УДК 66.023(048.8)

І. О. Мікульонок, д. т. н., доц.

КОМБІНОВАНІ КОНТАКТНІ ПРИСТРОЇ МАСООБМІННИХ КОЛОН

Розглянуто конструкції контактних пристроїв тепломасообмінних колонних апаратів, що поєднують переваги як тарілок, так і насадок. Показано можливість застосування деяких із зазначених пристроїв в існуючому обладнанні без їх істотної модернізації.

Вступ

Хімічна промисловість залишається однією з основних виробничих галузей, оскільки вона забезпечує сировиною майже всі інші галузі промисловості. Тому зрозуміла увага, що приділяється інтенсифікації процесів хімічної технології, одними з найенергоємніших в яких залишаються тепломасообмінні процеси за участю газових (парових) і рідинних потоків [1].

Найпоширенішими апаратами для проведення таких тепломасообмінних процесів, як ректифікація, абсорбція і рідинна екстракція, є тарілчасті й насадкові колони. Основні розробки конструкцій ефективних тарілчастих контактних елементів припадають 60—70-ті роки минулого століття [2, 3]. Після розроблення достатньо досконалих тарілок масообмінних колонн (зокрема барботажного й струминно-барботажного типів) дослідники більшу увагу почали приділяти насадковим апаратам, унаслідок чого було впроваджено значну кількість насадок нових типів [4].

У той же час майже не розглядалася можливість розроблення контактних пристроїв тепломасообмінних колон, у яких би поєднувалися переваги як тарілчастих, так і насадкових контактних елементів.

Постановка завдання

Метою досліджень є аналіз існуючих конструкцій комбінованих контактних пристроїв масообмінних колонних апаратів, у яких одночасно реалізовані переваги тарілок і насадки.

Аналіз конструкцій комбінованих контактних пристроїв масообмінних колон

Одним із найпростіших технічних рішень, у яких реалізуються переваги як тарілчастих, так і насадкових масообмінних колон, є розміщення різнорідних контактних пристроїв парами, кожна з яких складається з пакета насадки й розміщеної на ній тарілки [5] (рис. 1а). Недоліком цієї конструкції є труднощі, що пов'язані з необхідністю щільного завантаження насадкових елементів під полотно тарілки.

Іншим різновидом подібного «пакетного» розміщення різнорідних контактних пристроїв є колона, по висоті корпуса якої встановлено провальні тарілки, змонтовані парами. Між тарілками кожної пари розташована насадка [6] (рис. 1б). Перевага цієї конструкції порівняно з попередньою — більша уніфікація, оскільки шар насадки розміщується не на традиційній опорній решітці, а на звичайній провальній тарілці (зрозуміло, що висота шару насадки в цьому випадку обмежена також і механічними властивостями нижньої провальної тарілки).

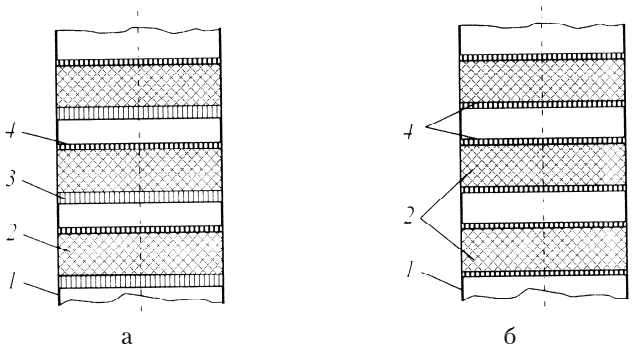

Рис. 1. Конструкції масообмінних колон комбінованого типу (а — згідно з патентом [5]; б — згідно з патентом [6]): 1 — корпус; 2 — шар насадки; 3 — опорна решітка; 4 — провальна тарілка

