

Економія енергетичних витрат на здійснення процесів тепломасообміну в насадкових апаратах потребує уважнішого ставлення до колон із регулярними насадками. Ці колони мають значно нижчий гідравлічний опір, тобто споживають менше енергії, ніж апарати з іншими типами контактних пристроїв. В апаратах із доцільно сконструйованою регулярною насадкою газовий потік вільно і з підвищеною швидкістю рухається в каналах між елементами насадки, не витрачаючи зайвої енергії на невиправдані місцеві опори, пов'язані із зміною напрямку руху й розширенням і звуженням каналів.

Регулярні насадки незамінні при проведенні процесів в умовах розрідження й високої вартості енергоносіїв, особливо при переробці великої кількості продуктів за допомогою абсорбції, десорбції, дистиляції та очищення газів.

Широке використання регулярних насадок стримується їх чутливістю до рівномірності розподілу рідкої фази за всім периметром елементів насадки. При нерівномірному зрошенні останньої й утворенні незмочених ділянок поверхні ефективність роботи насадки різко знижується внаслідок утворення байпасуючих потоків і зменшення поверхні контакту фаз.

Рівномірним вважається такий розподіл рідини у перерізі апарата з регулярною насадкою, при якому локальні відхилення в окремих точках не перевищують  $\pm 10\%$  середньої густини зрошення. Рівномірне зрошення всіх елементів регулярних насадок ускладнюється тим, що ці елементи — окремі листи насадки — не повинні доторкатися один до одного, оскільки це призводить до виникнення застійних зон.

Для підтримання належної інтенсивності тепломасообміну за всією висотою колон потрібні не тільки рівномірний розподіл рідини у верхньому перерізі насадки, а й збереження цього розподілу по всій висоті. Як відомо, у міру стікання вниз рідина намагається самовільно перерозподілитися до стінок апарата або скупчитися в окремі струмені, що порушує рівномірність її стікання і погіршує умови тепломасообміну. Тому для високих колон необхідно вибрати насадку, яка характеризується не лише високою ефективністю тепломасообміну, а й властивістю зберігати рівномірний розподіл рідини по висоті.

Небажаний перерозподіл рідини і стікання її на стінки можуть бути викликані перекосами насадки при монтуванні. Тому насадка в апараті повинна бути легкодоступною для нагляду за її положенням, станом поверхні, правильністю роботи та для виконання ремонтів і заміни пакетів.

Для рівномірнішого розподілу рідини пакети за висотою регулярної насадки в колонах встановлюють один на один у положенні «хрест на хрест», тобто повернутими на  $90^\circ$ . На стиках повернутих пакетів рідина затримується, потовщується, цілісність стікаючої плівки порушується, рідина підвісає, додатково перемішується і формується в нові плівки. Затримання й потовщення плівок рідини у місцях дотику листів створює додаткові місцеві опори і сприяє рівно-

мірнішому розтіканню рідини по поверхні насадки. Позитивний вплив кінцевих ефектів збільшують зменшенням висоти пакетів насадки від 600—800 до 100—200 мм.

Для подальшого збільшення впливу кінцевих ефектів, що сприяє поліпшенню рівномірності розподілу рідини й одночасно підвищує ефективність тепло-масообміну, автором запропоновано новий вид насадок — листові з зубчастими отворами. Вони бувають двох типів: із висіченими (суцільними) зубчастими отворами, в листах яких отвори одержують штампуванням і відкиданням у відходи висіченої частини листа; пелюсткові, тобто насадки з просіченими отворами, в листах яких отвори утворені просіканням певних ділянок листів із трьох боків і відхиленням просіченої частини — пелюстки під певним кутом до площини листа.

Насадки з висіченими отворами порівняно з пелюстковими мають нижчий гідравлічний опір і меншу масу, але при їх виготовленні частина матеріалу потрапляє у відходи. Пелюсткові ж насадки внаслідок відхилення пелюсток під кутом до напрямку руху газової фази мають вищий гідравлічний опір і підвищену ефективність масообміну. Пелюстки розміщують так, щоб краплі й струминки рідини послідовно стікали з верхніх пелюсток на нижні, утворюючи своєрідні каскади з додатковим перерозподілом рідини за шириною листів.

