

## СПОСІБ ПЕРЕЛИВУ РІДИНИ ПО ТАРІЛКАХ МАСООБМІННОГО КОЛОННОГО АПАРАТА

Винахід відноситься до процесів масообміну у колонних апаратах, а саме, до процесів масообміну у тарілчастих апаратах, і може бути використаний у таких галузях як хімічна, нафтопереробна, нафтохімічна, харчова промисловість та у виробництві біоетанолу.

У колонних апаратах, що містять тарілки, масообмін між рідиною і парою відбувається на тарілках під час проходження пари крізь шар рідини. Необхідними умовами для проведення ефективного масообміну є створення розвинутої поверхні контакту фаз і такого гідродинамічного режиму, за якого коефіцієнт масопередачі буде найбільшим. В усіх випадках на тарілках необхідно тимчасово утримувати певний рівень рідини, через який проходить пара, та забезпечити періодичний перелив рідини з верхніх тарілок на нижні. Ці умови створюють шляхом подання рідини на верхню тарілку колонних апаратів та її переливу з тарілки на тарілку за допомогою переливних пристроїв. Найпростішим із відомих пристроїв для переливу рідини є переливні трубки, що встановлені вертикально, а їх верхні кінці підняті на задану висоту над рівнем тарілок (П.С. Цыганков. Ректификационные установки спиртовой промышленности. М. «Легкая и пищевая пром-сть», 1984. С.70.). Недоліком таких пристроїв є неможливість забезпечення циклічного способу переливу рідини в режимі безперервної подачі пари та живлення в колонний апарат, неможливість регулювання об'ємної швидкості переливу рідини з тарілки на тарілку, а також перемішування рідини на суміжних тарілках під час її переливу.

Відомий спосіб масообміну між рідиною і парою в колонному апараті (патент RU № 205016; опубл. 20.12.1995, бюл. №36), що передбачає періодичний (циклічний) рух рідини після її затримки на тарілках зверху вниз при безперервній подачі гріючої пари в кубову частину апарата. Для забезпечення

циклічного руху рідини потік пари почергово відсікають на кожній тарілці знизу до верху за допомогою клапанів, розташованих на байпасних трубопроводах.

Спосіб дозволяє забезпечити циклічний рух рідини по тарілках в період відкриття відповідних клапанів і спрямування пари через відповідні байпасні трубопроводи та виключити її перемішування з порціями рідини, що знаходяться на нижніх суміжних тарілках.

Недоліком способу є зниження ефективності масообміну на тарілках через відсутність контакту пари та рідини в період байпасування пари і переливу рідини, збільшення питомої витрати пари, а також зменшення пропускної здатності колонного апарата по рідині за рахунок відсутності переливних пристроїв (рідина проливається з тарілки на тарілку тільки через барботажи отвори, тому інтенсивність її переливу зменшується).

Найбільш близьким до запропонованого способу по технічній сутності та результату, що досягається, є спосіб переливу рідини по тарілках колонного апарата в процесі масообміну між парою та рідиною (патент UA № 89874; опубл. 10.03.10, бюл. №5/2010), який включає періодичний перелив рідини з тарілки на тарілку без її перемішування на суміжних тарілках при безперервній подачі грючої пари в колонний апарат, що містить тарілки та принаймні один пристрій для переливу рідини з тарілки на тарілку, принаймні один рухомий елемент, і один приводний механізм, зв'язаний із рухомим елементом і який періодично приводить рухомий елемент у рух. Перелив рідини з тарілки на тарілку здійснюють за допомогою пристроїв для переливу у два послідовних етапи, які повторюються періодично у часі почергово, а саме: на першому етапі рідина одночасно переливається тільки з кожної непарної за порядком розташування тарілки на кожну наступну парну тарілку по всій висоті колони, а на другому етапі перелив рідини перелив рідини відбувається одночасно тільки з кожної парної на кожну наступну непарну тарілку по всій висоті колони.

