

# РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ ОДЕРЖАННЯ НАТРІЙ ТЕТРАБОРАТУ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕМАТИЧНОГО ПАКЕТУ MATHCAD

Володимир Богун, О.Л. Сєдих, С.В. Маковецька, В.М. Іщенко *Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** Матеріальний баланс хіміко-технологічної системи складають на основі закону збереження маси, відповідно до якого маса речовин, що надходить у систему (вступають в реакцію) дорівнює масі речовин, що виходять з системи (утворюються в результаті реакції).

Матеріальний баланс в загальному вигляді можна представити рівнянням:

$$\sum G_{\text{вх}} = \sum G_{\text{вих}} + \sum G_{\text{вт}} \quad (1)$$

де  $G_{\text{вх}}$  - маса речовин, що надходять в систему;  $G_{\text{вих}}$  - маса речовин, що виходять з системи;  $G_{\text{вт}}$  - втрати речовини.

Матеріальний баланс для окремого компоненту може бути записаний в наступному вигляді:

$$\sum G_{\text{вх}} X_{i\text{вх}} = \sum G_{\text{вих}} X_{i\text{вих}} + \sum G_{\text{вт}} X_{i\text{вт}} \quad (2)$$

де  $X_{i\text{вх}}$ ,  $X_{i\text{вих}}$ ,  $X_{i\text{вт}}$  - масові долі і-го компоненту у відповідних масових потоках.

Використовуючи рівняння (1) та (2), легко розрахувати матеріальний баланс однієї речовини.

Для хімічних процесів складання матеріального балансу доцільно починають з запису рівняння хімічної реакції. З урахуванням стехіометричних коефіцієнтів сума молярних мас реагентів повинна дорівнювати сумі молярних мас продуктів реакції. Потім складають схему матеріальних потоків. В розрахунках потрібно враховувати кількість сировини, що не прореагувала, втрати реагентів, які вступають у реакцію і масу готового продукту.

Запишемо рівняння матеріального балансу для елементарного об'єму проточного хімічного реактору:

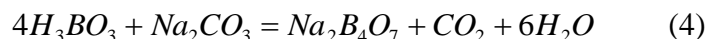
$$\frac{\partial C_i}{\partial \tau} + v \text{grad} C_i = D \nabla^2 C_i - I_i \quad (3)$$

де  $C_i$  - молярна концентрація і-ої речовини;  $D$  - коефіцієнт дифузії;  $I_i$  - потужність стоку (або джерела) і-ої речовини;  $v$  - швидкість потоку;  $\tau$  - час.

В рівнянні (3) доданок  $\frac{\partial C_i}{\partial \tau}$  враховує відхилення роботи апарату від стаціонарного режиму, доданок  $v \text{grad} C_i$  характеризує конвективний переніс речовини, доданок  $D \nabla^2 C_i$  відображує дифузійний перенос речовини.

**Матеріали і методи.** Рівняння (3) досить складне і не може бути розв'язане в загальному вигляді. Використовуючи фізично обґрунтовані припущення, рівняння (3) можна спростити. При цьому математична модель апарату зводиться до так званої краєвої задачі. Варіюючи параметрами моделі, початковими та граничними умовами різного ступеня складності можна отримати часткові рішення цього рівняння.

В роботі розглянуто складання матеріального балансу отримання 1000 кг бури при взаємодії борної кислоти з 20% водним розчином кальцинованої соди [1]. Рівняння реакції має вигляд:



Ступінь перетворення борної кислоти складає 80%. Кальцинована сода береться в 10% надлишку від стехіометричної кількості.

Схема матеріальних потоків представлена на рисунку 1.

