



УКРАЇНА

(19) UA (11) 42487 (13) U
(51) МПК (2009)
B01D 63/00
B01D 63/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СИСТЕМА РОЗДІЛЕННЯ РІДКИХ СУМІШЕЙ МЕТОДОМ ВИПАРОВУВАННЯ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНИ

1

(21) u200900400

(22) 20.01.2009

(24) 10.07.2009

(46) 10.07.2009, Бюл. № 13, 2009 р.

(72) ЩУЦЬКИЙ ІГОР ВАЛЕНТИНОВИЧ

(73) ЩУЦЬКИЙ ІГОР ВАЛЕНТИНОВИЧ

(57) 1. Система розділення рідких сумішей методом випаровування через мембрани, що включає патрубок підведення первинної суміші, модуль мембранного розділення з патрубками виведення ретанту і пермеату, а також теплообмінник з нагрівною камерою, яка містить вхідний та вихідний патрубки, камерою теплоносія з патрубками подачі і виведення теплоносія, патрубок підведення первинної суміші пов'язаний з модулем мембранного розділення через нагрівну камеру теплообмінника, яка **відрізняється** тим, що містить принаймні два послідовно сполучені модулі мембранного розділення, збірник ретанту і рекуператор з охолоджуючою та нагрівальною камерами, причому патрубок виведення ретанту останнього модуля пов'язаний із збірником ретанту через охолоджуючу камеру рекуператора, а патрубок підведення первинної суміші пов'язаний з вхідним патрубком нагрівної камери теплообмінника через нагрівальну камеру рекуператора.

2. Система розділення рідких сумішей за п. 1, яка **відрізняється** тим, що вихідний патрубок нагрівної камери теплообмінника пов'язаний з вхідним патрубком модуля мембранного розділення через пароперегрівач.

2

3. Система розділення рідких сумішей за пп. 1, 2, яка **відрізняється** тим, що містить три послідовно сполучені модулі мембранного розділення, причому між патрубком виведення ретанту попереднього модуля та вхідним патрубком наступного модуля встановлені додаткові пароперегрівачі.

4. Система розділення рідких сумішей за пп. 1-3, яка **відрізняється** тим, що містить збірник пермеату, пов'язаний з патрубками виведення пермеату модулів мембранного розділення через конденсатори пермеату.

5. Система розділення рідких сумішей за пп. 1-4, яка **відрізняється** тим, що містить додатковий рекуператор з нагрівальною та нагрівальною камерами, причому нагрівальна камера додаткового рекуператора зв'язана з патрубком виведення теплоносія теплообмінника, а нагрівальна камера рекуператора зв'язана з вхідним патрубком нагрівної камери теплообмінника через нагрівальну камеру додаткового рекуператора.

6. Система розділення рідких сумішей за пп. 2-5, яка **відрізняється** тим, що патрубок виведення ретанту останнього модуля мембранного розділення пов'язаний із охолоджуючою камерою рекуператора через конденсатор ретанту.

7. Система розділення рідких сумішей за пп. 1-6, яка **відрізняється** тим, що охолоджуюча камера рекуператора пов'язана із збірником ретанту через холодильник.

Корисна модель відноситься до мембранної техніки і може бути використана у процесах очищення рідинних сумішей методами мікрофільтрації та ультрафільтрації в хімічній, харчовій, мікробіологічній, медичній промисловості, а також у спиртовій промисловості для одержання зневодженого (абсолютизованого) паливного етанолу.

Хоча принципи розділення з використанням мембран давно відомі, проте тільки в недавній час завдяки досягнутому прогресу у виготовленні мембран їх використання в області розділення сумішей стало економічно вигідним. Одноступінча-

ті системи і способи розділення рідких сумішей з використанням трубчастих мембран [1; 2; 3] набули поширення завдяки відносно невеликим капітальним витратам на їх виготовлення, установку та експлуатацію, проте вони малопристосовані до промислового використання для виділення компонентів високого ступеня чистоти. У міру підвищення вимог до чистоти ретанту (непроникаючого через мембрану компоненту суміші) його вихід зменшується, а вимоги до поверхні мембран і потужності систем зростають, що робить застосу-

U
(13)

42487
(11)

UA
(19)

вання одноступінчатих систем з ряду причин менш бажаним.

