

УДК 663.551

**П.Л. Шиян**, д-р техн. наук

**Ю.В. Булій**, канд. техн. наук

*Національний університет харчових технологій*

**П.А. Дмитрук**

**А.І. Малигін**

*ТОВ «Техінсервіс-процес»*

## **Спосіб масообміну між рідиною та паром в колонних тарілчастих апаратах циклічної ректифікації**

*Запропонований спосіб масообміну в системі рідина-пара з контрольованими затримками рідини на тарілках апарата. Спосіб передбачає примусову роботу переливних пристроїв за заданим алгоритмом незалежно від режиму подачі пари і її тиску, виключає перемішування рідини на суміжних тарілках і новоутворення домішок. Схематично продемонстровано один із можливих варіантів його виконання.*

**Ключові слова:** *циклічна ректифікація, переливні пристрої, фазова рівновага, керовані цикли, тарілки, масообмінний апарат.*

*Предложен способ массообмена в системе жидкость-пар с контролирурованными задержками жидкости на тарелках аппарата. Способ предусматривает принудительную работу переливных устройств за заданным алгоритмом независимо от режима подачи пара и его давления, исключает продольное перемешивание жидкости на смежных тарелках и новообразование примесей. Схематически продемонстрированный один из возможных вариантов его исполнения.*

**Ключевые слова:** *циклическая ректификация, переливные устройства, фазовое равновесие, тарелки, массообменный аппарат.*

*Proposed a method of mass-transfer in a liquid-vapor system with*

© П.Л. Шиян, Ю.В. Булій, А.П. Дмитрук, А.І. Малигін, 2012 р.

*controlled delays fluid on the plate of the machine. The method provides for compulsory work flow devices for a specified algorithm, regardless of the mode of steam supply and pressure, excludes longitudinal mixing of the liquid at compatible plates and neoplasm of impurities. Schematically shown by one of the possible options for its implementation.*

**Key words:** *cyclic-rectification, delay of the liquid, compensation devices, phase equilibrium, plates, mass exchange machine.*

Технічний прогрес в спиртовій промисловості нерозривно пов'язаний з розробкою та впровадженням високоефективних апаратів та енергозберігаючих способів масообміну в процесі брагоректифікації. В умовах виробництва для розділення багатокomпонентних сумішей, як правило, застосовують тарілчасті контактні пристрої, на яких послідовно здійснюється ступінчастий контакт фаз. Вони бувають: із зливними пристроями (ковпачкові, ситчасті, клапанні, однонаправлені), без зливних пристроїв або провальні (ситчасті, гратчасті, трубчасті, клапанні), інжекційні, насадкові, плівкові, розпилювальні та пристрої із зовнішнім підведенням енергії. Коефіцієнт корисної дії (ККД) тарілок залежить від їх конструкції, діаметра колони, міжтарілкової відстані, швидкості пари, навантаження колони, фізичних властивостей суміші, що підлягає розділенню, тощо. ККД визначають дослідним шляхом, для більшості тарілок він дорівнює 0,4...0,6 [1].

За останні десятиліття з метою його підвищення запропоновано значну кількість нових контактних пристроїв, особливості яких ще недостатньо освітлені в літературі, наприклад, клапанні тарілки EDV. Зусилля дослідників направлені на вдосконалення конструкції пристроїв для забезпечення контакту пари й рідини, в результаті якого потоки, що їх покидають, досягають фазової рівноваги. Практично на реальних тарілках така рівновага майже ніколи не досягається. Однією з вагомих причин цього є недостатній проміжок часу перебування рідини на тарілці. Очевидно, існує межа, нижче якої час контакту рідини та пари недостатній для здійснення масообміну в повній мірі. Він носить дослідний характер, оскільки залежить від якісного складу потоків живлення та