Недоліками відомого способу є зменшення ефективності масообміну між рідиною і парою на ступенях контакту, зниження коефіцієнтів корисної дії тарілок, роздільної здатності колонного апарата та його пропускної здатності по

рідині, а також збільшення питомої витрати гріючої пари через відсутність рідини на всіх парних тарілках під час її затримки на непарних тарілках і навпаки (згідно способу масообмін відбувається тільки на парних або непарних за порядком розташування тарілок, тому при повному переливі рідини одночасно працюють тільки половина тарілок колонного апарата). Для забезпечення заданої потужності установок (наприклад, брагоректифікаційних), в схему яких включені колони, дія яких відбувається за вищевказаним способом, в колонних апаратах циклічної дії необхідно збільшувати витрати рідини, що надходить на тарілки живлення. Це призводить до збільшення опору тарілок, на яких знаходиться рідина, бризковиносу рідини на верхні тарілки та підвищеної витрати пари. Для виключення вищевказаних недоліків необхідно збільшувати габаритні розміри колонних апаратів, що вимагає збільшення витрати гріючої пари, металоємності обладнання та його собівартості.

В основу винаходу поставлена задача підвищити ефективність масообміну між рідиною і парою на тарілках колонного апарата, збільшити його пропускну здатність по рідині, виключити бризковиніс рідини з нижніх тарілок на верхні, зменшити металоємність апарата, знизити його собівартість та скоротити питому витрату гріючої пари.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб переливу рідини по тарілках масообмінного колонного апарата включає періодичний перелив рідини з тарілки на тарілку після завершення заданого часу затримки рідини на тарілках у два послідовних етапи, які повторюються періодично у часі почергово: на першому етапі рідина синхронно переливається з кожної непарної за порядком розташування тарілки на кожну наступну парну тарілку, а на другому етапі рідина синхронно переливається з кожної непарної за порядком розташування тарілки на кожну наступну парну тарілку без її перемішування на суміжних тарілках по всій висоті апарата, що містить принаймні один пристрій для переливу рідини з тарілки на тарілку, принаймні один рухомий елемент і один приводний механізм, який зв'язаний із рухомим елементом і періодично приводить рухомий елемент у рух. Згідно винаходу перелив рідини з тарілки на

тарілку на кожному етапі здійснюють у дві стадії: на першій стадії переливається частина рідини в кількості 30-70 % від об'єму рідини, що знаходиться на тарілці, і після закінчення заданого часу затримки рідини на суміжних тарілках відбувається друга стадія, протягом якої переливається друга частина рідини, після чого етапи переливу повторюються.

Причинно-наслідковий зв'язок між запропонованими ознаками і технічним результатом полягає в наступному.

Запропонований спосіб переливу рідини з тарілки на тарілку у дві стадії (частинами) дозволяє задіяти в роботу одночасно всі тарілки колонного апарата і таким чином збільшити його потужність, пропускну здатність, підвищити ефективність масообміну між рідиною і паром на тарілках та зменшити питому витрату греючої пари. Таке технічне рішення дає можливість зменшити рівень рідини на тарілках, виключити бризковиніс рідини з нижніх тарілок на верхні, зменшити опір тарілок, підвищити роздільну здатність апарата, зменшити його габаритні розміри без зниження пропускну здатності по рідині, металоемкість і собівартість. В порівнянні з прототипом кількість тарілок, на яких одночасно відбувається масообмін між рідиною і паром, збільшується в два рази за однакових габаритних розмірів апарата.

Для здійснення способу колонний апарат оснащується масообмінними провальними тарілками - ґратчастими, колосниковими, трубчастими, сітчастими (плоскими або хвилястими), лускоподібними та ін. Отвори для проходження пари в їх контактних елементах виконуються в полотні тарілки. Відсутність зливних пристроїв спрощує конструкцію тарілок і дозволяє збільшити площу контакту рідини і пари на 15-30 %.

На фігурах, наведених нижче, представлені фрагменти колонного масообмінного апарата у розрізі на різних етапах переливу рідини і продемонстровано один із можливих варіантів виконання запропонованого способу.

*Фіг. 1* – період перед першим етапом переливу рідини з тарілку на тарілку. Рідина знаходиться на непарних за порядком розташування тарілках.

*Fig. 2* – перша стадія першого етапу синхронного переливу рідини з непарних тарілок на парні по всій висоті колони: переливається частина рідини в кількості 30-70 % від об'єму рідини, що знаходиться на непарних тарілках.

*Fig. 3* – закінчення першої стадії першого етапу переливу: рідина знаходиться на всіх тарілках колонного апарата, відбувається контрольована у часі затримка рідини на тарілках для її контакту з парою.