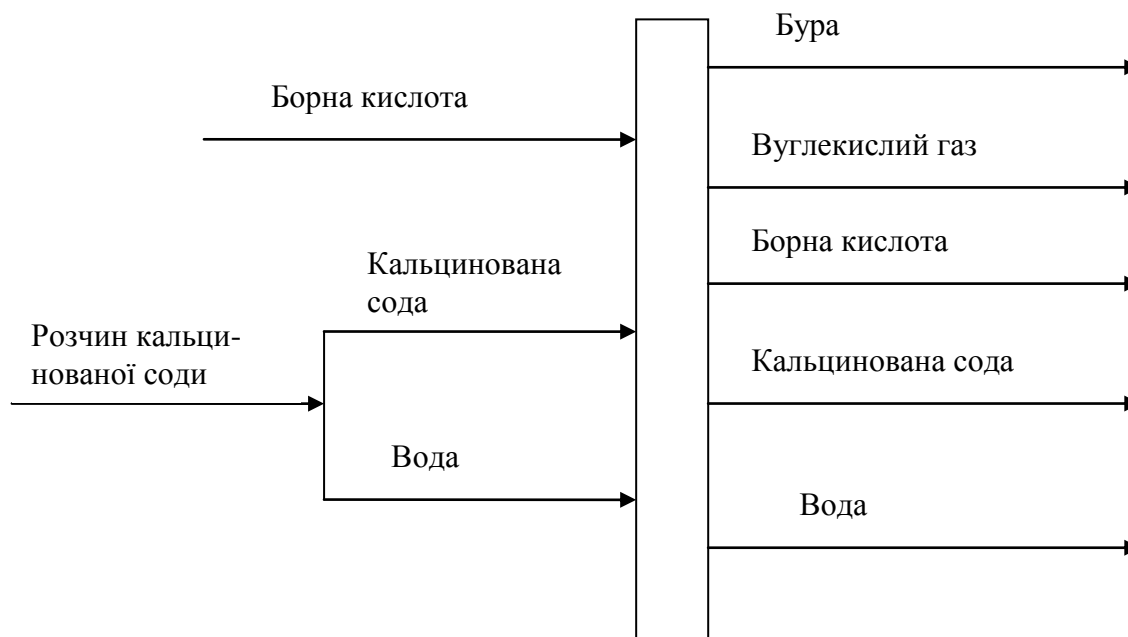


Рис. 1. Матеріальні потоки одержання натрій тетраборату  
Всі розрахунки виконувались за допомогою математичного пакету MathCad [2,3].

Результати розрахунків представлені в таблиці.

#### Результати.

#### Матеріальний баланс отримання натрій тетраборату (бури)

Речовини, що вводяться в систему			Речовини, що виводяться із системи		
Назва речовини	m, кг	w, %	Назва речовини	m, кг	w, %
Борна кислота	1534,65	43,71	Бура	1000	22,62
Кальцинована сода	577,23	13,06	Вуглекислий газ	217,82	4,93
Вода	2308,91	52,23	Борна кислота	306,93	6,94
			Кальцинована сода	52,48	1,19
			Вода	2843,56	64,32
Всього	4420,79	100	Всього	4420,79	100

**Висновки.** Як видно із таблиці, представлені результати характеризуються задовільною правильністю та точністю.

В нинішній час майже всі науково-технічні розрахунки ведуться на комп'ютерах. Для науково-технічних розрахунків, в тому числі і за хімічною проблематикою, зручно використовувати математичний пакет Mathcad, в середовищі якого можна успішно вирішувати хімічні задачі. Пакет Mathcad є безперечним лідером серед математичного програмного забезпечення з інтерфейсом, який максимально наближає зовнішній вигляд документів до традиційних розрахунків «на папері». Мова введення формул проста і зрозуміла інтуїтивно. Використання пакету Mathcad в розрахунках процесів і апаратів хімічної технології дає можливість значно скоротити час від дослідження процесу до його впровадження в промисловість.

#### Література

1. Карякин Ю.В., Ангелов И.И. Чистые химические вещества. М : Химия, 1974. – 407 с.
2. Васильев А.Н. Mathcad 13 на примерах / С–Пб. : БХВ Петербург, 2006. – 512 с.
3. Гурский Д. А., Турбина Е. С. Вычисления в MathCAD 12. – СПб. : Питер, 2006. – 544 с.