Відома система розділення рідких сумішей за допомогою мембранних установок, зокрема ультрафільтраційних, яка складається з ємностей для первинної суміші, пермеату та ретанту, циркуляційних насосів, трубопроводів, арматури і мембранного апарату трубчастого типу (або декількох мембранних апаратів, сполучених послідовно), а також вентилятора, сполученого трубопроводом з патрубком на корпусі мембранного апарату [4]. З ємності первинна суміш (рідина) циркуляційними насосами нагнітається під надлишковим тиском в мембранний апарат. Частина суміші відводиться з апарату у якості ретанту (непроникаючого потоку), а інша частина проходить через напівпроникні металеві трубчасті мембрани (пермеат), утворюючи на зовнішній поверхні мембрани плівку, яка у вигляді крапель стікає вниз корпусу апарату. Одночасно в міжтрубний простір апарату вентилятором нагнітається повітря. У міжтрубному просторі відбувається взаємодія пермеату та повітря, слідством чого є перенесення тепла від одного джерела до іншого. Залежно від напрямку теплопереносу суміш, що розділяється, охолоджується або нагрівається до заданої температури. Таким чином відбувається встановлення і регулювання температурного режиму розділення сумішей безпосередньо на поверхні мембрани.

Дане технічне рішення придатне для промислового застосування внаслідок інтенсифікації процесу розділення за рахунок контакту пермеату, що утворюється на зовнішній поверхні трубчастих мембран, з повітрям, який нагнітається вентилятором в міжтрубний простір корпусу мембранного апарату та видаляється далі через патрубок виходу повітря. При взаємодії пермеату і повітря частина його випаровується, що пояснюється перенесенням маси та тепла від пермеату в повітря. Регулюючи витрати повітря та його параметри, можна досягати певного рівня відведення (або підведення) тепла і тим самим управляти температурою процесу, тобто проводити процес за найбільш сприятливих умов і тим самим його інтенсифікувати.

Недоліком даного технічного рішення є те, що температурне регулювання відбувається на зовнішній поверхні міжтрубного простору, а сам мембранний процес розділення здійснюється безпосередньо над рідиною, що значно знижує його ефективність та якість.

З рівня техніки відомо, що температурний режим розділення сумішей суттєво впливає на селективність і продуктивність баромембранного процесу. У зв'язку з цим в мембранні установки включають теплообмінник, розміщений, як правило, до ультра-фільтраційного апарату, що дозволяє регулювати і підтримувати заданий температурний режим процесу.

Відома система розділення рідких сумішей методом випаровування через мембрани, яка включає модуль мембранного розділення з вхідним патрубком, патрубками виведення ретанту та пермеату, патрубок підведення первинної суміші, пов'язаний з вхідним патрубком модуля мембранно-

го розділення через теплообмінник [5]. Недоліком відомої установки, вибраної як прототип, є те, що наявність додаткового апарату - теплообмінника обумовлює значні енерговитрати на теплоносії, що підвищує загальновиборні витрати.

Задачею, яка покладена в основу пропонованого технічного рішення є створення промислової системи для розділення рідких сумішей з метою виділення компоненти з високим ступенем чистоти, наприклад, для одержання зневодженого (абсолютизованого) паливного етанолу, забезпечивши при цьому енергозберігаючий технологічний процес.

Поставлена задача досягається тим, що в системі розділення рідких сумішей методом випаровування через мембрани, яка включає патрубок підведення первинної суміші, модуль мембранного розділення з патрубками виведення ретанту і пермеату, а також теплообмінник з нагрівною камерою, яка містить вхідний та вихідний патрубки, камерою теплоносія з патрубками подачі і виведення теплоносія, патрубок підведення первинної суміші пов'язаний з модулем мембранного розділення через нагрівну камеру теплообмінника, відповідно до заявленого технічного рішення система містить принаймні два послідовно сполучені модуля мембранного розділення, збірник ретанту і рекуператор з охолоджуючою та нагрівальною камерами, причому патрубок виведення ретанту останнього модуля пов'язаний із збірником ретанту через охолоджуючу камеру рекуператора, а патрубок підведення первинної суміші пов'язаний з вхідним патрубком нагрівної камери теплообмінника через нагрівальну камеру рекуператора. Задача вирішується також і тим, що вихідний патрубок нагрівної камери теплообмінника пов'язаний з вхідним патрубком модуля мембранного розділення через пароперегрівач, система містить три послідовно сполучені модуля мембранного розділення, причому між патрубком виведення ретанту попереднього модуля та вхідним патрубком наступного модуля встановлені додаткові пароперегрівачі, а також і тим, що система містить збірник пермеату, пов'язаний з патрубками виведення пермеату модулів мембранного розділення через конденсатори пермеату. Система також містить додатковий рекуператор з нагрівальною та нагрівальною камерами, причому нагрівальна камера додаткового рекуператора зв'язана з патрубком виведення теплоносія теплообмінника, а нагрівальна камера рекуператора зв'язана з вхідним патрубком нагрівної камери теплообмінника через нагрівальну камеру додаткового рекуператора. Патрубок виведення ретанту останнього модуля мембранного розділення пов'язаний із охолоджуючою камерою рекуператора через конденсатор ретанту, а охолоджуюча камера рекуператора пов'язана із збірником ретанту через холодильник.

