

## ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕБІГУ ПРОЦЕСІВ ЗМІНИ ВМІСТУ ЗАМКНЕНИХ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Мартин Є.В., д. т. н.,

Рак Т.Є., к. т. н.,

Ренкас А.Г., к. т. н.,

Малець І.О., к. т. н.

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Тел. (032) 233-00-55

**Анотація** – подаються результати розроблення та дослідження геометричних і комп'ютерних моделей перебігу процесів у замкнених технічних об'єктах, резервуарах, куди поступають і звідки виходять інгредієнти, різні за фізичною природою.

**Ключові слова** - замкнений технічний об'єкт, фазовий багатовимірний простір, простір стану, суміш, траєкторії руху, геометричне моделювання, комп'ютерна модель.

*Постановка проблеми.* Перебіг багатьох технологічних процесів у виробництві, пожежній справі часто вимагає використання сумішей речовин з постійною концентрацією їх складових елементів. Вплив багатьох параметрів на формування сумішей із заданими властивостями вимагає розроблення адекватних процесові моделей стосовно проведення порівняльного аналізу взаємодії складових чинників формування суміші.

*Аналіз останніх досліджень.* В працях, присвячених дослідженням перебігу процесів хімічної технології, приділяється достатня увага вивченню сумішей речовин [1,2], розробленню геометричних моделей механізмів для одержання сумішей належної якості [3]. Часто використовують математичні моделі процесів, за якими концентрація речовини в суміші зменшується [4,5].

*Формулювання цілей статті.* Розроблення геометричної моделі перебігу процесів у резервуарі з постійною концентрацією речовини в суміші при зміні кількох технологічних параметрів.

*Основна частина.* При подачі в резервуар розчиненої речовини у воді, яка поступає в резервуар з постійною швидкістю, витікання суміші супроводжується зменшенням концентрації речовини в суміші.

В момент часу  $t$  кількість речовини  $a$ , яку потрібно подавати в замкнений технічний об'єкт, резервуар,

$$a = A - x, \quad (1)$$

де  $A$  – кількість речовини в резервуарі при  $t = 0$ ,

$x$  – кількість речовини в резервуарі в момент часу  $t$ .

За умови постійних швидкостей подачі води  $m$ , л/хв., і витікання суміші  $n$ , л/хв., об'єм  $V$  суміші в резервуарі

$$V = A + d + (m - n) \cdot t, \quad (2)$$

де  $d$  - кількість води в резервуарі при  $t = 0$ .

Кількість речовини, яку потрібно подати в резервуар, дорівнює кількості речовини  $\Delta x$ , яка витікає з резервуару за проміжок часу  $\Delta t$ :

$$\Delta x = - \frac{x \cdot n \cdot \Delta t}{V}, \quad (3)$$

Диференціальне рівняння перебігу процесу зменшення речовини в суміші має вигляд:

$$\frac{dx}{dt} = - \frac{x \cdot n}{V}. \quad (4)$$

Отже, сума логарифмів інгредієнтів, що знаходяться в замкнутому технічному об'єкті, є величина стала

$$\ln C = \ln/x/ + (n/(m-n)) \cdot \ln/A+d+(m-n) \cdot t/. \quad (5)$$

З урахуванням початкових умов,  $x = A$  при  $t = 0$ , рівняння процесу має вигляд:

$$x = A \left( \frac{A+d}{A+d+(m-n) \cdot t} \right)^{\frac{n}{m-n}}. \quad (6)$$

При однакових швидкостях подачі води  $m$  і витікання суміші з резервуару  $n$  рівняння (4) має вигляд:

$$\frac{dx}{dt} = - \frac{x \cdot n}{A+d}. \quad (7)$$

З рівняння (7) перебігу процесу зміни інгредієнтів суміші визначаємо сталу  $C_1$

$$\ln C_1 = \ln/x/ + \frac{n \cdot t}{A+d}. \quad (8)$$

Відповідно до прийнятих умов кількість речовини в суміші зменшується за експоненціальним законом :

$$x = A \cdot e^{-\frac{n}{A+d} \cdot t}. \quad (9)$$

Кількість речовини  $a$ , яку потрібно подати в резервуар при різних швидкостях  $m$  і  $n$ ,

$$a = A \left( 1 - \left( \frac{A+d}{A+d+(m-n) \cdot t} \right)^{\frac{n}{m-n}} \right). \quad (10)$$

На практиці часто мають місце обмеження щодо подачі тих чи інших складових суміші. Зокрема, при відсутності практичної можливості подачі води,  $m=0$ , рівняння (10) подамо у вигляді

$$a = \frac{A \cdot n}{A+d} t. \quad (11)$$

Геометричною моделлю (10) слугує гіперповерхня охоплюючого шестивимірного простору стану  $OAamndt$ , яка подає динаміку процесу при змінних його параметрах. Її проекція у паралельному осі  $Ot$  напрямі дозволяє формувати багатовид утвореного п'ятивимірного фазового простору стосовно проведення аналізу взаємопов'язаних змінних параметрів  $A, a, m, n, d$ . Перерізи гіперповерхні  $a=a(A,m,n,d,t)$  п'ятивимірними координатними підпросторами являють частинні випадки графічних залежностей двох параметрів, зокрема,  $a=a(t)$  на рис.1.