© І. О. Мікульонок, 2010

У патенті [7] запропоновано вдосконалити традиційну для насадкових масообмінних колон опорну решітку, що містить сукупність вертикально розташованих на опорному поясі 1 корпуса 2 колони паралельних пластин 3 з утворенням між ними щілин для проходу оброблюваних фаз (рис. 2) [7]. Скріплення пластин 3 між собою може здійснюватися за допомогою приварних поперечних планок або стяжних шпильок 4, дистанційних втулок 5 і гайок (рис. 2а). З боку нижніх крайок пластин 3 змонтовано перфоровану тарілку 6. Її закріплення може здійснюватися, наприклад, за допомогою підвісок 7, що взаємодіють з дистанційними втулками 5 (див. рис. 2б, в). Регулювальні гвинти 8, які вкручені в перфоровану тарілку 6 і взаємодіють з нижніми крайками пластин 3, не тільки надійно фіксують тарілку 6, але й забезпечують зазор 9 між нею і пластинами 3 (крім того, за допомогою гвинтів 8 забезпечують горизонтальність або незначну угнутість полотна тарілки 6). При цьому бажано, щоб вільний переріз перфорованої тарілки зменшувався від її центра до периферії (у цьому разі зазначена тарілка може виконувати функцію перерозподілювального пристрою).

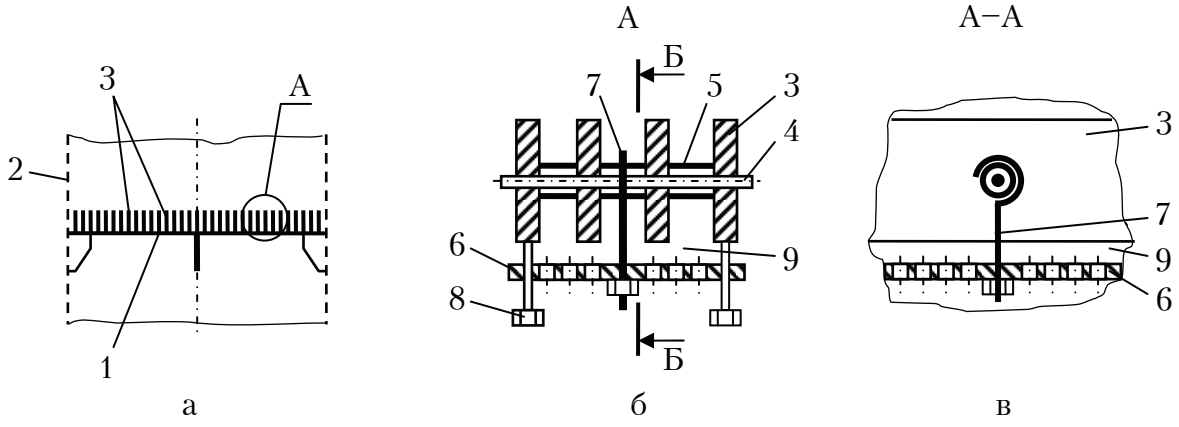

Рис. 2. Конструкція опорної решітки насадкової масообмінної колони [7] (пояснення в тексті)

Зверху вниз по колоні рухається важка рідка фаза. Після проходження шару насадки вона потрапляє в щілини опорної решітки й затримується в об'ємі, утвореному пластинами й перфорованою тарілкою. Знизу вгору по апарату рухається легка фаза. яка проходить крізь отвори перфорованої тарілки й потрапляє в простір, утворений її верхньою поверхнею й боковими поверхнями пластин, де відбувається інтенсивна взаємодія фаз.

Аналогічне рішення запропоновано в патенті [8]. Виготовляти модернізовану опорну решітку передбачається із паралельно розміщених на одному рівні таврів, двотаврів, швелерів або кутиків (рис. 3), горизонтальні полиці яких перфоровані і утворюють своєрідну провальну тарілку.

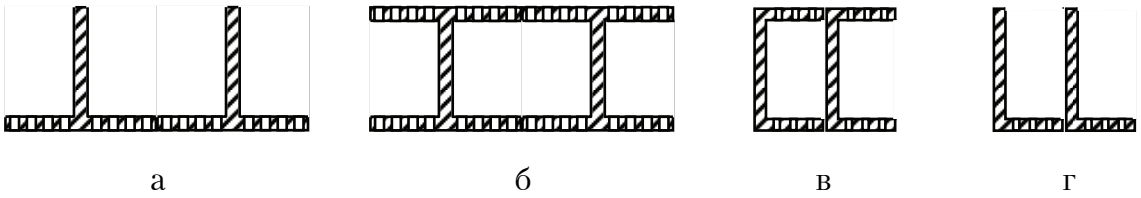

Рис. 3. Варіанти конструкції опорної решітки насадкової масообмінної колони, сформованої з таврів (а), двотаврів (б), швелерів (в), кутиків (г) [8]