*Fig. 4* - друга стадія першого етапу синхронного переливу рідини з непарних тарілок на парні по всій висоті колони: переливається друга частина рідини (її залишки) в кількості 70-30 % від об'єму рідини, що знаходиться на непарних тарілках.

*Fig. 5* - після закінчення першого етапу переливу рідина знаходиться тільки на парних тарілках.

*Fig. 6* – перша стадія другого етапу синхронного переливу рідини з парних тарілок на непарні по всій висоті колони: переливається частина рідини в кількості 30-70 % від об'єму рідини, що знаходиться на парних тарілках.

*Fig. 7* – закінчення першої стадії другого етапу переливу: рідина знаходиться на всіх тарілках колонного апарата, відбувається контрольована у часі затримка рідини на тарілках для її контакту з парою.

*Fig. 8* – друга стадія другого етапу синхронного переливу рідини з парних тарілок на непарні по всій висоті колони: переливається друга частина рідини (її залишки) в кількості 70-30 % від об'єму рідини, що знаходиться на парних тарілках.

Після закінчення другої стадії другого етапу переливу рідина знаходиться тільки на парних за порядком розташування тарілках.

Масообмінний колонний апарат містить корпус *1* (*fig. 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 барботажними елементами *10*, які забезпечують масообмін між рідиною і парою. В якості барботажних елементів можуть бути застосовані контактні пристрої будь-якої відомої конструкції, наприклад,

ковпачки та ін. Колонний апарат оснащено пристроями для переливу рідини з тарілки на тарілку 4 і 5, основними складовими яких є рухомі елементи 6 і 7. Елементи 6 і 7 зв'язані з відповідними приводними механізмами 8 і 9, які періодично приводять їх у рух. Пристрої для переливу рідини мають таку конструкцію і таке розташування рухомих елементів, завдяки яким відбувається перелив рідини синхронно по всій висоті колони тільки з усіх непарних або тільки з усіх парних тарілок на нижче розташовані тарілки.

Спосіб переливу рідини у колонному апараті здійснюють наступним чином. Рідину безперервно подають на тарілку живлення колонного апарата. Гріюча пара постійно надходить у нижню його частину. Рухомі елементи 6 і 7 знаходяться у початковому положенні, в якому перелив рідини з тарілки на тарілку відсутній (*fig. 1*).

На першому етапі переливу за допомогою приводного механізму 8 рухомі елементи 6 рухаються вниз і відкривають переливні отвори на непарних тарілках 3. Відбувається перша стадія переливу рідини: з кожної непарної тарілки 3 на кожен наступну парну тарілку 2 синхронно по всій висоті колонного апарата переливається частина рідини в кількості 30-70 % від об'єму рідини, що знаходиться на непарних тарілках (*fig. 2*). Після закінчення переливу частини рідини приводний механізм 8 повертає рухомі елементи 6 у початкове положення, в якому вони закривають переливні отвори на непарних тарілках 3, і перелив рідини з тарілки на тарілку припиняється. Після закінчення першої стадії переливу рідина знаходиться на всіх тарілках апарата заданий термін часу; відбувається контрольована у часі затримка рідини на тарілках для подовження контакту пари і рідини (*fig. 3*). Після закінчення часу затримки за допомогою приводного механізму 8 рухомі елементи 6 рухаються вниз і знову відкривають переливні отвори на непарних тарілках 3. Відбувається друга стадія переливу рідини: з кожної непарної тарілки 3 на кожен наступну парну тарілку 2 синхронно по всій висоті колонного апарата переливається друга частина рідини (залишки рідини в кількості 30-70 % від початкового об'єму рідини, що знаходилась на непарних тарілках на початку першої стадії (*fig. 4*)). Після

закінчення другої стадії переливу рідини приводний механізм 8 повертає рухомі елементи 6 у початкове положення, в якому вони закривають переливні отвори на непарних тарілках 3. На цьому закінчується перший етап переливу. Рідина знаходиться тільки на парних за порядком розташування тарілок (fig. 5).