В обох типах насадок зубчасті отвори можуть розміщуватися вертикальними рядами або в шаховому порядку. При розміщенні отворів вертикальними рядами створюються умови для стікання рідини вертикально вниз без перерозподілу її за шириною листів, тобто за всією висотою насадки зберігається той розподіл рідини, який був заданий у верхньому перерізі насадки.

При розміщенні отворів у шаховому порядку створюються умови для часткового перерозподілу рідини за шириною листів, завдяки чому в міру стікання рідини вниз її розподіл дещо поліпшується порівняно з початковим розподілом у верхній частині листів.

Для повнішого і рівномірнішого перерозподілу рідини за шириною листів зубці в суміжних за висотою отворах також розміщують у шаховому порядку. Це дає змогу досягти рівномірного розподілу рідини за шириною листів навіть при початковому незадовільному розподілі.

Поверхня насадки повинна добре змочуватися рідиною. В протилежному випадку рідина стягується в краплі та струминки, внаслідок чого значно зменшується площа поверхні рідини, по якій відбувається контактування із газовою фазою. Недостатнє змочування дуже погіршує роботу апаратів у перші тижні їх експлуатації. Може навіть скластися враження, що ця насадка непридатна для використання. При подальшій роботі апарата з поверхні насадки змиваються поверхнево активні речовини, які заважають змочуванню, а замість них утворюється тонкий шар відкладень, що виділяються із робочої рідини. Дрібнодисперсна тверда фаза в рідких продуктах практично завжди складається із добре змочуваних частинок, тому після відкладання тонкого шару цих частинок на поверхні змочування поверхні насадки значно поліпшується. Щоб робота нової насадки не погіршилася, перед монтуванням в апарат насадку знежирюють і ретельно миють.

Слід також враховувати, що в масообмінних колонах можуть суттєво змінюватися фізико-хімічні властивості й витрата робочої рідини. Наприклад, при ректифікації спирто-водяної суміші внаслідок збереження молярної витрати рідини за висотою колони масова витрата продукту (вода) в кожній частині колони з розрахунку на один моль становить 18 кг, а у верхній (спирт) — 46 кг, тобто значно більше. Змінюються також температура, в'язкість, густина і поверхневий натяг продукту, що може призвести до розриву плівки рідини в нижніх перерізах насадки. Тому розподіл рідини у колонах із суттєвою зміною властивостей продуктів повинен розглядатися за окремими зонами.

Розроблена й використовується велика кількість конструкцій зрошувачів і розподілювачів рідини для регулярних насадок. Але кожна із них найбільшою мірою задовольняє лише певні вимоги до параметрів зрошення. Ідеальних кон-

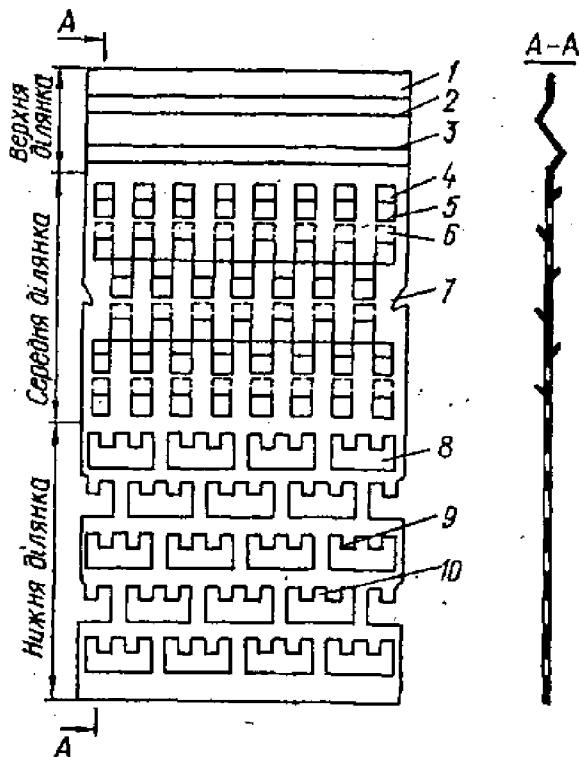
стружій, які відповідали б усім поставленим вимогам, не існує, оскільки внаслідок дії в природі закону єдності та боротьби протилежностей, розвиваючи і посилюючи певні позитивні якості предмета, ми тим самим приводимо в дію інші небажані ефекти. Тому при створенні зрошувачів для регулярних насадок мова йде не про конструкції, що підходять для всіх випадків, а про ті, які найповніше відповідають певним вимогам: достатня рівномірність зрошення і пропускна спроможність, розширений діапазон навантажень, низький гідравлічний опір, надійність у роботі, конструктивна спрощеність, невисока вартість.