Сукупність відрізків сортового прокату (таври, двотаври, швелери, кутики) укладають на опорний пояс, що прикріплюється до корпусу колони. При цьому зазначені відрізки (разом або окремими секціями) можуть бути скріплені між собою стяжками. Після цього на утворену опорну решітку укладають або насипають насадку.

Під час роботи колони зверху вниз по колоні рухається важка рідка фаза. Після проходження шару насадки вона потрапляє в отвори, або щілини, опорної решітки й затримується в об'ємі, утвореному вертикальними пластинами й горизонтальними полицями,

розташованими з боку нижніх крайок зазначених пластин. Знизу вгору по апарату рухається легка фаза. Вона проходить крізь отвори, або щілини, горизонтальних полиць і потрапляє в простір, утворений їх верхніми поверхнями, боковими поверхнями вертикальних пластин і шаром насадки або нижніми поверхнями верхніх полиць відрізків прокату і в якому відбувається інтенсивна взаємодія фаз.

У патенті [9] запропоновано вдосконалену конструкцію перерозподільного пристрою насадкової масообмінної колони 1, що містить увігнуту тарілку 2 з центральним отвором 3, з'єднану за допомогою підвісок 4 з горизонтальною тарілкою 5, спорядженою патрубками 6 для проходу оброблюваних середовищ, при цьому увігнута тарілка 2 виконана з надрізами 7, спрямованими до її центру (рис. 4а—г). Також увігнута тарілка 2 може бути споряджена центральною відбортовкою 8 з виконаними отворами для розміщення в них паралельно розташованих горизонтальних стрижнів 9, на які засипано шар насадкових елементів 10 (рис. 4д, е).

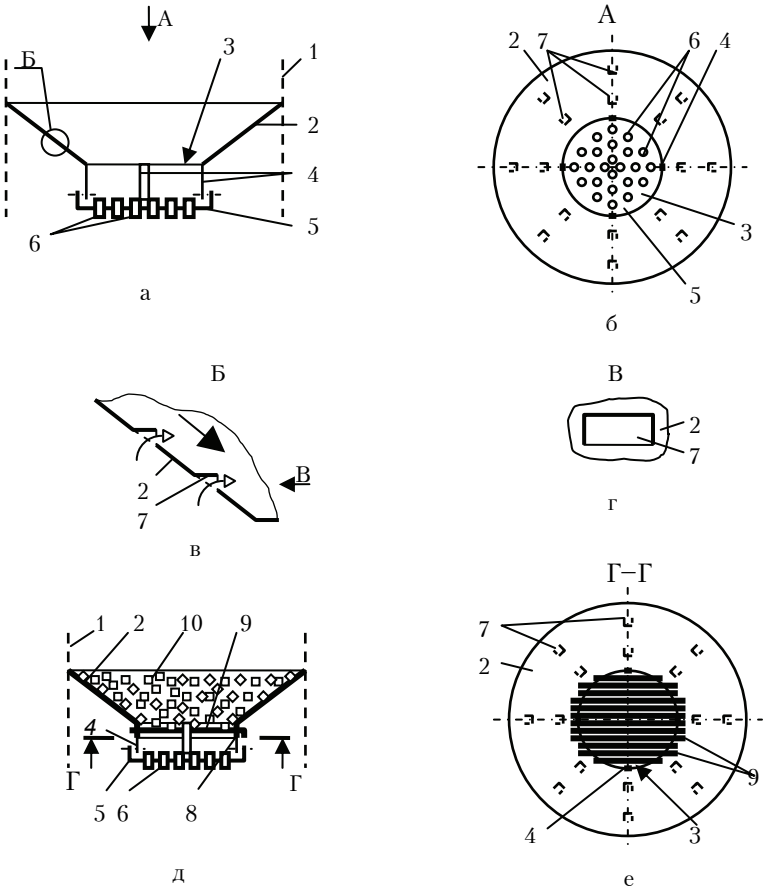

Рис. 4. Варіанти виконання перерозподільного пристрою насадкової масообмінної колони [9] (пояснення в тексті)

