

Ефективність тепломасообмінних апаратів з безпосереднім контактом фаз

С.М. Василенко, доктор технічних наук, Український науково-дослідний інститут цукрової промисловості, Національний технічний університет України «КПІ»

К.О. Шумило, Український науково-дослідний інститут цукрової промисловості

В.В. Шутюк, кандидат технічних наук, Національний університет харчових технологій

В.І. Бондар, Національний університет харчових технологій

В.М. Кухар, генеральний директор ТОВ «Фірма ТМА»

П.І. Лисюк, ТОВ «Фірма ТМА»

В.В. Короткий, Національний технічний університет України «КПІ»

При аналізі ефективності тепломасообмінних апаратів (ТМА) з безпосереднім контактом фаз застосування методик, розроблених для теплообмінників з конденсацією практично чистої пари, є некоректним [302]. Це пов'язане з тим, що в ТМА відбувається не конденсація чистої пари, а пари з парогазової суміші, причому концентрація пари із суміші на вході та на виході апаратів суттєво відрізняється (наприклад, на вході в апарат вакуум-конденсаторної установки вміст газів, що не конденсуються, в парогазовій суміші складає 1-5%, а на виході 70-80%). При цьому температура пари, що конденсується, змінюється відповідно зміні парціального тиску пари в газовій суміші, а інтенсивність теплообміну зі збільшенням вмісту газів, що не конденсуються, значно зменшується.

Тому одночасно з аналізом теплогідродинамічних характеристик апаратів проводився аналіз їх ефективності згідно запропонованої методики.

Розглянемо, як приклад, апарати з розпиленням рідини, яка диспергується відцентровими форсунками, в тому числі із зустрічними струменями, що застосовуються в цукровій промисловості. Без аналізу процесів в них відразу можна вказати на такі їх порівнянні недоліки:

По-перше, в таких апаратах відсутня можливість плавного ефективного регулюван-

ня витрати рідин, тому при зменшенні кількості пари, що конденсується, витрату рідини доводиться підтримувати на постійному високому рівні, інакше можуть змінитися гідродинамічні режими роботи форсунок аж до припинення диспергування. А це призводить до значних перевитрат оборотної води у вакуум-конденсаторних установках та електроенергії на привід насосів оборотної води.

По-друге, недоліком апаратів цього типу є низька теплова ефективність. По аналогії з поняттям ефективнос-

ті рекуперативних теплообмінних апаратів оцінюватимемо ефективність контактних ТМА за величиною недогріву рідини, що виходить з апарату, до стану термодинамічної рівноваги з парогазовою сумішшю, що входить в апарат.

Як правило, апарати цього типу мають відношення габаритів $L/d \approx 1$, а тому, як відомо з теоретичних засад хімічної технології, при високій інтенсивності тепломасообміну в них рідка та газоподібна (парогазова) фази, що виходять з апарату, будуть знаходитись в так званому квазі-рівноважному

