



УКРАЇНА

(19) UA (11) 86828 (13) C2

(51) МПК

B01D 3/16 (2006.01)

B01D 3/32 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

## (54) ОДНОКОЛОННИЙ РЕКТИФІКАЦІЙНИЙ ПРИСТРІЙ

1

(21) а200702252

(22) 02.03.2007

(24) 25.05.2009

(46) 25.05.2009, Бюл.№ 10, 2009 р.

(72) ЮРЧАК ВАСИЛІЙ ЙОСИПОВИЧ, UA, ЛЕВІН  
ОЛЕКСАНДР ЙОСИПОВИЧ, UA(73) ЮРЧАК ВАСИЛІЙ ЙОСИПОВИЧ, UA, ЛЕВІН  
ОЛЕКСАНДР ЙОСИПОВИЧ, UA

(56) SU 1340787 A1, 30.09.1987

SU 1274700 A1, 07.12.1986

SU 1095919 A, 07.06.1984

RU 2013102 C1, 30.05.1994

RU 2118906 C1, 20.09.1998

US 5049319, 17.09.1991

US 5047179, 10.09.1991

US 3464679, 02.09.1969

Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: ГХИ, 1961. - С.562-566.

2

Оборудование спиртовых заводов./ Под ред. С.П. Колоскова - М.: Пищевая промышленность, 1975. С.165-167

(57) 1. Одноколонный ректификационный пристрій, що містить дефлегматор, холодильник і колону, яка складається з двох частин: колони зміцнення і колони виснаження, з установленими в них тарілками, причому тарілки виконані у вигляді кругів з отворами і мають приймальну й зливальну чаші, які утворені перегородками, та зливальні пристрої, а також містить трубопроводи подачі пари, рідини та трубопроводи відводу летючих компонентів і рідини - залишку, який **відрізняється** тим, що забезпечений принаймні на одній тарілці похилими лотками.2. Одноколонний ректификаційний пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що похилі лотки встановлені з нахилом 1°-15° у бік зливної чаші.

Винахід відноситься до пристроїв для розподілу сумішей рідин, а саме до ректифікаційних колонних пристроїв й може бути використаний для ректифікації як чистих (що не містять зависів рідин), так і для сумішей, що містять завислі (супендовані) тверді частинки в різних галузях промисловості, зокрема в спиртовій, нафтопереробній, хімічній, газовій, фармацевтичній та інших.

Основна частина ректифікату на заводах виробляється на ректифікаційних колонних пристроях з відкритою поверхнею контакту компонентів, що утворюється в процесі руху потоків рідини. Для одержання ректифікату використовують як одноколонні, так і багатоколонні пристрої. Основним елементом таких пристроїв є тарілки зі зливними пристроями чи без них (провальні). Тарілки зі зливними пристроями розподіляються на ситчаті (ситоподібні), ковпачкові, клапанні, уніфлюкс, пластинчаті та лускаті (лускоподібні) та характеризуються тим, що на них злив рідини з тарілки на тарілку відбувається через зливні пристрої. Пара же проходить через отвори в тарілках.

У провальних тарілках рідина зливається через ті ж отвори, через які проходить пара.

Простота конструкції є головним достоїнством ситоподібних тарілок. Отвори ситоподібної тарілки виконують круглими чи прямокутними. Зливні пристрої виконують у вигляді труб (стаканів). Для рівномірного розподілу рідини на тарілці встановлюють хордові зливні перегородки [Стабников В. И. Ректификационные аппараты. - М. - «Машиностроение», 1965. - С.32-33].

Ситоподібні тарілки, як і інші тарілки зі зливними пристроями, мають суттєвий дефект, котрий полягає в тому, що рівень рідини на них неоднаковий. При течії рідини рівень її падає від місця входу на тарілку до місця зливу тарілки. Тарілки зі зливними пристроями працюють нерівномірно, так як пара намагається проходити в ті отвори тарілки, які розташовані в зоні найменшого рівня рідини.