Відразу після закінчення першого етапу розпочинається другий етап переливу рідини. За допомогою приводного механізму 9 рухомі елементи 7 рухаються вниз і відкривають переливні отвори на парних тарілках 2. На цьому етапі відбувається перша стадія переливу рідини: з кожної парної тарілки 2 на кожен наступну непарну тарілку 3 синхронно по всій висоті колонного апарата переливається частина рідини в кількості 30-70 % від об'єму рідини, що знаходиться на парних тарілках (fig. 6). Після закінчення переливу частини рідини приводний механізм 9 повертає рухомі елементи 7 у початкове положення, в якому вони закривають переливні отвори на парних тарілках 2, і перелив рідини з тарілку на тарілку припиняється. Після закінчення першої стадії другого етапу переливу рідини знаходиться на всіх тарілках апарата заданий термін часу; відбувається контрольована у часі затримка рідини на тарілках для подовження контакту пари і рідини (fig. 7). Після закінчення часу затримки за допомогою приводного механізму 9 рухомі елементи 7 рухаються вниз і знову відкривають переливні отвори на парних тарілках 2. Відбувається друга стадія переливу рідини: з кожної парної тарілки 2 на кожен наступну непарну тарілку 3 синхронно по всій висоті колонного апарата переливається друга частина рідини (залишки рідини в кількості 30-70 % від початкового об'єму рідини, що знаходилась на парних тарілках на початку першої стадії (fig. 8)). Після закінчення другої стадії переливу рідини приводний механізм 8 повертає рухомі елементи 6 у початкове положення, в якому вони закривають переливні отвори на парних тарілках 2. На цьому закінчується другий етап переливу. Рідина знаходиться тільки на непарних за порядком розташування тарілок. Рідина з останньої тарілки, яка розташована самою нижньою у колонному апараті, виливається в кубову (нижню) його частину на першому або на другому етапі переливу в залежності від того, парною чи непарною є остання тарілка. Далі

наведені етапи повторюються по чергово в залежності від технологічних потреб до зупинки апарату.

Даний приклад лише ілюструє винахід, але не обмежує його. Наявність приводного механізму, що приводить рухомі елементи пристрою для переливу рідини з тарілки на тарілку у періодичний рух, дозволяє легко регулювати час переливу та інтервал затримки рідини. Інтервал затримки рідини на тарілках залежить від якісних показників рідини, її витрат, технологічних особливостей процесу і визначається експериментально. Контакт пари і рідини на тарілках подовжують до моменту досягнення стану фаз, близького до рівноважного. Наприклад, інтервал затримки рідини на тарілках колонного обладнання брагоректифікаційних установок становить 20-60 с. Примусова дія рухомих елементів пристроїв для переливу рідини відбувається відповідно до програмного забезпечення і дозволяє проводити процеси переливу і масообміну у великому діапазоні значень тиску пари і температури рідини, яка надходить у колонний апарат. Пристрої для переливу рідини можуть бути іншої конструкції: можливе застосування відомих пристроїв, які використовують для регулювання потоків рідини, наприклад, шибєрні заслінки, конічні клапани тощо. Головне - щоб дія приводних механізмів 8 і 9 та рухомих елементів 6 і 7 відбувалися згідно заданого алгоритму.

Технічний результат у використанні винаходу полягає у підвищенні ефективності масообміну між рідиною і паром на тарілках колонного апарата, збільшенні його пропускної здатності по рідині, виключенні бризковиносу рідини з нижніх тарілок на верхні, зменшенні металоємності апарата, зниженні його собівартості та скороченні питомої витрати гріючої пари.

Автори:

Ю.В. Булій

А.П. Дмитрук

П.А. Дмитрук



## Формула винаходу

Спосіб переливу рідини по тарілках масообмінного колонного апарата, що включає періодичний перелив рідини з тарілки на тарілку після завершення заданого часу затримки рідини на тарілках у два послідовних етапи, які повторюються періодично у часі по чергово: на першому етапі рідина синхронно переливається з кожної непарної за порядком розташування тарілки на кожну наступну парну тарілку, а на другому етапі рідина синхронно переливається з кожної непарної за порядком розташування тарілки на кожну наступну парну тарілку без її перемішування на суміжних тарілках по всій висоті апарата, що містить принаймні один пристрій для переливу рідини з тарілки на тарілку, принаймні один рухомий елемент і один приводний механізм, який зв'язаний із рухомим елементом і періодично приводить рухомий елемент у рух, який відрізняється тим, що перелив рідини з тарілки на тарілку на кожному етапі здійснюють у дві стадії: на першій стадії переливається частина рідини в кількості 30-70 % від об'єму рідини, що знаходиться на тарілці, і після закінчення заданого часу затримки рідини на суміжних тарілках відбувається друга стадія, протягом якої переливають другу частину рідини, після чого етапи переливу повторюють.