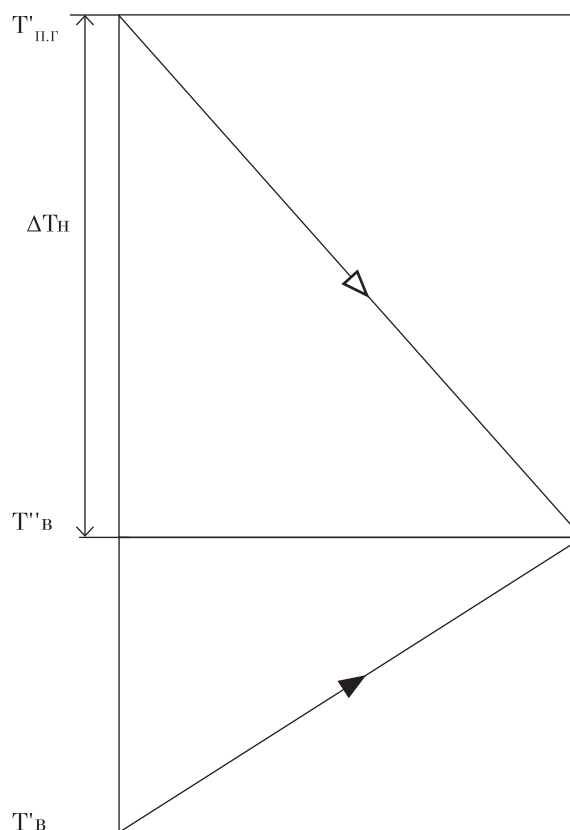


Рис. 1. Графік зміни температур в апараті з розпиленням рідини

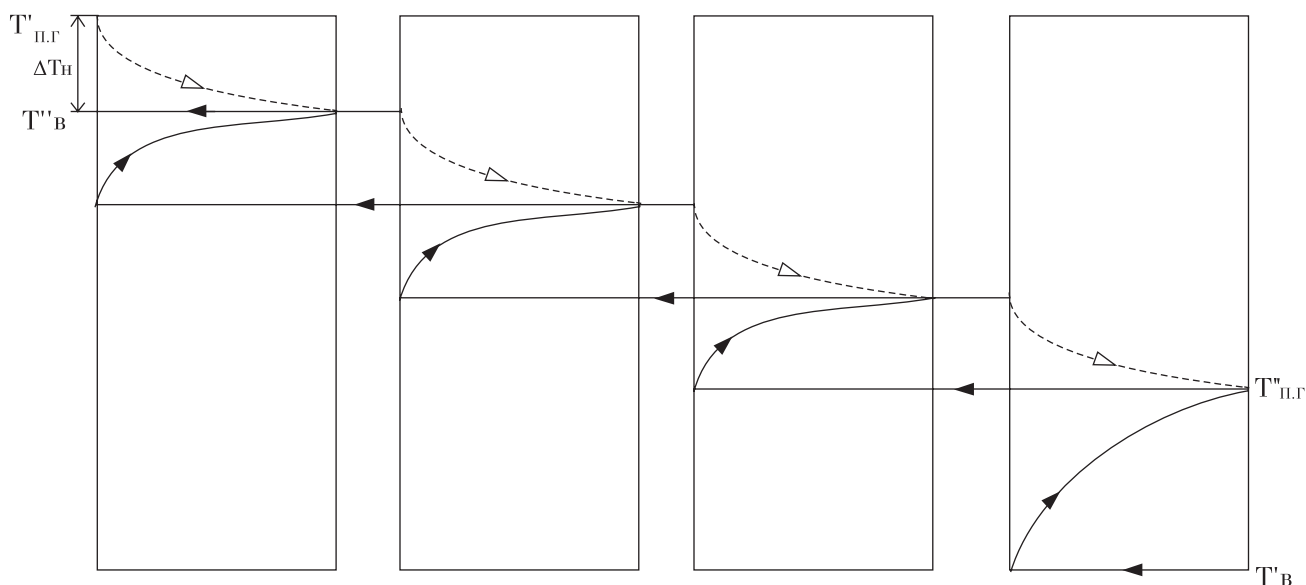


Рис. 2. Графік зміни температур в протитечійному каскаді

стані (в хімічній технології такі апарати носять назву одиниць рівноваги). Характерний для одиниць рівноваги графік зміни температур фаз наведено на рис. 1. Очевидно, максимальна ефективність таких апаратів однозначно обмежена температурою парогазової суміші на виході з апарата, яка в свою чергу, обумовлена умовами робо-

ти вакуум-насосної установки.

Тобто апарати такої конструкції, очевидно, є найменш ефективним. Їх використання для нагрівання рідин цукрового виробництва пов'язане з підвищеним виходом пари на вакуум-насосну установку, а також, як правило, із необхідністю використання пари підвищених потенціалів, що очевидно зни-

жує кратність випаровування на випарній установці.

Як відомо з теорії тепло-масопередачі, найбільш ефективною схемою організації руху тепло- та масоносіїв в тепломасообмінних апаратах є протитечійна схема руху. Режим, близький до протитечії може бути організований в насадковій колоні з $L/d > 10$. Однак, найбільш експлуатаційно