Заданий технічний результат досягається за рахунок введення до системи декілька (щонайменше два) послідовно з'єднаних модулів мембранного розділення, що надає змогу одержання бажаної компоненти суміші з більш високим ступенем чистоти, а включення в технологічну схему контуру теплового зворотного зв'язку шляхом використан-

ня рекуператора дозволяє частину теплової енергії пароподібного ретанту передати для попереднього підігріву первинної суміші. Для досягнення більш високої температури пароподібного первинного продукту перед входом першого модуля мембранного розділення може бути встановлений пароперегрівач, який забезпечує додаткове підвищення температури суміші, а для підвищення енергозбереження в систему може бути включений додатковий рекуператор, який за рахунок тепловіддачі конденсату, відведеного з теплообмінника та пароперегрівача, здійснює додатковий підігрів суміші. Інші ознаки системи забезпечують потрібний регламент технологічного циклу.

На кресленні Фіг. 1 представлена технологічна схема, що пояснює роботу системи.

Система розділення рідких сумішей складається із теплообмінника 1 з камерою 2 теплоносія, яка містить патрубок 3 подачі та патрубок 4 виведення теплоносія, нагрівної камери 5 з вхідним патрубком 6 та вихідним патрубком 7. Система також містить пароперегрівач 8, з патрубками 9 подачі та 10 виведення теплоносія, вхідним 11 та вихідним 12 патрубками підведення та виведення первинної суміші, причому вихідний патрубок 7 нагрівної камери 5 теплообмінника 1 зв'язаний трубопроводом з вхідним патрубком 11 пароперегрівача 8. До складу системи входять три послідовно сполучених модуля 13 мембранного розділення з вхідними патрубками 14, патрубками 15 виведення ретанту та патрубками 16 виведення пермеату, причому вихідний патрубок 12 пароперегрівача 8 з'єднаний трубопроводом з вхідним патрубком 14 першого модуля 13 мембранного розділення, а між патрубками 15 виведення ретанту кожного попереднього модуля 13 та вхідними патрубками 14 кожного наступного модуля 13 встановлені додаткові пароперегрівачі 17. Система також містить збірник 18 первинного продукту з патрубком 19 підведення первинної суміші, збірник 20 ретанту та збірник 21 пермеату, який з'єднаний трубопроводами з патрубками 16 виведення пермеату кожного із модулів 13 мембранного розділення через конденсатори 22 пермеату. В систему також включені рекуператор 23 з охолоджуючою камерою 24 та нагрівальною камерою 25, додатковий рекуператор 26 з нагрівальною камерою 27 та нагрівальною камерою 28, а також конденсатор 29 ретанту та холодильник 30, причому патрубок 15 виведення ретанту останнього модуля 13 мембранного розділення з'єднаний трубопроводом з охолоджуючою камерою 24 рекуператора 23 через конденсатор 29 ретанту та далі через холодильник 30 зі збірником 20 ретанту. Збірник 18 первинного продукту з'єднаний трубопроводами з вхідним патрубком 6 нагрівної камери 5 теплообмінника 1 через послідовно підключені нагрівальну камеру 25 рекуператора 23 та нагрівальну камеру 27 додаткового рекуператора 26. Нагрівальна камера 28 додаткового рекуператора 26 підключена до патрубка 4 виведення теплоносія теплообмінника 1 та до патрубка 10 виведення теплоносія пароперегрівача 8. В трубопроводі включені також насоси 31.

Система працює таким чином.

Рідка первинна суміш, що підлягає розділенню, наприклад, спирт етиловий ректифікований подається на збірник 18 первинного продукту через патрубок 19 підведення первинної суміші та від нього далі насосом 31 спирт подається на зневоднення.