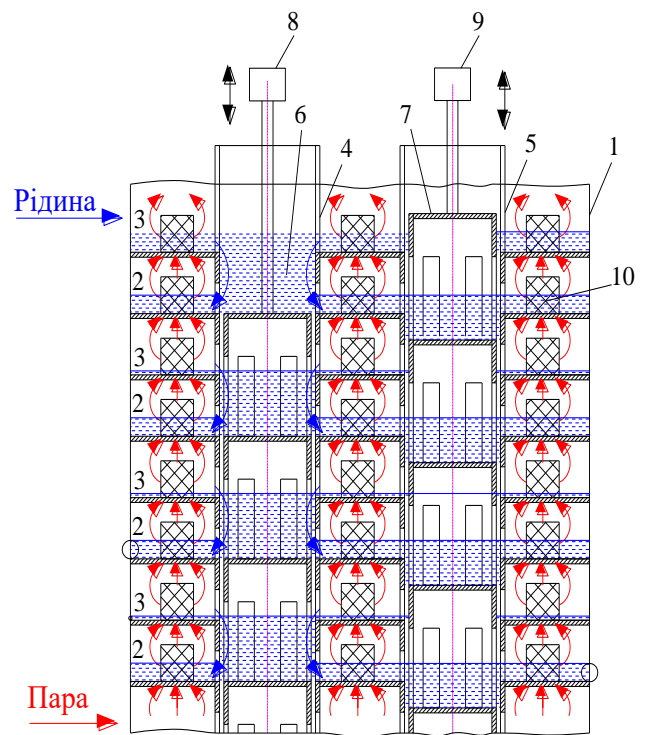
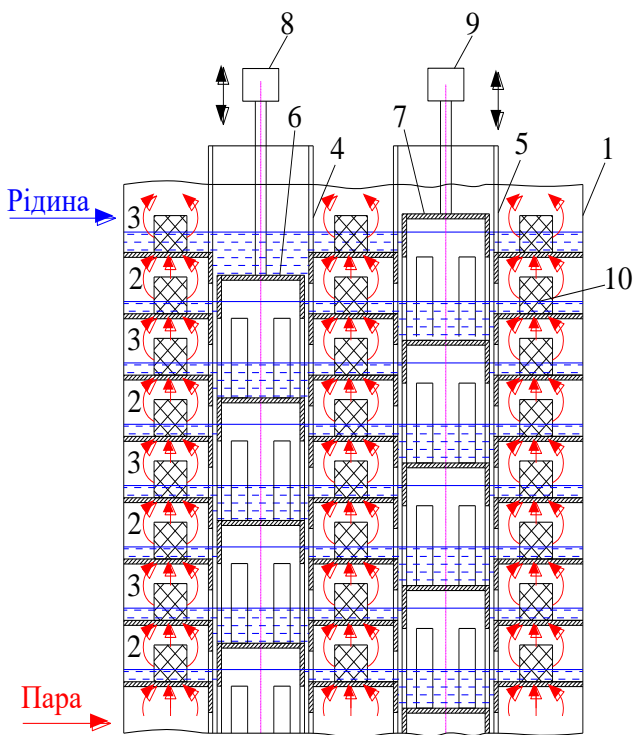