Причому нерівномірність роботи ситоподібної тарілки визивається не тільки зменшенням рівня в напрямку потоку рідини на тарілці. Падіння рівня при течії по тарілці світлої рідини зовсім мало. Причиною нерівномірності, як подовжньої, так і

(13) C2

(11) 86828

(19) UA

поперечної, певно, є та обставина, що при барботажі на тарілці виникають миттєві зони барботажу там, де рівень нижче й де газонаповненість більша. Чим більше діаметр тарілки, тим більше поперечна нерівномірність і тим нижче коефіцієнт корисної дії (ККД) тарілки.

Основними напрямками створення оптимальних умов експлуатації ректифікаційних колонних пристроїв є забезпечення максимального контакту пари й рідини на тарілках. Гідродинамічні режими роботи ситоподібних тарілок змінюються зі збільшенням швидкості подачі пари. При малих швидкостях пара має бульбашковий режим, при збільшенні швидкості пари режим переходить у струминний, далі в пінний і, наприкінці, в інжекційний, при якому винос рідини сильно зростає. Робочими режимами ситоподібної тарілки є струминний і пінний.

Конструкція контактної поверхні тарілок пристрою повинна забезпечити як можна більшу величину масообміну. Це досягається в першу чергу шляхом створення розвитої поверхні контакту фаз і правильно спрямованого відводу рідини й пара, що контактують між собою. До того ж нормальна течія рідини повинна бути забезпечена вірно підібраними розмірами зливних пристроїв і вірним їх встановленням.

Недоліком такого ректифікаційного пристрою є низький ступінь поділу рідини, що переробляється, тому що піна й бризи рідини, котрі вже містять меншу кількість летючого компонента, після контактування вертаються (падають) у рідину на ту саму тарілку на якій вони утворилися, що різко зменшує продуктивність й знижує якість одержуваного кінцевого продукту.

Відомий одноколонний брагоперегінний пристрій [П.С. Цыганков Браго-ректификационные установки. - М. - «Пищевая промышленность», - 1970. - С.86-89], який являє собою типову відгінну ректифікаційну колону, призначену для виділення з бражки спирту. Разом зі спиртом відбувається також виділення летючих домішок (летючих компонентів). Бражка - рідина, що заброджена, - являє собою складний комплекс різних речовин: води, етилового спирту, екстрактивних речовин, завислі (суспендовані) тверді частинки та цілого ряду летючих домішок. Склад рідини, що зброджується, змінюється в залежності від виду вихідної сировини. Наприклад зерно-картопляна бражка містить значну кількість завислих (суспендованих) частинок і має більшу в'язкість чим бражка, що отримана з бурякової цукрової меласи (патоки).

Ректифікаційна колона містить 18-22 одноковпачкові тарілки або 22-24 ситоподібні. Відстань між одноковпачковими тарілками приймається 240, 280 і 340мм, між ситоподібними - 500-550мм. Ситоподібні тарілки встановлюються в колонах діаметром 1500мм і більше, одноковпачкові подвійного кип'ятіння (подвійного виварення) - від 650 до 1500мм і одноковпачкові одинарного кип'ятіння - 650мм і менш. Діаметри колон нормалізовані. Для колон з одноковпачковими тарілками прийняті наступні внутрішні діаметри в мм: 500; 600; 800 (850); 1000; 1200; 1400; 1600; для колон із ситоподібни-

ми тарілками: 500; 600; 700; 800; 1000; 1200; 1400; 1600; 1800; 2000.

Все устаткування й трубопроводи, що стикаються з напівпродуктами й продуктами ректифікації, виготовляються з міді марки Мзр (ДЕРЖСТА-НДАРТ 617-64). Окремі деталі можуть бути виготовлені із бронзи або латуні. Зовнішні деталі (фланці, болти, кронштейни й т.д.) - зі сталі марки Ст. 3. Царги й тарілки бражних колон виготовляються з мідного листа товщиною 2,5-5мм. Тарілки можуть бути виготовлені з латуні Л-62. Можливе виготовлення ректифікаційних пристроїв також з кислототривкої нержавіючої сталі.

Бражка міцністю 5-10% подається на верхню тарілку при температурі 50-90°C Попередньо підігріта бражка перед надходженням у бражну колону піддається епіюрації (пропускається через сепаратор вуглекислоти) в результаті чого вона звільняється від головних домішок і залишку вуглекислоти. З верхньої частини колони виділяються пари, збагачені етиловим спиртом і супутніми йому летучими домішками, а з нижньої частини колони видаляється барда - рідина, що у достатній мірі звільнена від етилового спирту (летючого компонента).

