

## НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ РОТОРНОГО МАСООБМІННОГО ОБЛАДНАННЯ

**Д.О. Лазенко**

*Сумський державний університет, м. Суми*

*Розглянуті особливості проведення масообмінних процесів у роторних масообмінних апаратах. Показано зміну інтенсивності проходження масообміну в об'ємі контактного пристрою. Обґрунтовані конструктивні та режимні напрямки підвищення раціональності використання робочого об'єму апарата.*

Зміни, що відбуваються в економіці та виробництві України, супроводжуються зростанням обсягів утворення відходів виробництва та споживання, а тому завдання підвищення ефективності поводження з відходами є одним із важливіших. Його вирішення повинне бути орієнтовано перш за все на зниження негативного впливу відходів на довкілля шляхом зниження їх утворення, збільшення повноти переробки та максимально можливе залучення у господарський обіг. Вирішення проблеми переробки відходів нерозривно пов'язане з розробленням, створенням та використанням сучасного високоефективного технологічного обладнання.

Перспективним напрямком є застосування в природоохоронних технологіях роторних ректифікаційних апаратів (РРА). Дане технологічне обладнання доцільно застосовувати для переробки відносно невеликих об'ємів рідких промислових відходів, наприклад відходів виробництва етилового спирту, регенерації вловлених органічних розчинників, регенерації мастильних олій тощо.

Відносно невеликі обсяги утворення даних відходів та їх територіальна розосередженість підвищують необхідність використання для їх переробки малогабаритного високоефективного масообмінного обладнання.

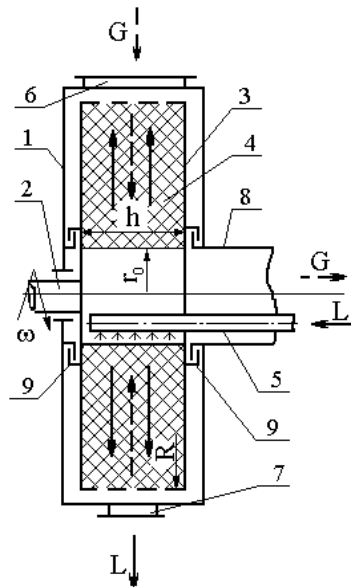


Рисунок 1 – Схема РРА: 1 – циліндричний корпус; 2 – вал; 3 – перфорований ротор; 4 – контактний пристрій; 5, 6, 7, 8 – патрубки вводу та виводу взаємодіючих фаз; 9 – уцілнення;  $G$  – витрата пари;  $L$  – витрата рідини

Метою даної роботи є визначення науково обґрунтованих напрямків удосконалення роторного масообмінного обладнання, що дозволить підвищити ефективність створених природоохоронних технологій.

Аналіз конструкційних особливостей РРА дозволяє виділити конструкцію з тангенціальним вводом газової фази і контактним пристроєм, розміщеним усередині ротора [1]. Такі РРА мають високі масообмінні показники при низькій метало- та енергоемності.

У виробництві, або при регенерації мастильних олій необхідно проводити процес тонкого виділення легких розчинників з важкого масляного залишку. Найбільш повне виділення легких розчинників досягається у відгінних РРА із застосуванням відпаровуючого агента – перегрітої водяної пари.

Принципові схеми організації руху фаз у відгінних та концентраційних РРА наведені на рис. 2.

Залежно від конструкції контактної пристрою РРА в більшому чи меншому ступені буде відповідати цільовому призначенню.

Можна виділити конструктивні та режимні напрямки підвищення розділової здатності РРА.

Варто відзначити характерну для багатьох РРА особливість. Якщо в колонному масообмінному обладнанні корисний об'єм обладнання змінюється пропорційно його висоті, то у РРА зміна корисного об'єму відбувається пропорційно квадрату радіуса контактної пристрою. Цей факт необхідно враховувати при оцінці масообмінних характеристик роторного масообмінного обладнання та його проектуванні.

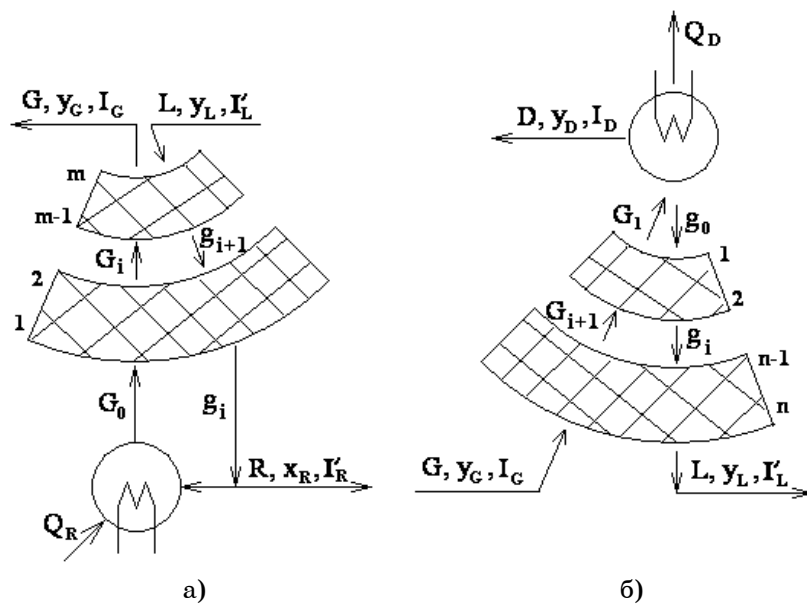


Рисунок 2 – Принципова схема організації руху фаз: а) у відгінному РРА, б) в концентраційному РРА.