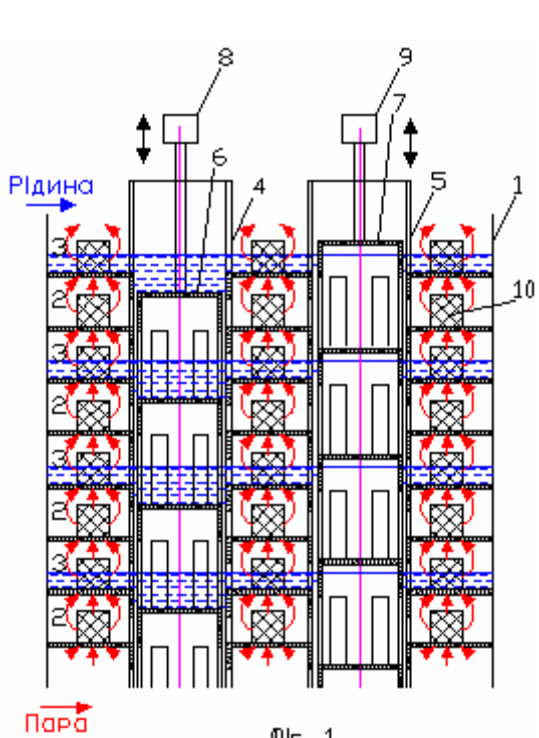
конструктивних особливостей контактних пристроїв. Для забезпечення максимального ККД самої простої за конструкцією тарілки (наприклад, ситчастої) необхідним є створення умов, при яких відбувається визначена у часі примусова затримка рідини на тарілці на термін, необхідний для повного насичення пари леткими компонентами рідини, та виключення її перемішування на суміжних тарілках. Впровадження способу масообміну з керованими циклами затримки та переливу рідини дає можливість наблизити ефективність реальної тарілки до ефективності теоретичної, виготовляти ректифікаційні колони з меншою кількістю тарілок для включення їх в схему ректифікації без зміни потужності установки в цілому. При цьому в значній мірі знижуються собівартість обладнання, витрати гріючої пари на процес масообміну, скорочуються об'єми спиртовмісних відходів виробництва. Дія таких апаратів ґрунтується на можливості примусово затримувати рідину на тарілках на визначений термін часу за рахунок додатково встановлених рухомих клапанів, зв'язаних з приводним механізмом, дія якого не залежить від режиму подачі гріючої пари та її тиску. Час затримки рідини на тарілці задають та контролюють за допомогою приладів автоматики. Головним критерієм його визначення є максимальна кратність концентрування домішок.

Перші вітчизняні колонні апарати для процесів масообміну в режимі контрольованих циклів затримки рідини були запропоновані співробітниками КТІХП під керівництвом професора В.М. Тарана у 80-х роках [2,3,4]. У 2003 р. співробітники ТОВ «Техінсервіс-процес» запропонували конструкцію контактних пристроїв, дія яких залежить від тиску пари [5]. Пристрій дозволяє проводити процес масообміну в циклічному режимі при однократній зміні рідинної затримки одночасно на всіх тарілках по висоті колони. При цьому кожний контактний пристрій працює автономно. Згідно способу перелив рідини з тарілки на тарілку відбувається через перехідну ємкість при зміні тиску парового потоку таким чином, що рідина з кожної тарілки спочатку потрапляє у відповідну перехідну ємкість, полотно тарілки спорожняється, далі з перехідної ємкості рідина перетікає на порожнє полотно тарілки, що

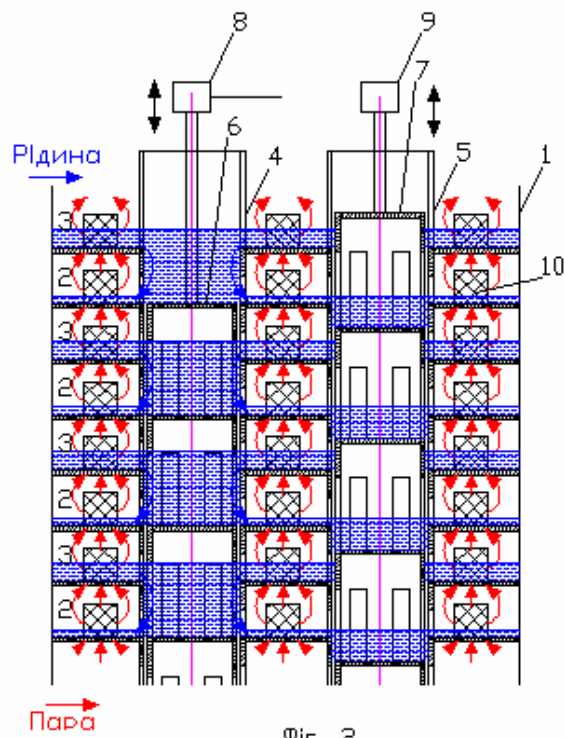
розташоване нижче. Потоки пари та рідини подають у колонний апарат періодично (імпульсами); перелив рідини з тарілки на тарілку відбувається в момент припинення подачі гріючої пари [6]. Перші виробничі випробування запропонованого способу були проведені в умовах ДП «Ковалівський спиртовий завод». В останні роки енергозберігаючі колонні апарати циклічної дії були включені до схем брагоректифікації Червоно-Слобідського, Залозецького і Косарського спиртових заводів України. Як показав виробничий досвід, впроваджений спосіб масообміну забезпечує роздільний рух фаз по колоні та відсутність перемішування рідини на суміжних тарілках при її переливі з тарілки на тарілку, дозволяє ефективно концентрувати головні домішки при порівняно низьких витратах пари. Разом з тим через відсутність масообміну в період переливу рідини відомий спосіб не забезпечує ефективне вилучення та концентрування проміжних і кінцевих домішок, супровідних спирту. Залежність роботи переливних пристроїв від тиску пари, наявність перехідних ємкостей і велика міжтарілкова відстань обмежують колону по висоті. Крім того, спосіб обмежує пропускну здатність колони по парі та рідині.

