

Р. А. Думнов

## ВІДНЕСЕННЯ РІДКОЇ ФАЗИ У ВІДЦЕНТРОВОМУ АПАРАТІ

Виявлено основні закономірності, що впливають на віднесення рідкої фази у відцентровому тепло-масообмінному апараті. Експериментально вивчений вплив робочих параметрів – щільності зрошення, швидкості газу, числа оборотів ротора на величину сумарного віднесення рідкої фази

**Ключові слова:** відцентровий тепло-масообмінний апарат, бризковіднесення, гідродинамика

### 1. Вступ

Дослідження відносяться до галузі хімічного машинобудування. Загальною тенденцією розвитку хімічної галузі є збільшення обсягів виробництва, що обумовлено необхідністю розширення асортименту продукції. У сучасних умовах основними вимогами до обладнання для тепломасообміну є: висока ефективність, стійкість роботи при широких коливаннях кількості робочих фаз, компактність.

### 2. Постановка проблеми

Інтенсифікація процесів тепломасопередачі у роторному вихровому апараті може бути досягнута за рахунок того, що взаємодія між фазами здійснюється в умовах підвищеної турбулентності потоків завдяки впливу ротора. Крім того, існує можливість створення високої площі поверхні міжфазного контакту в одиниці об'єму за рахунок утворення тонких плівок і дрібних крапель рідини й газу. Відомо, що збільшення швидкості руху фаз в масообмінних пристроях приводить до різкого зростання коефіцієнта масоопередачі, але одночасно супроводжується зростанням втрат продукту за рахунок віднесення рідкої фази. Однак мала вивченість даного питання не дозволяє досить широко і ефективно використовувати відцентровий ефект в масообмінних апаратах.

### 3. Основна частина

#### 3.1. Аналіз літературних джерел по темі дослідження

В роботах [1-3, 7,8] розглянуто конструкції та принцип дії основних машин і апаратів, які застосовуються в сучасних галузях промисловості. Викладено теоретичні відомості про технологічні процеси, які реалізуються в обладнанні. Проведено аналіз переваг та недоліків даних конструкцій. Зроблено акцент на найважливіших конструкційних параметрах технологічного обладнання.

#### 3.2 Результати досліджень

В роботах [4-6] описано дослідження процесу віднесення бризків у відцентровому тепломасообмінному апараті.

Дослідження окремих джерел віднесення рідкої фази дозволило встановити вклад кожного з них в сумарну величину віднесення рідини і обґрунтовано підійти до опису явища, визначив основні напрями зниження віднесення на контактному елементі відцентрового тепло-масообмінного апарату.

Величина віднесення рідкої фази за рахунок дрібнодисперсних крапель, понесених потоком газу (пара) з факела розпорошеної рідини може бути визначена таким чином

$$e_1 = \sum_{i=1}^{k_c} \int_0^{d_{\max}} \frac{1}{\sqrt{2\pi S}} \exp\left[-\frac{(d_{\max} - d_i)^2}{2S^2}\right] Q_c dd_i. \quad (1)$$

Для опису руху крапель у факелі на контактному елементі скористаємося математичною моделлю руху одиночної сферичної краплі в прямокутній системі координат, жорстко пов'язаній з контактним елементом. Рух такої краплі визначається відцентровою силою тяжіння і силою опору газової (паровий) фази. Сила Архімеда мала і нею нехтуємо. Система простих диференціальних рівнянь, описує положення і швидкість краплі у вільному об'ємі контактного елемента:

$$\begin{aligned} \frac{dX}{d\tau} &= U_x & \frac{dU_x}{d\tau} &= -\zeta F \frac{(U_x - U \cos \gamma \sin \theta)^2}{2m} P_r \\ \frac{dY}{d\tau} &= U_y & \frac{dU_y}{d\tau} &= -\zeta F \frac{(U_y - U_r \cos \gamma \cos \theta)^2}{2m} P_r \\ \frac{dZ}{d\tau} &= U_z & \frac{dU_z}{d\tau} &= -\zeta F \frac{(U_z - U \sin \gamma)^2}{2m} P_r. \end{aligned} \quad (2)$$

Дану систему диференціальних рівнянь вирішуємо методом Рунге-Кутта. При визначенні коефіцієнта опору середовища руху краплі враховували об'ємну концентрацію крапель у факелі:

$$\zeta = C(1 - \beta)^{4,7}.$$

В області розвиненої турбулентності крапля набуває форми, близької до еліпсоїда із співвідношенням півосей 4x6; для таких крапель  $C = 0,6$ .

Вірогідність зіткнення крапель у факелі із-за зміни траєкторії дрібнодисперсних крапель оцінювали з використанням імовірнісного методу. Мішенями дрібнодисперсним краплям з попереднього факела були краплі розміром більше 0,2 мм, які залишаються в об'ємі одиничних факелів.

