

П. О. Колтак

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОДОВЖНЬОГО ПЕРЕМІШУВАННЯ РІДИНИ НА БАРБОТАЖНИХ МАСОБМІННИХ ТАРІЛКАХ РІЗНИХ ТИПІВ

У статті описані результати дослідження перемішування рідини на барботажних тарілках різних типів, досліджено існуючі моделі подовжнього перемішування рідини різними методами, запропонована для обробки експериментальних даних кореляція. У статті описані результати дослідження перемішування рідини на барботажних тарілках різних типів, досліджено існуючі моделі подовжнього перемішування рідини різними методами, запропонована для обробки експериментальних даних кореляція

Ключові слова: ефективний коефіцієнт дифузії, функції розподілу, оптимізація, математична модель

1. Вступ

Дослідження про які йде мова в доповіді відносяться до галузі хімічного машинобудування. Сучасна тенденція широкого використання в хімічній, нафтохімічній, харчовій та інших галузях промисловості колонних апаратів з барботажними тарілками різних типів передбачає вирішення безлічі проблем, пов'язаних з пошуком їх оптимальних конструкцій, режимів роботи, а також математичного опису процесів, що відбуваються в них. Без вирішення цих проблем немає можливості ефективного вирішення проблеми інтенсифікації процесів і створення агрегатів великої одиничної потужності. Тому дослідження, про які йде мова в доповіді, є актуальними.

2. Постановка проблеми

Ефективне проведення різних хімічних, масообмінних та інших процесів із заданим комплексом характеристик неможливий без вивчення математичних моделей гідродинамічної обстановки всередині апаратів.

3. Основна частина

3.1. Аналіз літературних джерел за темою дослідження

Математична модель всякого процесу хімічної технології, в якому відбувається масообмін, визначається гідродинамічними параметрами. Вона характеризується насамперед розподілом часу перебування частинок речовини в розглянутому апараті. Функція розподілу являє собою щільність ймовірності розподілу випадкової величини – часу перебування часток потоку в масообмінних системах. Ця функція називається диференціальною функцією розподілу.

В роботі [1] показано, що вона є відгуком відносної концентрації на виході з каналу на імпульсне введення індикатора в початковий момент на вході.

Питання, пов'язані з функціями розподілу, роз-

глянуті в статтях Плановского А.Н., Артамонова Д.С., Чехова О.С. і Касаткіна А.Г. [3, 4]

Для характеристики статистичних функцій розподілу застосовуються початкові статистичні моменти розподілу [1].

Досить повна класифікація моделей подовжнього перемішування дана в роботах [1, 2, 5].

Питання подовжнього перемішування у масообмінних апаратах досліджувалися у роботі [6] для процесу твердофазного екстрагування.

Двохпараметрична дифузійна модель ґрунтується на обліку перемішування потоків речовини в каналі як у подовжньому напрямку, яке характеризується коефіцієнтом подовжнього перемішування D_L , так і в радіальному, яке характеризується коефіцієнтом радіального перемішування D_R . Якщо прийняти швидкість руху потоку в каналі циліндричної форми радіуса R постійною по довжині і перетину, то рівняння двоохпараметричної дифузійної моделі буде мати вигляд [1]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\bar{u} \frac{\partial C}{\partial x} + D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_R \cdot \frac{1}{R} \cdot \frac{\partial}{\partial R} \left(R \cdot \frac{\partial C}{\partial R} \right),$$

де C – концентрація; t – час; \bar{u} – середня швидкість рідини; x – лінійна координата.

Осередкова модель подовжнього перемішування ґрунтується на аналогії перемішування речовини в каналі повного перемішування в окремих осередках, з'єднаних послідовно між собою, і відсутності перемішування між осередками.

Осередкова модель описується системою диференціальних рівнянь:

$$\frac{dC_{uk}}{dt} = \frac{n}{\bar{\tau}} (C_{u(k-1)} - C_{uk}),$$

де C_{uk} – інтегральна функція розподілу; $k=1,2,3, \dots$; n – число осередків повного перемішування; $\bar{\tau}$ – середній час перебування рідини в каналі.

У реальних умовах жодна з моделей точно описувати процес перемішування в апараті не може. Тому становить інтерес проаналізувати залежність між цими величинами в процесі роботи конкрет-

ного масообмінного пристрою.

3.2. Результати досліджень

Проведено дослідження моделі поздовжнього перемішування з використанням статистичних характеристик, початкових моментів 2, 3 і 4 порядків, моди кривої розподілу і щільності ймовірності моди, а також порівняння експериментального значення критерію Фішера з його табличними даними. Порівняння дифузійної і осередковою моделі показало, що на всіх досліджуваних типах тарілок процес перемішування більш точно описується дифузійною моделлю.