Попередня підготовка первинного продукту перед процесом випаровування здійснюється в нагрівальній камері 25 рекуператора 23 де він підігрівається до температури 125°C за рахунок теплоти сконденсованого ретанту та нагрівальної камері 27 додаткового рекуператора 26 де первинний продукт догрівається до температури 135 °C за рахунок тепловіддачі в нагрівальній камері 28 конденсату, відведеного з теплообмінника 1 та пароперегрівача 8.

У теплообміннику 1 первинний продукт під дією гріючої пари ($P = 4,0$ бар (надл.), $t = 151,8$ °C), що надходить з існуючої котельні, переходить в пароподібний стан. Подача гріючої пари регулюється автоматичним аналоговим клапаном (не показаний), підтримуючи необхідні параметри випаровування. Спиртова пара, що утворилася у теплообміннику 1 потрапляє в пароперегрівач 8, який працює як термосепаратор і перегріває спиртовий пар на 5 °C. Подача пари в пароперегрівач 8 регулюється автоматичним аналоговим клапаном для підтримання температури спиртової пари на виході 140 °C. Далі спиртова пара потрапляє на надходить в мембранні модулі 13 де здійснюється розділення компонентів парової суміші відбувається розділення суміші на молекулярному рівні за рахунок різниці тисків (на вході в модуль надлишковий тиск складає 5,5 бар; на виході розрідження - 0,95 бар). Паровий стан суміші сприяє більш ефективному розділенню, так як в паровій фазі зв'язки між молекулами значно слабші ніж у рідинній фазі. Необхідну різницю тисків створюють за допомогою теплообмінника 1, пароперегрівачів 8, 17 та насосів 31. Спиртова пара ($t = 140$ °C), звільнена від молекул води (ретант), направляється на конденсатор 29 ретанту (на який подається холодна вода), де конденсується. В результаті конденсування утворюється спиртовий конденсат, який проходить в охолоджуючу камеру 24 рекуператора 23 і охолоджується до температури 23-25 °C, при цьому нагрівачи первинний продукт в нагрівальній камері 25. Остаточне охолодження основного продукту до температури 20°C відбувається в холодильнику 30, де холодоагентом виступає холодна вода із системи оборотного контуру (не показаний).

Водяна пара, що пройшла через мембрани мембранних модулів (пермеат) з домішками спирту (до 10%) потрапляє на конденсатори 22 пермеату, де охолоджувальним агентом виступає вода, яка потім подається в збірник 21 пермеату за допомогою насоса 31. Контроль роботи мембранних модулів 13 здійснюється шляхом відбору проб після конденсаторів 22 з пробовідбірників (не показані).

Джерела інформації:

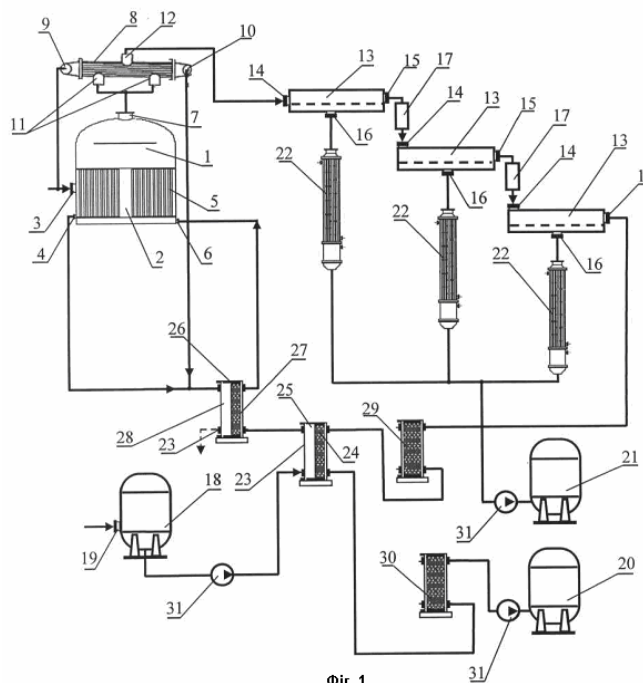
1. Патент Російської Федерації на винахід № 2113895, B01D63/06, публ. 27.06.1998.

2. Патент Російської Федерації на винахід № 2134609, B01D63/06, публ. 20.08.1999.

3. Патент України на винахід № 33762, B01D 63/06, публ. 15.02.2001.

4. Патент Російської Федерації на винахід № 2114688, B01D63/06, публ. 10.07.1998.

5. Патент Російської Федерації на винахід № 2113892, B01D63/06, публ. 27.06.1998.



Фиг. 1