$x, y$  – концентрації низькокиплячого компонента у рідкій та паровій фазах, відповідно;  $I, I'$  – ентальпія парової та рідкої фаз, відповідно.

Витрати:  $G, g$  – пари та рідини;  $R, D$  – кубового залишку та дистилляту;  $L$  – вихідної рідкої суміші, або отриманого рідкого продукту.

$Q$  – тепло, що підводиться або відводиться

Якщо розбити контактний пристрій РРА на кільцеві перетини з відповідним кроком, то контактний пристрій можна зобразити у вигляді набору ступеней контакту з постійною висотою  $\Delta r$ , яка визначається

кроком розбивки. Площа перетину є змінною і визначається шириною ротора та радіусом розміщення.

При організації протиточної взаємодії фаз в РРА фактором, що лімітує навантаження за фазами, є вільний перетин внутрішньої поверхні контактної пристрою (розміщеного на мінімальному радіусі). При збільшенні навантаження за фазами, захливання апарата настає саме на внутрішньому перетині. Нерівномірність навантаження на контактний пристрій РРА призводить до неповного використання його корисного об'єму, що виражається в зменшенні об'ємного коефіцієнта масопередачі зі збільшенням радіуса перерізу контактної пристрою (рис. 3).

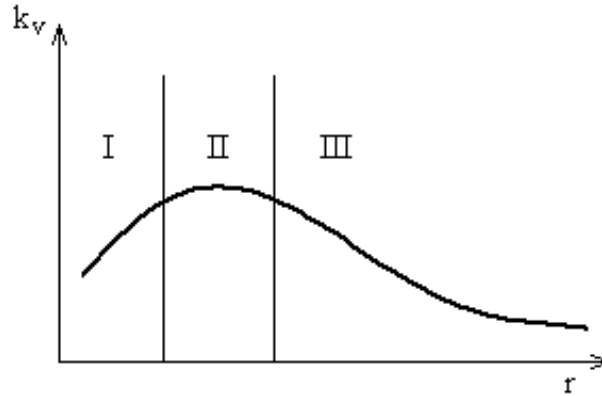


Рисунок 3 – Зміна об'ємного коефіцієнта масопередачі по радіусу контактної пристрою РРА

На ділянці (I) збільшення об'ємного коефіцієнта масопередачі зі збільшенням радіуса пояснюється стабілізацією гідродинаміки процесу. На ділянці (II) відбувається збільшення поверхні контакту фаз пропорційно збільшенню об'єму контактної пристрою. Маємо постійне значення об'ємного коефіцієнта масопередачі. Подальше збільшення радіуса контактної пристрою (ділянка III) призводить до повільного збільшення питомої площі контакту, що викликає зменшення об'ємного коефіцієнта масопередачі.

З точки зору ефективності використання об'єму контактної пристрою вдосконалення організації взаємодії фаз потребують ділянки (I) та (III).

Одним із конструкційних напрямків підвищення розділової здатності РРА є організація руху фаз по спіральній траєкторії [2, 3]. При спіральному русі фаз їх контактування здійснюється переважно в режимі перехресноточної взаємодії: одна з фаз рухається по спіралеподібному каналу, інша радіально.

Такий підхід дозволяє збільшити рушійну силу процесу порівняно з протитоком фаз та більш раціонально використовувати корисний об'єм контактної пристрою.

Особливий інтерес викликає застосування перехресного руху фаз у внутрішньому або зовнішньому витку спіралеподібного каналу. Протягом усього витка фаза, що рухається по каналу, контактує з другою фазою постійної концентрації. Це призводить до виникнення максимальної рушійної сили на вхідній або вихідній ділянці контактної пристрою РРА. Таку організацію взаємодії фаз доцільно використовувати таким чином: у концентраційному РРА – забезпечується рух парової фази по спіралі, у відгінному РРА – забезпечується спіральний рух рідкої фази.

Підвищення масообмінних характеристик досягається за рахунок застосування «кінцевих» ефектів при подрібненні та коалесценції рідкої фази [4].

Серед режимних напрямків підвищення ефективності проведення процесів тепломасообміну в РРА є застосування неадіабатичних умов проведення процесів.