Відомий одноколонний брагоперегінний пристрій дозволяє відводити із верхньої частини колони спирто-водні пари міцністю, що звичайно залежить від міцності й температури вихідної бражки й парового числа,  $Y_D \div 30-60\% \text{ об.} \approx 25 \div 52\% \text{ мас.} \approx 11,5 \div 29,8\% \text{ мол.}$  Припустимий зміст спирту в барді не більше  $X_D = 0,015\% \text{ об.} \approx 0,012\% \text{ мас.} \approx 0,004\% \text{ мол.}$  Проте недоліком відомого пристрою є нерівномірність роботи тарілок, так як пара намагається проходити в ті отвори тарілки, що розташовані в зоні найменшого рівня рідини. Це знижує коефіцієнт корисної дії (ККД) тарілки. Щоби усунути нерівномірність барботажу та підвисити ККД тарілки ситоподібні тарілки встановлюють з нахилом у бік потоку рідини. При наявності нахилу рівень рідини на тарілці зостається постійним по всій її поверхні. Проте встановлювання таких тарілок є досить трудомістким процесом, що значно ускладнює конструкцію такого ректифікаційного пристрою.

Найбільш близьким за технічною сутністю та результатом, що досягається, щодо запропонованого винаходу, є одноколонний брагоперегінний апарат (одноколонний ректифікаційний пристрій), який містить дефлегматор, холодильник і колону [С.П. Колосков, Яровенко В.Л., Стабников В.Н. Устинников Б.А. «Оборудование спиртовых заводов», М., Пищевая промышленность. - 1975. - С.165-167]. Дефлегматор виконаний двобарабанним. Кілька труб верхнього барабана охолоджуються водою. Холодильник виконаний комбінованим. Верхня частина - трубчаста - служить для конденсації пари-сирцю, нижня - змієвикова - призначена для охолодження конденсату. Пробний холодильник контролює вміст спирту в барді, що відводиться. Колона пристрою складається із двох частин: колони зміцнення (спиртової); і колони виснаження (виварної або бражної). Колона пристрою має в частині зміцнення 14 сітчатих (ситоподібних) тарілок, а у частині виснаження 19 одно-

ковпачкових тарілок, а також має труби відводу бражки, пари та води й труби відводу спирту-сирцю (летючих компонентів) та барди.

Відомий перегінний апарат (одноколонний ректифікаційний пристрій) для поділу (розділення) сумішей рідин по їх летючості складається із царг (5-10 штук), циліндричної обичайки, усередині якої вмонтовані ситоподібні чи одноковпачкові тарілки на відстані від 100мм до 500мм одна від другої. Тарілки виконані у вигляді кругів з листової міді, які перекривають весь діаметр царги. Частина площі тарілки (20%) займають прийомна й зливальна чаші, які утворені хордовими перегородками. Внутрішня частина тарілки проміж перегородками (до 80%) має велику кількість отворів (діаметром 3-12мм).

Отвори в тарілці призначені для проходження пари. Прийомна чаша тарілки призначена для прийому рідини. Зливальна чаша призначена для її розподілу (рівномірного) переливу по тарілці. Зливальний пристрій - відрізок труби (стакан), призначений для зливу (самопливного) з верхньої тарілки рідини на нижню. По центру тарілок установлюють опорний штир щоби тарілка не прогиналася під шаром рідини й власною вагою, а в царгах великого діаметра встановлюють по кілька таких опорних штирів.

Апарат (одноколонний ректифікаційний пристрій) працює наступним чином: бражка - рідина, що поділяється, - насосом по трубопроводу подається в дефлегматор, де нагрівається паром, що конденсується. Підігріта рідина (бражка) надходить на верхню тарілку колони виснаження. При стіканні по тарілках колони із бражки виварюється етиловий спирт (летючий компонент). Водяна пара, що гріє, надходить по трубі в нижню (кубову) частину колони виснаження. Звільнена від спирту бражка - барда (рідина, що звільнена від летючого компонента) відводиться по іншій трубі. Пари води та летючого компонента, що піднімаються з верхньої тарілки колони виснаження, надходять у колону зміцнення, де пари зміцнюються при взаємодії із флегмою, що стікає в цій колоні. Флегма утворюється в дефлегматорі з пару, що підіймається вгору по колонні. Продукт перегонки - пари, що насичені водою з летючими компонентами, надходять у холодильник, де, конденсуючись, утворюють спирт-сирець, що відводиться по трубі. Труби холодильника охолоджуються водою, що подається по трубі. Спирт-сирець містить усі летючі компоненти етилового спирту (етанола), наявного в бражці (рідині, що поділяється.).