Аналіз отриманих результатів показав, що вірогідність зіткнень крапель у факелі складає 40 - 60% і збільшується у міру зниження швидкості газу. Проте при цьому кількість і розмір дрібнодисперсних крапель, що долетіли з попереднього одиничного факела в подальший, зменшується. Доля дрібнодисперсних крапель у факелі розпорошеної рідини не перевищує 0,5 % від їх загального числа. Це дозволяє зробити висновок, що зіткнення крапель у факелі істотно не впливають на віднесення рідкої фази у відцентровому тепло- масообмінному апараті.

Вірогідність зіткнення крапель факела і вторинних крапель оцінювали також з використанням імовірнісного методу. Аналіз отриманих даних показав, що вірогідність зіткнення крапель факела і вторинних крапель досить висока: 65 - 99%. Оцінка результатів зіткнень по числу Вебера показує, що відбувається часткове розбиття вторинних крапель з утворенням осколків, які несуться потоком газу до сепаратора-відбійника.

Таким чином, віднесення рідкої фази за рахунок першого джерела можна визначити аналітично. Оцінити інші джерела можна лише якісно. Отже строго аналітично визначити сумарну величину віднесення рідини на контактному пристрої відцентрового тепломасообмінного апарату з протиточним газорідинним потоком не представляється можливим.

Кількість віднесеної з контактного елементу рідини можливо визначити експериментально методом сепарації, який заснований на уловлюванні крапель рідини, що відносяться, у винесеному сепараторі. Це дозволяє відділяти не менше 99,3% рідини, що відноситься з апарату, при максимальних швидкостях повітря, а із зменшенням швидкості ефективність сепарації зростає до 99,8%.

Експериментально було встановлено, що окрім впливу швидкості газу і щільності зрошування на появу віднесення рідини істотним чином впливає поле відцентрових сил. Також фізичні властивості системи робитимуть істотний вплив на виникнення критичних явищ і як результат на віднесення рідини. Із збільшенням в'язкості і поверхневого натягнення відбувається, зсув області критичних явищ у бік великих значень щільності зрошування, що дозволяє розширити робочий діапазон відцентрового апарату.

## Література

1. Бубликова, Є.В. Сравнительный анализ конструктивных особенностей применяемых центробежных тепло-массообменных аппаратов [Текст] / Є.В. Бубликова // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2002. – № 16. – С. 123 - 137.
2. Машины та апарати у хімічних, харчових і переробних виробництвах [Текст] : підручник / Товажнянський Л.Л., Шаповров В.П., Моїсєєв В.Ф., Манойло Є.В. та ін. – Х.: Колегіум, 2011. – 606 с.
3. Машины та апарати у хімічних, харчових і переробних виробництвах [Текст]: навч.-метод. посіб. / Моїсєєв В.Ф., Манойло Є.В. та ін. – Х.: НТМТ, 2011. – 220 с.
4. Манойло, Є.В. Унос жидкой фазы в центробежном аппарате [Текст] / Є.В. Манойло А.Ю. Масікевич, В.Ф. Моїсєєв // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – 2010. – № 57. – С. 15-22.
5. Манойло, Є.В. Закономерности процесса массообмена в центробежном аппарате [Текст] / Є.В. Манойло // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. – № 1/9(49). – С. 8-12.
6. Бубликова, Є.В. Закономерности гидродинамики та масопередачі процесу ректифікації у відцентровому апараті [Текст]: дис. канд. техн. Наук / Є.В. Бубликова. – Х., 2008. – 150 с.
7. Солодкий В.Д. Основні складові механізми реалізації стратегії Карпатської конвенції на Буковині [Текст] / Солодкий В.Д., Масікевич Ю.Г., Моїсєєв В.Ф., Пітак І.В. // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – №2/12(56). – С. 19-22.
8. Питак, І.В. Основы теории и расчета деталей роторного аппарата [Текст] / И.В. Питак // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – №4/7(58). – С. 14-17.

## УНОС ЖИДКОЙ ФАЗЫ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ АППАРАТЕ

**Р. А. Думнов**

Выявлены основные закономерности, влияющие на унос жидкой фазы в центробежном тепло- массообменном аппарате. Экспериментально изучено влияние рабочих параметров – плотности орошения, скорости газа, числа оборотов ротора на величину суммарного уноса жидкой фазы

**Ключевые слова:** центробежный тепло-массообменный аппарат, брызгоунос, гидродинамика

*Роман Альбертович Думнов, студент кафедры химической техники и промышленной экологии Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», тел. (066)1966353, e-mail: fassto@gmail.ru*

## TAKING AWAY OF LIQUID PHASE IS IN CENTRIFUGAL VEHICLE

**R. Dumnov**

Basic conformities to law, influencing on taking away of liquid phase in centrifugal masstransfer vehicle, are exposed. Influence of operating parameters - closenesses of irrigation, gas speed, number of turns of rotor on the size of the total taking away of liquid phase is experimentally studied

**Keywords:** centrifugal masstransfer vehicle, taking away of liquid phase, hydrodynamics

*Roman Dumnov, student of department of chemical technology and industrial ecology, National technical university "Kharkiv polytechnic institute", tel. (066)1966353, e-mail: fassto@gmail.ru*