. Белогур, А.С. Савенков и др. // Вопросы химии и химической технологии. 2006. – №5. - С.61-62.

2. Богачев Б.Г. Определение кинетических параметров химико-технологического процесса / Б.Г. Богачев // Химическая промышленность. – 1992. - №11. - С. 40-42.