Метою досліджень стала розробка більш ефективного способу масообміну у колонних апаратах шляхом періодичного, одночасного по всій висоті колони переливу рідини з тарілки на тарілку без її перемішування, що не залежить від тиску пари при безперервній подачі пари та рідини.

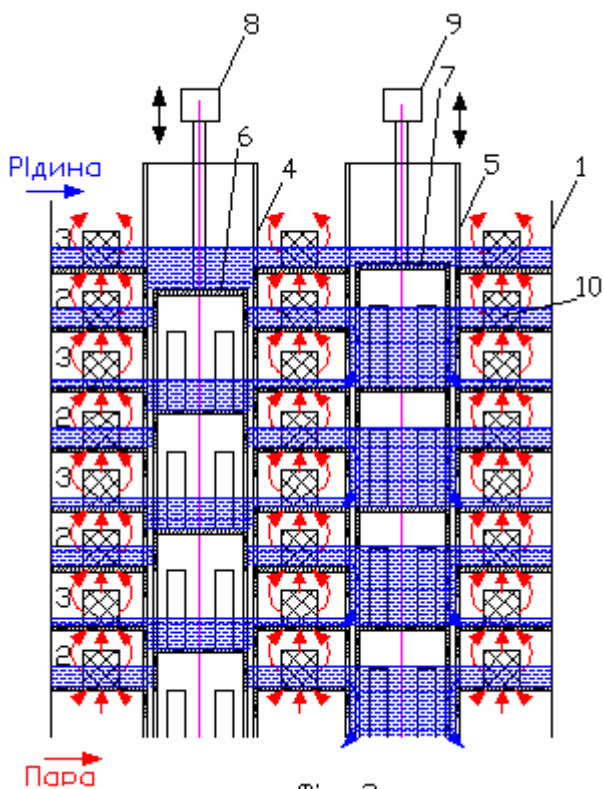
Запропонований нами спосіб передбачає примусову роботу переливних пристроїв завдяки приводним механізмам, дія яких відбувається за заданим алгоритмом і не залежить від режиму подачі пари у колонний апарат і його тиску [7]. На приведених нижче фігурах продемонстровано один із можливих варіантів його виконання: фігура 1 – фрагмент колонного тарілчастого апарату у розрізі у період перед першим етапом переливу рідини з тарілки на тарілку; фігура 2 – фрагмент апарату у розрізі у період здійснення переливу рідини з непарних тарілок на парні тарілки одночасно по всій висоті колони; фігура 3 – фрагмент апарату у розрізі у період здійснення другого етапу переливу рідини з парних тарілок на непарні одночасно по всій висоті колони.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

Колонний апарат містить корпус 1, парні за порядком розташування тарілки 2 та непарні тарілки 3. Відрахування порядку розташування тарілок ведеться від самої верхньої тарілки, на яку подається рідина. Тарілки оснащені барботажами елементами 10, які забезпечують постійний масообмін між паром та рідиною. Такими елементами можуть слугувати, наприклад, ковпачки, клапани або інші контактні пристрої

будь-якої відомої конструкції. Апарат містить переливні пристрої 4 і 5, основними складовими яких є рухомі елементи 6 і 7, що зв'язані з відповідними приводними механізмами 8 і 9. Робота механізмів здійснюється в автоматичному режимі, тому вони забезпечують рух елементів 6 і 7 відповідно до заданої програми. Переливні пристрої мають таку конструкцію і таке