Під час проходження важкої фази по колоні 1 зверху вниз на ділянці розміщення пропонованого пристрою вона перерозподіляється від периферії ввігнутої тарілки 2 до її центрального отвору 3. При цьому легка фаза, підіймаючись колоною 1, частково проходить крізь патрубки 6, частково крізь проміжок між увігнутою 2 і горизонтальною тарілками 5 (між підвісками 4), а частково — крізь надрізи 7, спрямовані до центру увігнутої тарілки 2 (див. рис. 4в). В останньому випадку легка фаза проходить крізь шар важкої фази, що стікає по увігнутій тарілці 2 до її центрального отвору 3, при цьому обидві фази ефективно взаємодіють одна з одною.

У разі спорядження увігнутої тарілки 2 центральною відбортовкою 8 з виконаними отворами для розміщення в них паралельно розташованих горизонтальних стрижнів 9

(див. рис. 4д, е) крізь люк у корпусі колони 1 у западину увігнутої тарілки 2 на стрижні 9 засипають насадкові тіла 10. Під час проходження колоною 1 оброблюваних фаз вони ефективно взаємодіють не лише в основному шарі насадки, а і між її ярусами на ділянках розміщення пропонованих перерозподільних пристроїв. Таким чином, запропонований пристрій підвищує ефективність роботи насадкової масообмінної колони.

У заявці на видачу патенту [10] запропоновано конструкцію тарілки апарата для проведення процесу масообміну між важкою й легкою фазами, що містить плоский лист 1 з отворами 2, при цьому її споряджено насадковими елементами 3, виконаними з матеріалу, густина якого менша за густину важкої фази, розміщеними над плоским листом і прикріпленими до нього за допомогою гнучких елементів 4. Гнучкі елементи при цьому можуть проходити крізь отвори плоского листа і прикріплені до його нижньої поверхні 5 (рис. 5а).

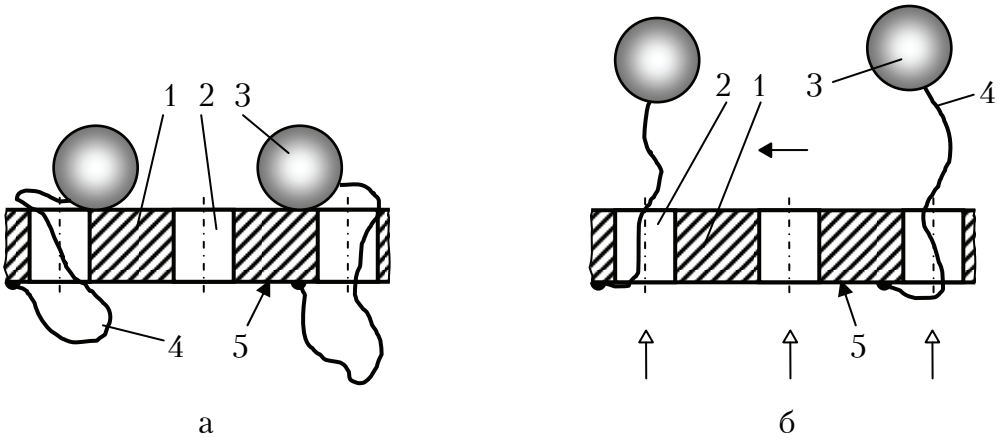

Рис. 5. Тарілка з рухомою насадкою [10] у неробочому (*а*) і робочому (*б*) станах (пояснення в тексті)

Під час роботи апарата важка фаза рухається по плоскому листу 1 тарілки, а легка проходить крізь його отвори 2 і далі — крізь шар важкої фази, що перебуває на тарілці (рис. 5б). Завдяки наявності над плоским листом 1 насадкових елементів 3 вони перебувають на поверхні шару важкої фази, утримуючись гнучкими елементами 4. Легка фаза барботує крізь шар важкої фази і, потрапляючи на тіла 3, додатково дробиться на дрібні бульбашки, що сприяє інтенсифікації масообмінного процесу. Завдяки проходженню гнучких елементів крізь отвори 2 останні постійно очищуються від можливих відкладень і забруднень, що підвищує надійність роботи тарілки.