Для виявлення впливу охолодження флегми на склад отримуваних продуктів концентраційного РРА розглянемо матеріальний та тепловий баланси процесу за схемою (рис. 26).

Матеріальний баланс концентраційного РРА виражається рівняннями

$$L = D + G, \quad (1)$$

$$Ly_L + Dy_D + Gy_G, \quad (2)$$

сумісне розв'язання яких дозволяє встановити зв'язок між кількістю та складом сировини і продуктів

$$\frac{L}{y_D - y_G} = \frac{G}{y_D - y_L} = \frac{D}{y_L - y_G}. \quad (3)$$

Тепловий баланс концентраційного РРА має вигляд

$$LI_L = DI_D + GI'_G + Q_D. \quad (4)$$

Перетворимо рівняння (4) до вигляду

$$L \left( I_L + \frac{Q_D}{L} \right) = DI_D + GI'_G = LI_L^*. \quad (5)$$

Розглядаючи сумісно рівняння (1), (3) та (5), отримуємо тотожності

$$\frac{y_D - x_G}{I_D - I'_G} = \frac{y_D - y_L}{I_D - I_L^*} = \frac{y_L - x_G}{I_L^* - I'_G}, \quad (6)$$

кожна з яких є необхідною та достатньою умовою прямолінійного розміщення на тепловій діаграмі трьох точок:  $G(x_G, I'_G)$ ,  $D(y_D, I_D)$  і  $C(y_L, I_L^*)$ . Перші дві є фігуративними точками нижнього та верхнього продуктів, а третя відповідає паровій сировині, мольна ентальпія якої, згідно з формулою (5), зменшена на  $Q_D/L$  та має умовне позначення  $I_L^*$ .

Аналіз теплової діаграми концентраційного РРА (рис. 4) сумісно з рівнянням (5) показує наступне, що при постійному складі  $y_D$  верхнього продукту зменшення тепла, яке відбирається в конденсаторі, призводить до зменшення концентрації нижнього продукту  $x_G$ . При постійному складі нижнього продукту  $x_G$  охолодження флегми супроводжується збільшенням  $y_D$ , тобто полегшенням дистилляту.

Зрошення контактної пристрою переохолодженою флегмою призводить до парціальної конденсації частини висококиплячої фракції з додатковим утворенням флегми, яка йде на зрошення контактної пристрою. Таким чином, верхні шари контактної пристрою працюють у режимі парціального конденсатора. Зрошення контактної пристрою збільшується по радіусу ротора.

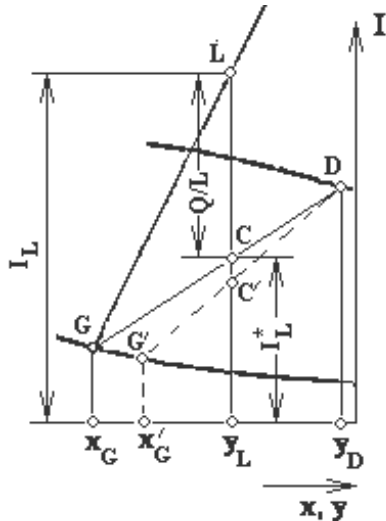


Рисунок 4 – Залежність зміни якісного та кількісного складу продуктів від теплоти, що відводиться з конденсатора

Експериментальні дослідження підтверджують підвищення розділової здатності концентраційного РРА при проведенні процесу в неадиабатичному режимі на модельній суміші етиловий спирт – вода.

## SUMMARY

### AREAS OF IMPROVEMENT OF ROTOR MASS TRANSFER DEVICES

*Laznenko D.A., PhD.*

*Features of carrying out mass transfer processes in rotor mass transfer devices are considered. Change of mass transfer intensity in volume of the contact device is shown. Constructive and regime directions of increase of rationality of use of working volume of the device are proved.*

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лазненко Д.О. Розробка і дослідження малогабаритних апаратів для процесів ректифікації: Дис...канд.техн.наук: 05.17.08. – Суми, 2001.
2. Пляцук Л.Д., Лазненко Д.О., Шкарупа В.Ю., Куценко В.Л. Відцентровий тепломасообмінний апарат. Деклараційний патент на винахід. №69779А. Україна, МПК В 01 D 3/30, №20031210996, Заявлено 04.12.2003, Опубліковано 15.09.2004, Бюл. №9.
3. Пляцук Л.Д., Лазненко Д.О., Шкарупа В.Ю., Куценко В.Л. Відцентровий тепломасообмінний апарат. Деклараційний патент на винахід. №69801А. Україна, МПК В 01 D 3/30, №20031211146, Заявлено 08.12.2003, опубліковано 15.09.2004, Бюл. №9.
4. Броунштейн Б.И., Фишбейн Г.А. Гидродинамика, массо- и теплообмен в дисперсных системах. – Л.: Химия, 1977. – 208с.

*Лазненко Д.О.*, канд. техн. наук, доцент,  
СумДУ, м. Суми

*Надійшла до редакції 5 листопада 2007 р.*