Основна серія дослідів по подовжньому перемішуванню рідини проводилася на лотку стенду гідродинамічних випробувань під атмосферним тиском на системі повітря–вода. Для визначення ефективного коефіцієнта дифузії був прийнятий імпульсний метод, який характеризується тим, що в початковий момент часу на вході в канал в потік рідини миттєво вводиться імпульс – певна кількість індикатора. В якості індикатора застосовувався електроліт – водний розчин кухонної солі (NaCl). Імпульсний метод вимагає рівномірного і миттєвого введення імпульсу по всьому перерізу лотка. Для організації миттєвого введення імпульсу по всьому перерізу було застосовано спеціальний пристрій. Для дослідження перемішування рідини на гідродинамічному лотку використовувалися три осередки. Проводили дослідження по вивченню впливу на величину ефективного коефіцієнта дифузії кількості та концентрації імпульсу, а також положення місця відбору по ширині лотка. Для зручності обробки результатів на ЕОМ були складені емпіричні рівняння калібрувальних кривих. Для дослідження моделей поздовжнього перемішування і розрахунку ефективного коефіцієнта дифузії використовувалися статистичні характеристики диференціальної функції розподілу: моменти розподілу, показник асиметрії, ексцес, мода і щільність ймовірності моди. Рівняння вирішувалися методом розподілу відрізка навіпіл на ЕОМ і по знайденим значенням B визначалися ефективні коефіцієнти дифузії за формулою:

$$D_3 = \frac{l^2}{B \cdot \tau},$$

де l – довжина шляху рідини; B – критерій Боденштейна.

Проведено аналіз описаних в літературі структур емпіричних залежностей для розрахунку ефективного коефіцієнта дифузії. Показано, що введення в рівняння математичної моделі висоти переливний планки підвищує її точність. Запропоновано для обробки експериментальних даних наступна кореляція:

$$D_3 = \sqrt{\frac{A^3 h_0^3 \sqrt{u \cdot w^3}}{h_n}},$$

де h_0 – статичний тиск; u – швидкість рідини; w – швидкість газу; h_n – висота зливної перегородки.

Всі експериментальні дані описуються цим рівнянням з розкидом не перевищуючим 18% зі значеннями для:

- сітчастої тарілки з $d = 3$ мм $A = 0,291$;
- сітчастої тарілки з $d = 12,4$ мм $A = 0,314$;
- ковпачкової тарілки $A = 0,193$;
- клапанної тарілки $A = 0,213$;
- дюзово-екранованої $A = 0,277$;
- тарілки з направленим введенням $A = 0,273$.

Література

1. Кафаров, В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии [Текст] / В.В. Кафаров. – М.: Химия, 1976. – 463с.
2. Кафаров, В.В. Основы массопередачи [Текст] / В.В. Кафаров. – М.: Высшая школа, 1979. – 439с.
3. Плановский, А.Н. Массопередача в жидкой фазе в барботажных тарельчатых аппаратах [Текст] / А.Н. Плановский, Д.С. Артамонов, О.С. Чехов // Химическое машиностроение. – 1960. – №1. – С.13-16.
4. Плановский, А.Н. К вопросу о расчете тарельчатых аппаратов [Текст] / А.Г. Касаткин, А.Н. Плановский // Химическая промышленность. – 1955. – №3. – С.152-156.
5. Сидягин, А.А. Модель барботажной тарелки с застойными зонами [Текст] / Сидягин А.А. // Химическая промышленность. – 1998 – №11 – С. 285; С.710-714.
6. Ненько, М.В. К вопросу расчета процесса экстрагирования в системе твердое тело – жидкость [Текст]/ материалы Сьомої Міжнародної науково-практичної конференції, 28-30 листопада 2011 р. / М.В. Ненько, В.В. Гончаров // Розвиток наукових досліджень. – Полтава: „ІнтерГрафіка”, 2011.– С.73-74.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЖИДКОСТИ НА БАРБОТАЖНЫХ МАССООБМЕННЫХ ТАРЕЛКАХ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

П. А. Колтак

В статье описаны результаты исследования перемешиваемости жидкости на барботажных тарелках различных типов, исследованы существующие модели продольного перемешивания различными методами, предложена для обработки экспериментальных данных корреляция

Ключевые слова: эффективный коэффициент диффузии, функции распределения, оптимизация, математическая модель

Павел Алексеевич Колтак, магистрант кафедры машин и аппаратов химических производств Института химических технологий (г. Рубежное) Восточноукраинского национального университета им. Владимира Даля, тел. (066)301-89-33

STUDY OF LONGITUDINAL MIXING LIQUID ON BUBBLING MASS TRANSFER VARIOUS TYPES OF PLATE

P. Koltak

This article describes the results of a study mixing liquid bubbling bowls of different types, explored existing models longitudinal mixing different methods proposed for the analysis of experimental data correlation

Keywords: effective diffusion coefficient, distribution functions, optimization, mathematical model

Paul Koltak, undergraduate of the department of machinery and devices of chemical productions Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, tel. (066)301-89-33