розташування рухомих елементів, завдяки яким відбувається перелив рідини одночасно по всій висоті колони тільки з усіх непарних або тільки з усіх парних тарілок на нижче розташовані тарілки. Запропонований спосіб здійснюється наступним чином. В початковий період роботи колонного апарату рідину подають на верхню тарілку, а гріючу пару в кубову частину колони. Рухомі елементи 6 і 7 переливних пристроїв 4 і 5 знаходяться у положенні, при якому перелив рідини відсутній (фіг. 1). На першому етапі рухомі елементи 6 займають відповідні положення, при яких рідина переливається з кожної непарної тарілки 3 на кожну нижче розташовану парну тарілку 2 одночасно по всій висоті колонного апарату (фіг. 2). Через заданий період часу затримки рідини на тарілках приводний механізм 8 повертає рухомі елементи 6 в початкове їх положення, і перелив рідини з тарілки на тарілку припиняється. На другому етапі за допомогою приводного механізму 9 рухомі елементи 7 займають положення, при яких рідина переливається з кожної парної тарілки 2 на кожну нижче розташовану непарну тарілку 3 одночасно по всій висоті колонного апарату (фіг. 3). Через заданий період часу приводний механізм 9 повертає рухомі елементи 7 в початкові їх положення, і перелив рідини припиняється. Рідина з останньої за порядком розташування тарілки виливається в об'єм апарату на першому або другому етапі переливу рідини в залежності від того, парною чи непарною є остання тарілка. Далі наведені етапи повторюються по чергово. Час затримки та час переливу рідини задається і контролюється апаратником. Переливні пристрої можуть бути різної конструкції, наприклад, шибєрні заслінки, конічні клапани та інші, які використовують для регулювання потоків рідини; головне – щоб вони забезпечували перелив рідини за заданим алгоритмом та запобігали її протіканню в період затримки для виключення перемішування рідини на суміжних тарілках.

**Висновки:** запропоновано спосіб масообміну з контрольованою затримкою рідини на тарілках апарата в процесі циклічної ректифікації при безперервній подачі потоків живлення та гріючої пари. Забезпечення максимального ККД

самої простої за конструкцією тарілки (наприклад, ситчастої) можливо за рахунок створення умов, при яких здійснюється визначена у часі примусова затримка рідини на тарілці на термін, необхідний для повного насичення пари леткими компонентами рідини. Час перебування рідини на тарілці, необхідний для досягнення максимальної кратності концентрування всіх груп домішок, визначається дослідним шляхом. Спосіб забезпечує роздільний рух фаз, виключає перемішування рідини на суміжних тарілках. Перелив рідини з тарілку на тарілку здійснюють у два послідовних етапи, які повторюються періодично у часі почергово: на першому етапі рідина переливається з кожної непарної тарілки на кожну наступну парну за порядком розташування тарілку одночасно по всій висоті колони, на другому етапі з кожної парної тарілки на кожну наступну непарну тарілку. Для здійснення способу апарат додатково оснащений приводним механізмом, який зв'язаний з рухомими переливними пристроями. Робота пристроїв здійснюється примусово за заданим алгоритмом і не залежить від режиму подачі пари в апарат і її тиску.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. *Технологія спирту*. В.О.Маринченко, В.А.Домарецький, П.Л.Шиян, В.М.Швець, П.С.Циганков, І.Д.Жолнер. /Під ред.. проф.. В.О.Маринченко. – Вінниця.:»Поділля-2000», 2003. – 496 с.
2. *А.с. № 185847 (СРСР)*. Массообменный аппарат для процесов в режиме с контролируемыми циклами /А.В.Копыленко и В.М.Таран.- Оpubл. в Б.И., 1983, № 44.
3. *А.с. № 1360753 (СРСР)*. Тепломассообменный аппарат /А.В.Копыленко, В.М.Таран и В.А.Заднепрный. – Оpubл. в Б.И., 1988, № 20.
4. *А.с. № 292342 (СРСР)*. Тепломассообменный аппарат / А.В.Копыленко, В.М.Таран и В.А.Заднепрный. – Оpubл. в Б.И., 1987, № 47.
5. *Патент України 60566 А*. Массообмінний контактний пристрій / Малета В.М., Щуцький І.В., Дмитрук А.П., Черняхівський Й.Б. - Заявлено 10.12.02; Оpubл. 15.10.03, Бюл. № 10.

6. *Патент України* 60565 А. Спосіб перетікання рідини на тарілках колонних масообмінних апаратів / Малета В.М., Щуцький І.В., Дмитрук А.П., Черняхівський Й.Б. - Заявлено 10.12.02; Опубл. 15.10.03, Бюл. № 10.

7. *Патент України* 89874 С2. Спосіб переливу рідини по тарілках колонного апарата у процесі масообміну між парою та рідиною / Дмитрук А.П., Черняхівський Й.Б., Дмитрук П.А., Булій Ю.В. – Заявлено 06.06.08; Опубл. 10.03.10, Бюл. № 5.