Одноколонний брагоперегінний апарат (одноколонний ректифікаційний пристрій), що вибраний за прототип, дозволяє шляхом створення розвинутої поверхні контакту фаз і правильно спрямованого відводу рідини й пара, що контактують між собою здійснити процес поділу рідини в протитечії, при якому пара подається через трубу подачі пари у нижній частині колони виснаження й рухається через отвори тарілок низу нагору, а назустріч їй зверху вниз, по зливних пристроях, рухається рідина, що подається з дефлегматора. При досить великому шляху контакту потоків пари й рідини, що рухаються протилежно, можна одержати пар,

що виходить із труби відводу летючих компонентів у верхній частині колони зміцнення і являє собою більш-менш чистий легколетючий компонент, конденсація якого дає дистилат, а з нижньої частини колони виснаження через трубу відводу - одержати рідину, що порівняно звільнена від летючого компонента, так званий кубовий залишок (барда).

Проте недоліком такого ректифікаційного пристрою є нерівномірність рівня рідини на ситоподібних тарілках, який падає від місця входу на тарілку до місця зливу з тарілки, що знижує коефіцієнт корисної дії (ККД). Крім того недоліком є низький ступінь ректифікації, тому що піна й бризи, котрі утворюються в процесі контактування пари та рідини і містять вже меншу кількість летючих компонентів, що поділяються, при збільшенні швидкості пари у струминному, а надалі й в пінному режимах, вертаються (знову падають) у рідину на ту саму тарілку, на якій вони утворилися. Це також знижує ККД тарілки, що зменшує продуктивність й знижує якість одержуваного кінцевого продукту.

В основу винаходу, що заявляється, поставлена задача удосконалення ректифікаційного колонного пристрою, в якому шляхом введення додаткових конструктивних елементів та з'єднання відомих, при створенні оптимальних умов експлуатації та забезпеченні максимального контакту пари й рідини на тарілках, дозволило б значно підвищити ККД тарілки, і, тим самим, підвищити продуктивність пристрою та якість одержуваного кінцевого продукту, підвищити економічність та розширити область використання.

Поставлена задача досягається тим, що одноколонний ректифікаційний пристрій, що містить дефлегматор, холодильник і колону, яка складається з двох частин: колони зміцнення і колони виснаження, з установленими в них тарілками, причому тарілки виконані у вигляді кругів з отворами і мають приймальну й зливальну чаші, які утворені перегородками, та зливальні пристрої, а також містить трубопроводи подачі пари, рідини та трубопроводи відводу летючих компонентів і рідини - залишку, згідно винаходу, додатково містить на, принаймні одній, тарілці похилі лотки.

До того ж похилі лотки можуть бути встановлені на тарілках з нахилом 1°-15° убік зливальної чаші.

Винахід, що заявляється, дозволяє підвищити коефіцієнт корисної дії (ККД) тарілки, і, тим самим, підвищити продуктивність пристрою та якість одержуваного кінцевого продукту, підвищити економічність та розширити область використання.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю суттєвих ознак та технічним результатом, що досягається, полягає в наступному

Розміщення на тарілках одноколонного ректифікаційного пристрою додаткових похилих лотків дозволяє уловлювати піну й бризи, котрі утворюються в процесі контактування пари та рідини, що збільшує контакт у плівчастому режимі, а надалі й в пінному режимі, і направляти їх до зливальної чаші. Де вони через зливальний пристрій відразу подаються у приймальну чашу на тарілку, що розташована нижче, а не вертаються (знову падають) у рідину на ту саму тарілку, на якій вони

утворилися, що в значній мірі підвищує коефіцієнт корисної дії (ККД) тарілки, процес розподілу рідини прискорюється, і тим самим, підвищується продуктивність пристрою.