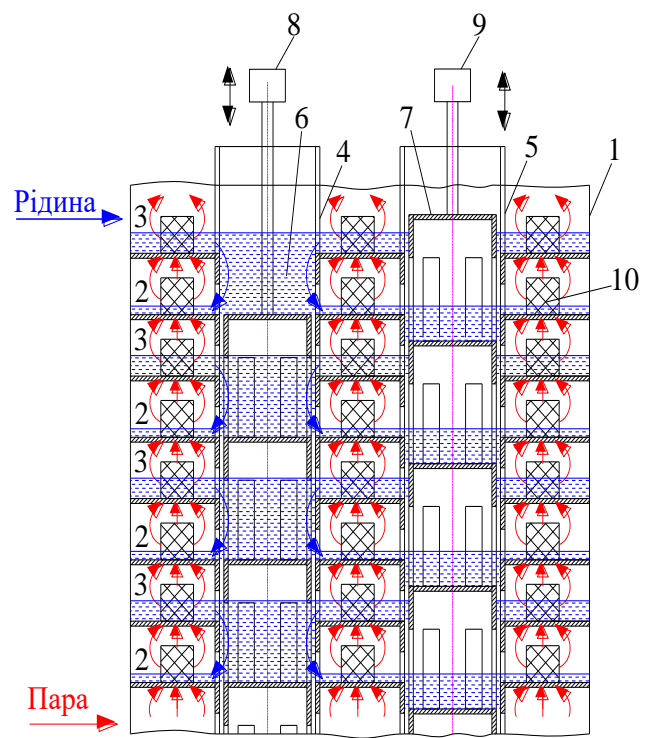
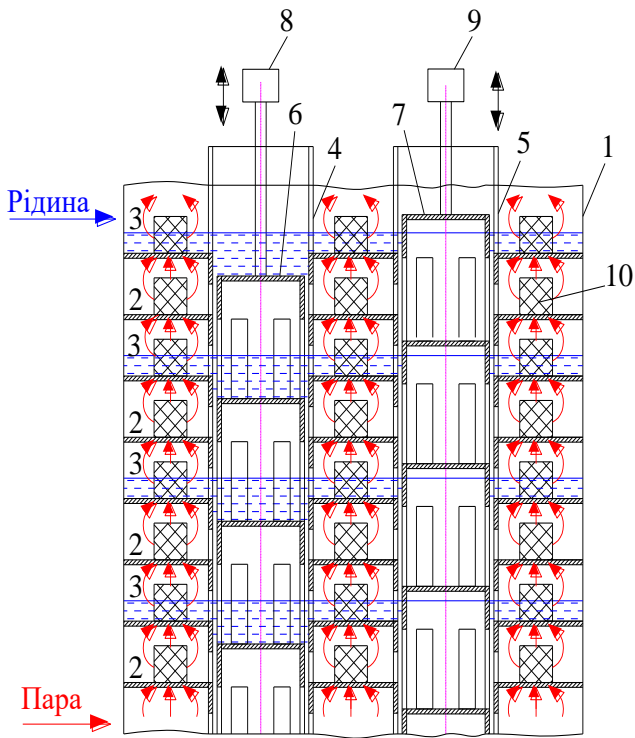
Автори:

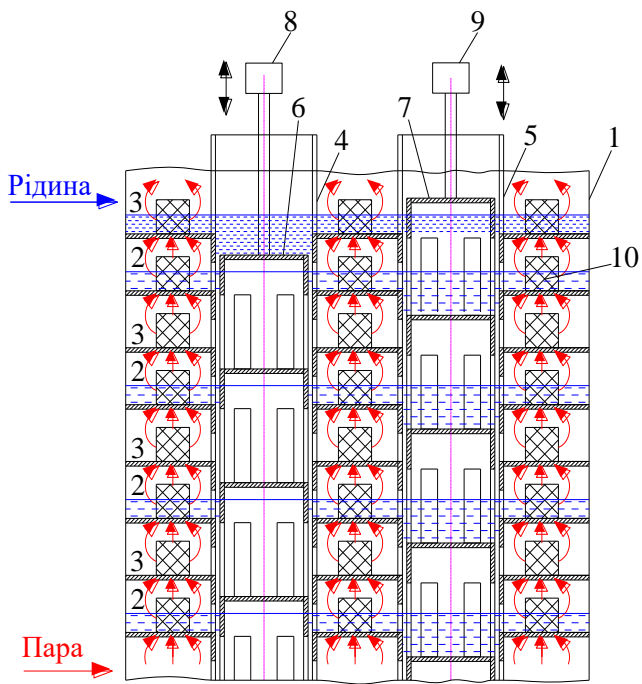
Ю.В. Булій

А.П. Дмитрук

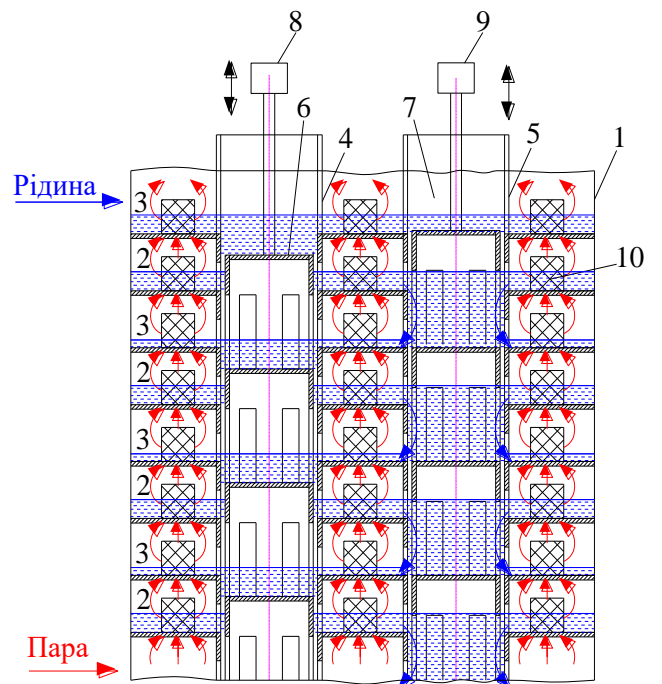
П.А. Дмитрук

# Спосіб переливу рідини по тарілках масообмінного колонного апарата

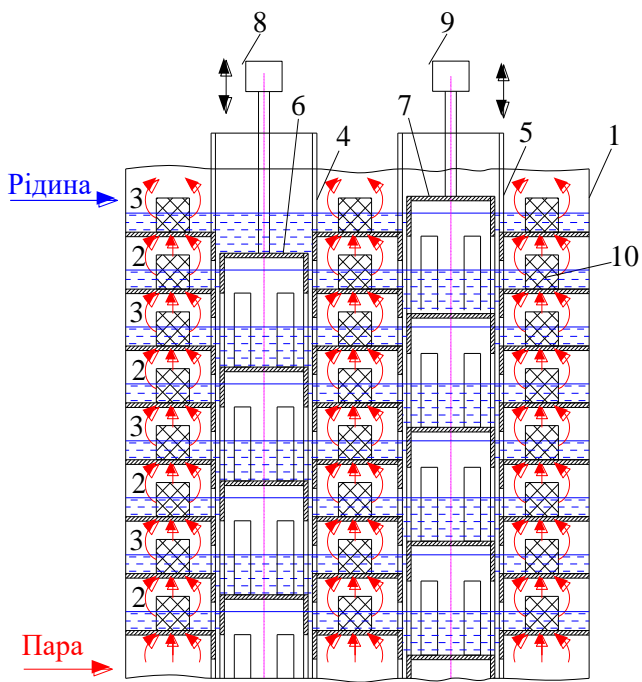




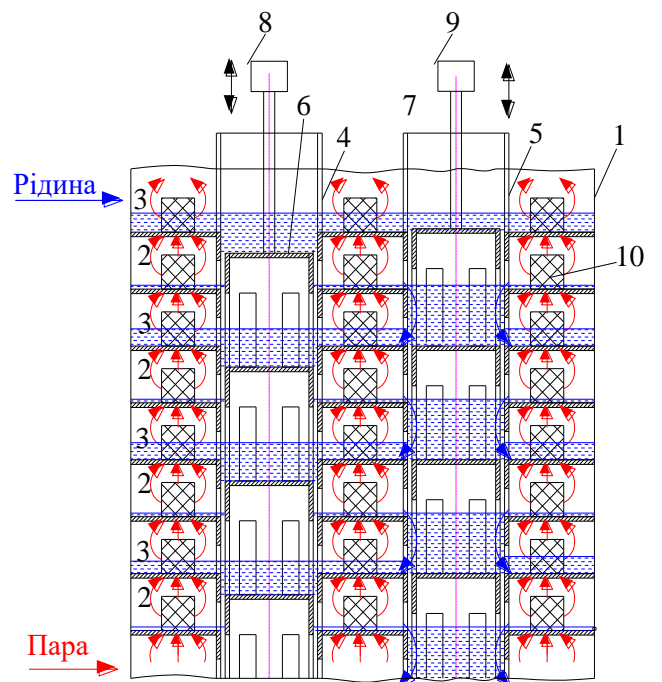
Фіг. 5



Фіг. 6



Фіг. 7



Фіг. 8

Автори:

Булій Ю.В.

Дмитрук А.П.

Дмитрук П.А.