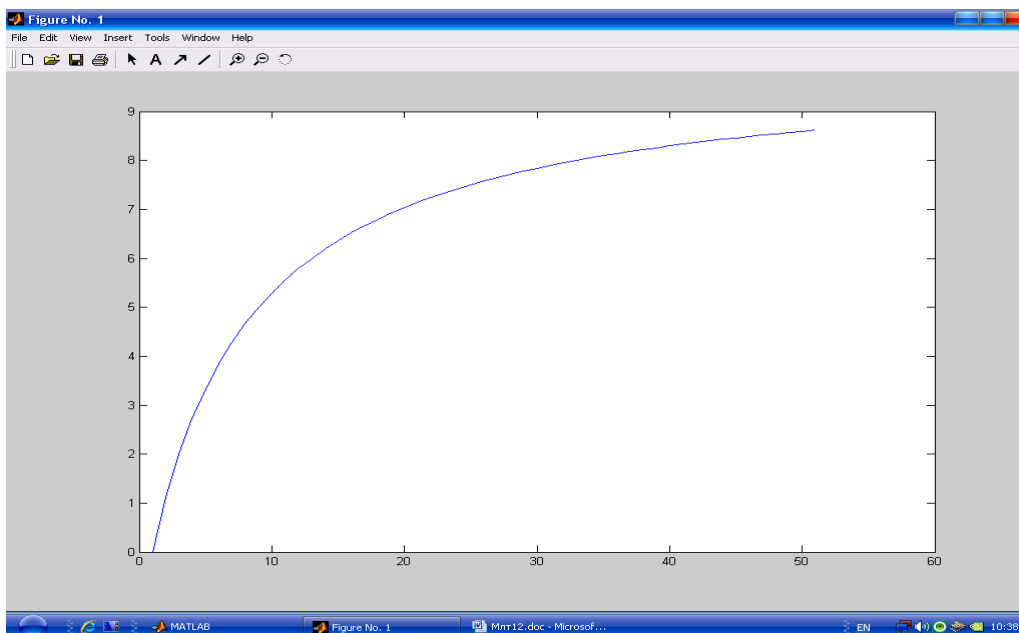


Рис.1.Перебіг процесу заповнення резервуара при  $m/n=2$  .

Кількість речовини  $a$ , яку потрібно подати в резервуар при однакових швидкостях  $m = n$ , визначається залежністю (рис.2)

$$a = A \left( 1 - e^{-\frac{n}{A+d} t} \right). \quad (12)$$

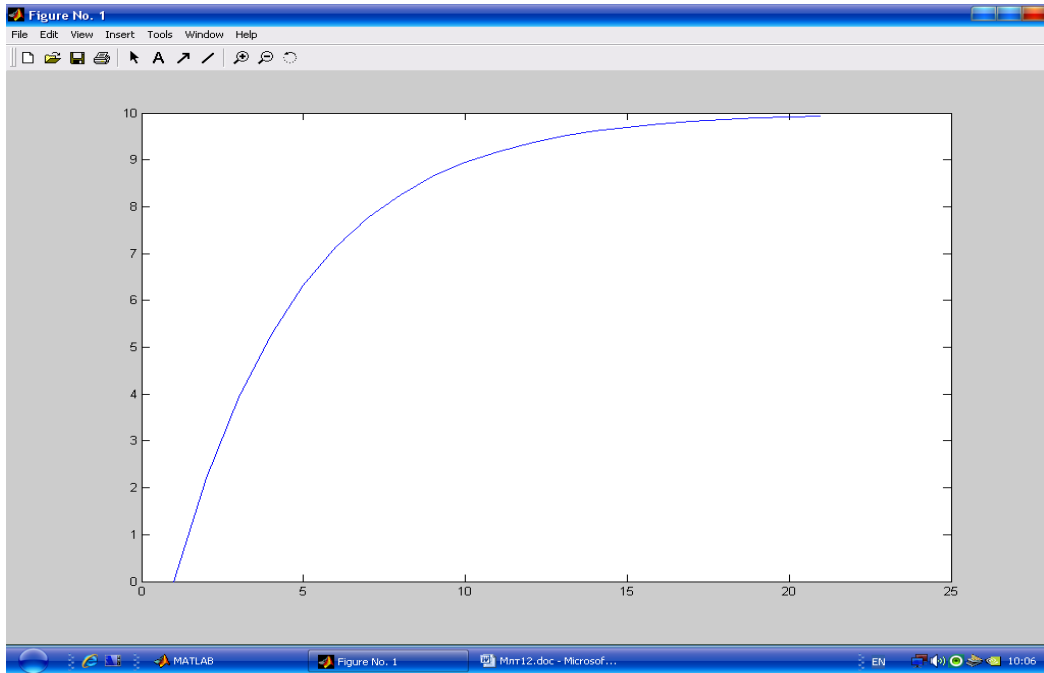


Рис.2.Перебіг процесу заповнення резервуара при  $m=n$ .