Встановлення лотків на тарілках з нахилом  $1^{\circ}$ - $15^{\circ}$  убік зливальної чаші забезпечує достатній стік рідини, що утворена з бриз та піни, без переливу її через край лотків, що також підвищує коефіцієнт корисної дії та якість одержуваного кінцевого продукту, за рахунок більше глибокого поділу на компоненти в піні та бризах.

Конструкція одноколонного ректифікаційного пристрою пояснюється кресленнями.

На Фіг.1 наведена загальна схема одноколонного ректифікаційного пристрою.

На Фіг.2 наведена схема верхньої частини колони одноколонного ректифікаційного пристрою.

На Фіг.3 наведений переріз по А-А колони одноколонного ректифікаційного пристрою.

Одноколонний ректифікаційний пристрій (Фіг.1) містить дефлегматор 1, холодильник 2 і колону 3. Колона 3 складається з двох частин: колони зміцнення 4 і колони виснаження 5, в яких установлені тарілки 6, причому тарілки виконані у вигляді кругів з отворами і мають приймальну 7 й зливальну 8 чаші (Фіг.2, 3), які утворені перегородками 9, наприклад, хордовими, а також зливальні пристрої 10. Окрім цього колона містить трубопровід (трубу) подачі пари 11, трубопроводи подачі рідини 12, 13 та трубопроводи відводу летючих компонентів 14, 15 і трубопровід відводу рідини - залишку 16, що звільнена від летючих компонентів. Колона 3 додатково містить на, принаймні одну, тарілку 6 похилі лотки 17. Причому похилі лотки 17 встановлені з нахилом  $1^{\circ}$ - $15^{\circ}$  убік зливальної чаші 8.

Лотки 17 виготовляються з листової міді або нержавіючої сталі. Сумарна площа лотків однієї тарілки становить 35-60% стосовно площі тарілки. Лотки 17 закріплюються, в варіанті виконання, пайкою або зварюванням. Один кінець лотка 17 кріпиться на перегородці 9 зливальної чаші 8, інший кінець - піднятий - на спеціальній стійці 18.

Одноколонний ректифікаційний пристрій працює наступним чином.

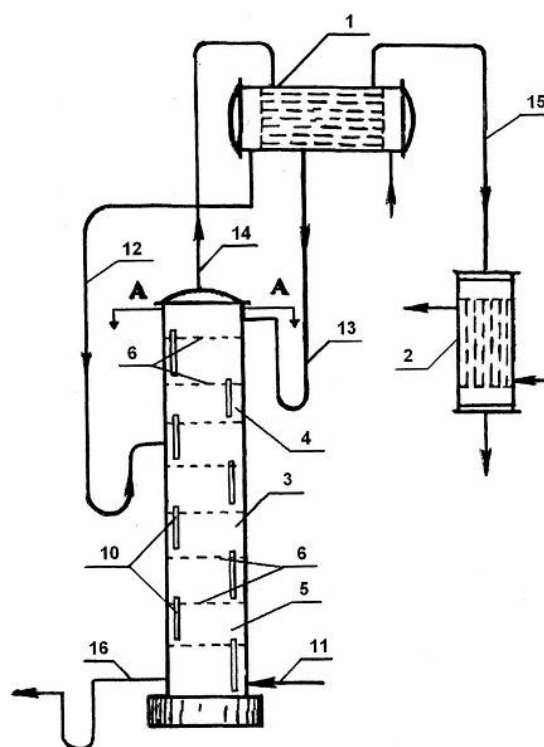
Рідина, що поділяється, по трубопроводу насосом (не наведені) подається в дефлегматор 1, де нагрівається парою. Пара по трубопроводу 14 відводиться з колони 3 і в дефлегматорі 1 конденсується. Підігріта рідина, наприклад бражка, надходить трубопроводом 12 на верхню тарілку 6 колони виснаження 5 для звільнення від летючих компонентів. Звільнена від летючого компонента рідина - барда - видаляється по трубопроводу 16. При цьому рідина (флегма), що утворюється в дефлегматорі 1 з пару, який підіймається вгору по колоні 3, попадає по трубопроводу 13 з дефлегматора 1 в приймальну чашу 7 тарілки 6 колони зміцнення 4. Рівномірно переливаючись через борт приймальної чаші 7, вона шаром на тарілці 6

переливається через борт зливальної чаші 8 й по зливальному пристрою 10 попадає на тарілку 6, що розташована нижче. Шар рідини на тарілці висотою 10-40мм, постійно пронизується паром (барботує), яка надходить по трубопроводу 11 в нижню частину колони виснаження 5 (кубову) та проходить через отвори в тарілках 6.