Так, низький гідравлічний опір насадки змушує використовувати обтікаючу форму її елементів, але це в свою чергу зменшує час перебування рідини в апараті й заважає гальмуванню її потоків, при якому вона рівномірніше розтікається по поверхні. Використання елементів для гальмування рідини, поліпшуючи її розподіл, одночасно створює умови для забруднення насадок за рахунок відкладання на її поверхні нерозчинних речовин. Тому завдання полягає у виборі такої форми розподільчих елементів, в якій би суміщалися низький гідравлічний опір і достатня розподільча здатність.

Автором запропоновано регулярну насадку, призначену тільки для підвищення рівномірності розподілу рідини в перерізі тепломасообмінних колон у широкому діапазоні густин зрошення. В насадці передбачено розподіл великих струментів рідини на менші, розтікання дрібних струменів за шириною листів із одночасним перетіканням рідини на обидва боки листів і виключення провалу зрошувальної рідини.

Насадка складається з вертикальних листів однакової форми, які мають за висотою три ділянки — верхню, середню й нижню із різними за призначенням і виконанням конструктивними елементами (рис.).

На верхній ділянці листів 1 є горизонтально спрямовані гофри 2 і 3, що



виступають у різні боки від площини листа на висоту, достатню для вловлювання вільно падаючих крапель і струменів зрошувальної рідини, запобігаючи їй провалу.

Середня ділянка призначена для розподілу великих струменів на менші й містить прямокутні просічені з трьох боків отвори 5, по верхніх краях яких відхилені під кутом уверх утворені з них пелюстки 4 і 6. Отвори розміщені горизонтальними рядами попарно у шаховому порядку. В кожному горизонтальному ряді пелюстки відхилені в один бік, у сусідніх рядах — у протилежні. Відігнуті вверх пелюстки не повинні відступати від площини листа більш як наполовину відстані між листами.

Краї листів мають вирізи 7, призначені для запобігання перетіканню рідини на бокові частини листів, а потім — на стінки апарата.

Нижня ділянка призначена для товшого розподілу рідини

Лист розподільної регулярної насадки

за шириною листів. На ній розміщені горизонтальними рядами в шаховому порядку видовжені у горизонтальному напрямку прямокутні отвори 8 із зубчастими верхніми краями. Ширина зубців 9 отворів 8 дорівнює ширині перетинок 10 між зубцями і відстані між отворами 8 по горизонталі. Кількість звисаючих вниз зубців в отворах має бути парною. У цьому разі зубці верхніх отворів розміщуються над перетинками зубців нижніх отворів і забезпечується найповніше розтікання рідини за шириною листів.

Насадка може працювати в умовах протитечі у режимах плівково-крапельної течії рідини, емульгування і низхідної прямотечі. При висхідній прямотечі насадка повинна бути перевернутою.

У колонах із протитечієм рухом фаз розподільну насадку встановлюють під зрошувачем, що забезпечує утворення рівномірних тонких плівок рідини з обох боків кожного листа робочої насадки. У високих колонах насадку рекомендується встановлювати також через кожні 2—3 м висоти для вирівнювання розподілу рідини в перерізі.

Висновок. Описані конструктивні рішення для розподілу рідини у колонах із регулярними насадками можуть бути використані для процесів тепломасообмілу в системі газ—рідина, таких як сорбція, дистиляція, ректифікація, очищення газів у виробництвах не лише харчової, а й хімічної, коксохімічної і нафтопереробної промисловості.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Головачевский Ю. А. Оросители и форсунки скрубберов химической промышленности.— М.: Машиностроение, 1974.— 271 с.
2. Проектирование процессов и аппаратов пищевых производств / В. Н. Стабников, П. П. Лобода, О. В. Стратниенко и др.; Под ред. В. Н. Стабникова.— К.: Выща шк., 1982.— 199 с.

Одержано редколлегією 01.12.94.