Така гідродинаміка фаз на тарілці в разі збереження невисокого гідравлічного її опору істотно інтенсифікує масообмінний процес, а отже, і підвищує ефективність тарілки та апарата в цілому.

Висновки

Застосування на практиці комбінованих контактних пристроїв масообмінних колонних апаратів надасть можливість поєднувати переваги традиційних для проведення тепломасообмінних процесів контактних пристроїв — тарілок і насадки. При цьому потрібно провести ґрунтовні експериментальні дослідження для перевірки ефективності роботи таких пристроїв.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Тютюнников А. Б. Контактные элементы массообменных колонн : учеб. пос. / А. Б. Тютюнников, Л. Л. Товажнянский, А. П. Готлинский. — К. : ИСИО, 1992. — 440 с.

2. Рууге Т. С. Развитие конструкций тарельчатых массообменных колонн газожидкостного контакта : [обзор. информ.] / Т. С. Рууге. — М. : ЦИНТИхимнефтемаш, (Серия ХМ-1 «Химическое и нефтеперерабатывающее машиностроение»). 1982. — 35 с.

3. Рыбинский А. Г. Современные конструкции тепломассобменных тарельчатых контактных устройств : [обзор. ин-

форм.] / А. Г. Рыбинский, О. С. Чехов. — М. : ЦИНТИхимнефтемаш, (Серия ХМ-1 «Химическое и нефтеперерабатывающее машиностроение»). 1984. — 33 с.

4. Мишин В. П. Зарубежные насадочные устройства массообменной аппаратуры : [обзор. информ.] / В. П. Мишин, В. Г. Кацашвили. — М. : ЦИНТИхимнефтемаш, (Серия ХМ-1 «Химическое и нефтеперерабатывающее машиностроение»). 1982. — 20 с.

5. Пат. 88980 U1 Российская Федерация, МПК(2006.01) B01D 3/18. Контактное устройство тепломассобменного аппарата / Г. Г. Тютюник, А. В. Литвтненко, А. Ю. Аджиев и др.; заявитель и патентообладатель ОАО «НИПИгазпереработка» (RU). — № 2009124563/22; заявл. 26.06.09; опубл. 27.11.09, Бюл. № 33.

6. Пат. 2231 U Україна, МПК7 B01D 3/16. Масообмінний апарат / І. О. Мікульонок; заявник і патентовласник Національний технічний університет України «Київ. політехн. ін-т». — № 2003054333; заявл. 14.05.03; опубл. 15.12.03, Бюл. № 12.

7. Пат. 41155 A Україна, МПК7 B01J 8/02. Опорна решітка насадкової масообмінної колони / І. О. Мікульонок; заявник і патентовласник Національний технічний університет України «Київ. політехн. ін-т». — № 2001031579; заявл. 06.03.01; опубл. 15.08.01, Бюл. № 7.

8. Пат. 3418 U Україна, МПК7 B01J 8/02. Опорна решітка насадкової масообмінної колони / І. О. Мікульонок; заявник і патентовласник Національний технічний університет України «Київ. політехн. ін-т». — № 2004021394; заявл. 26.02.04; опубл. 15.11.04, Бюл. № 4.

9. Пат. 50588 U Україна, МПК(2009) B01D 53/18. Перерозподільний пристрій насадкової масообмінної колони / І. О. Мікульонок; заявник і патентовласник він же. – № u201000763; заявл. 26.01.10; опубл. 10.06.10, Бюл. № 11.

10. Заявка u201004293 Україна, МПК(2009) B01D 3/22. Тарілка апарата для проведення процесу масообміну між легкою й важкою фазами / І. О. Мікульонок, В. В. Остріков, В. Л. Ракицький; заявники і патентовласники вони ж. — № 2001031579; заявл. 13.04.10.

Рекомендована кафедрою екології та екологічної безпеки

Надійшла до редакції 29.09.10
Рекомендована до друку 10.10.10

Мікульонок Ігор Олегович — професор кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»