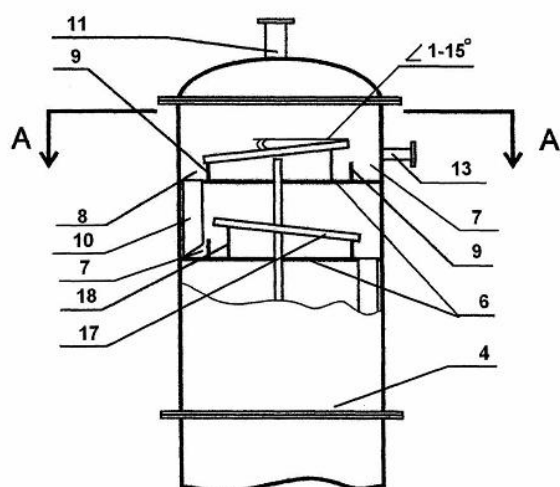
Пари води та летючого компонента, що піднімаються з тарілок 6 колони виснаження 5 надходять у колону зміцнення 4, де пари зміцнюються при взаємодії із рідиною, що поступає з дефлегматора 1 (флегмою) та стікає в цій колоні 4. Продукт ректифікації - водні пари, насичені летючим компонентом, надходять по трубопроводу 15 у холодильник 2, де, конденсуючись, утворюють спирт-сирець, що відводиться по трубопроводу (не наведений). Труби холодильника 2 охолоджуються водою, що циркулює по них.

Під час проходження пари через рідину на тарілці 6 здійснюється контакт фаз пари й рідини. У цей момент більш важкий летючий компонент пари конденсується й переходить у рідку фазу (рідина), а більш легко летючий компонент рідини на тарілці 6 випаровується й переходить у парову фазу. Здійснюється масообмін компонентів. Але відомо, що найбільш ефективно масообмін відбувається в плівковому режимі, тобто в піні й бризах, які утворюються над рідиною тарілки 6 в результаті барботажу рідини паром. Однак, якщо пара надходить прямотечею через тарілку 6, що розташована вище, то рідина, що утворилася з піни й бриз, вертається на ту саму тарілку 6, на якій утворилася, що є недоліком роботи відомих пристроїв. В той час, у запропонованому як винахід одноколонному ректифікаційному пристрої, відбувається процес уловлювання піни й бризів, котрі утворилися на тарілці 6, в процесі контактування пари та рідини і містять вже меншу кількість летючого компонента, що поділяється, при збільшенні швидкості пари у струминному, а надалі й в пінному режимах. Піна й бризи не вертаються у рідину на ту саму тарілку 6, на якій вони утворилися, а уловлюються похилими лотками 17, після чого вони самотпливом через зливальний пристрій 10 відразу подаються у приймальну чашу 7 на тарілку 6, що розташована нижче, що в значній мірі підвищує коефіцієнт корисної дії (ККД) тарілки, процес розділення рідини прискорюється, і тим самим, підвищується продуктивність пристрою. Крім цього, за рахунок відводу частини рідини не по тарілці, а по лотках зменшується нерівномірність рівня рідини, що також підвищує ККД тарілки.

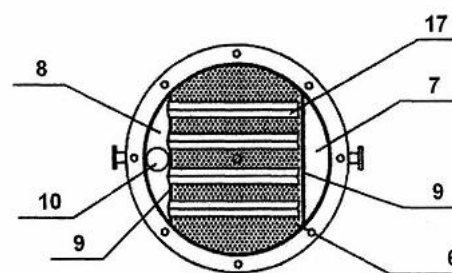
Запропонована конструкція одноколонного ректифікаційного пристрою забезпечує високу інтенсивність і ефективність масообміну. Раціональний вибір технологічної схеми ректифікації запропонованого пристрою дозволяє підвищити продуктивність роботи колони та якість одержуваного кінцевого продукту, зменшити енергоємність, і тим самим підвищити економічність.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3