При постійних значеннях кількості речовини та води в резервуарі для значення  $t=0$  геометричною моделлю процесу слугує чотиривимірний простір стану  $Oamt$  для різних значень швидкостей і тривимірний простір стану  $Oant$  при однакових швидкостях подачі води і витікання суміші. Стале значення  $n$  дозволяє формувати моделі процесу як поверхні тривимірного простору стану  $Oamt$  на рис.3.

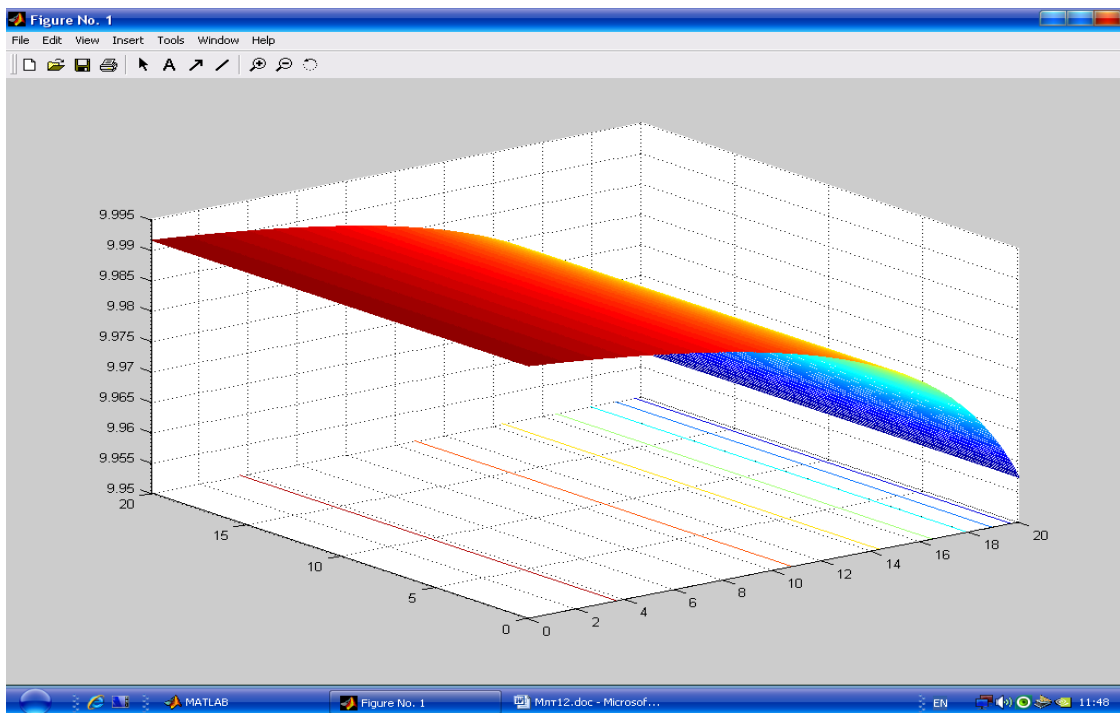


Рис.3.Перебіг процесу заповнення резервуара при зміні  $m$  і  $t$ .

*Висновок.* Геометрична модель процесу формування однорідних сумішей дає змогу визначати вплив одночасно декількох параметрів на однорідність суміші. Подібні геометричні моделі можуть бути інтерпретовані для одержання сумішей розмаїтих складових елементів.

Література

1. *Солтис М. М.* Теоретичні основи процесів хімічної технології: Навчальний посібник / М. М. Солтис, В. П. Закордонський. - Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2003. – 430 с.
2. *Рудавський Ю. К.* Математичні методи в хімії та хімічній технології: Навчальний посібник / Ю. К. Рудавський, Є. М. Мокрій, З. Г. Піх. – Львів: Світ, 1993.- 206 с.
3. *Дашкевич А. О.* Геометричне моделювання біпланетарного механізму / А. О. Дашкевич / Геометричне та комп'ютерне моделювання: Зб. наук. праць. –Харків: ХДУХТ, 2009. - №25. – С. 165 – 169.
4. *Болтов В. А.* Сборник задач по математике / В. А. Болтов, Н. В. Ефимов. –М.: Наука, 1996. – 326 с.
5. *Кудрявцев В. А.* Краткий курс высшей математики / В. А. Кудрявцев, Б. П. Демидович. - Наука, 1989. – 656 с.

## **ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТЕКАНИЯ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ЗАМКНУТЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

Мартын С.В., Рак Т.С., Ренкас А.Г., Малець И.О.

**Аннотация** - подаються результати розробки і дослідження геометричних і комп'ютерних моделей протекання процесів в замкнутих технічних об'єктах, резервуарах, куди поступають і откуда виходять інгредієнти, різні по фізическій природі.

## **GEOMETRICAL MODELING OF THE FLOW OF THE PROCESSES OF THE CONTENT CHANGES IN CLOSED**

E. Martyn, T. Rak , A. Renkas, I. Malets

### *Summary*

**The article presents the results of the research of geometrical models of processes of flow in closed technical objects and containers in which the ingredients of different physical nature flow to and out.**