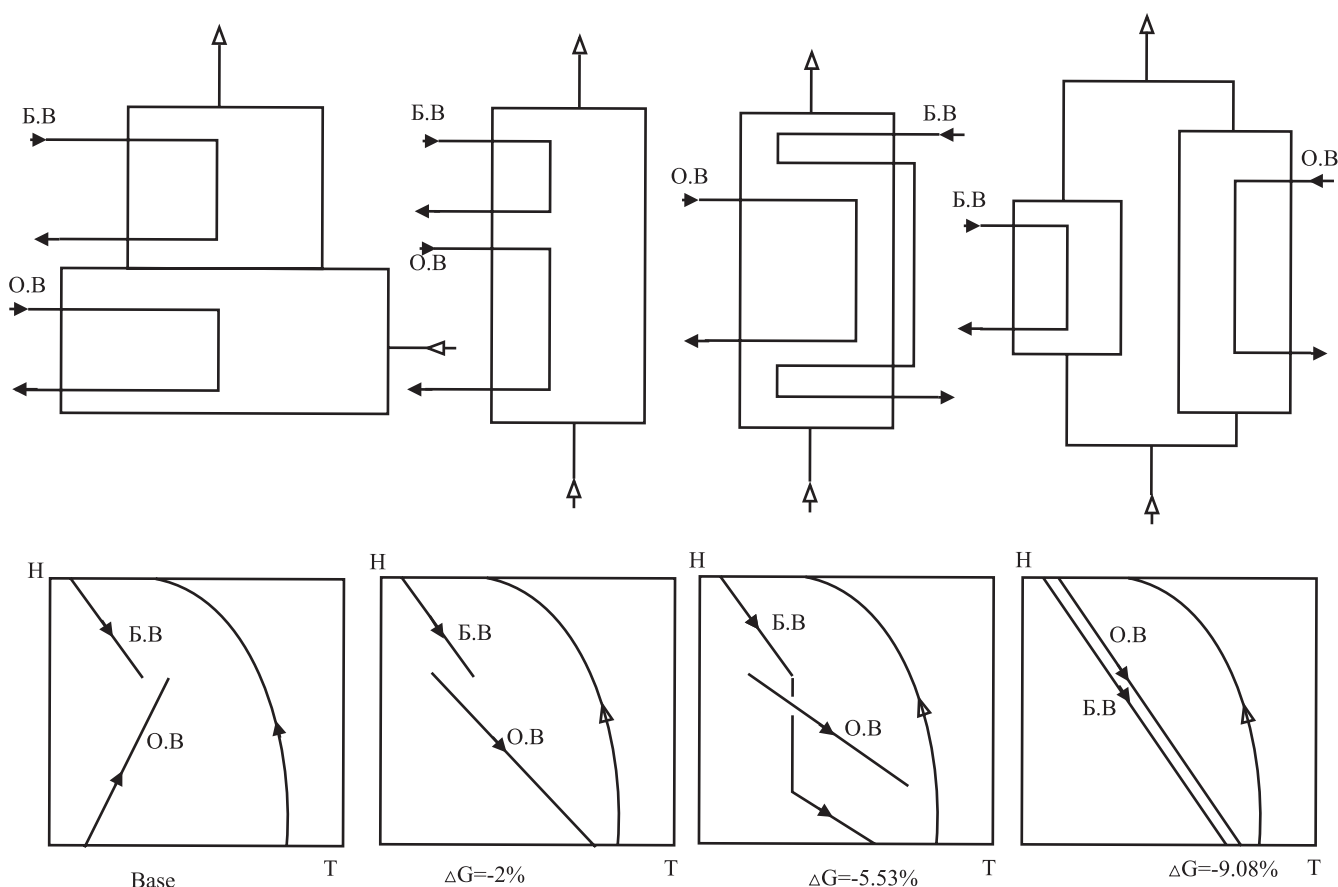


Рис. 3. Схеми вакуум-конденсаторних апаратів

зручним для умов роботи апаратів цукрової промисловості є так званий протитечійний каскад – складний елемент процесу, що складається з простих одиниць (ступенів) двофазної квазірівноваги (для газорідних систем найбільш поширеною формою каскаду є тарілчаста або полична колони).

На **рис. 2** наведено зміну температур в протитечійному каскаді. Очевидно, регулюючи кількість одиниць рівноваги в каскаді та інтенсивність масообміну в них, можна досягти ефективності апарату, близької до стовідсоткової.

У барометричних конденсаторах цукрової промисловості, як правило, здійснюють двоступеневу конденсацію, подаючи в другий ступінь воду, яка використовується для живлення дифузії. В цьому випадку обидва ступеня можна розглядати як апа-

рати, зв'язані по газовій фазі, але не зв'язані по рідині.

На **рис. 3** наведено типові схеми парогазово-рідинних потоків апаратів вакуум-конденсаторних установок та схеми зміни температур в них. Ефективність вакуум-конденсаторної установки визначається величиною витрати оборотної води, а значить – витрати електроенергії на привід насосів оборотної води для наведених схем. При цьому приймалося, що в перших двох випадках барометрична вода нагрівається від 10°C до 50°C, а в двох останніх випадках температури барометричної води на виході приймалися 55°C та 60°C, відповідно, оскільки менша концентрація газів в парогазовій суміші на вході в апарат забезпечує значно вищу інтенсивність теплообміну. Недогрів оборотної води до температури насичення пари в па-

рогазовій суміші приймається рівним 10°C. За базовий варіант прийнято конденсатор з розпилювальною камерою для оборотної води та форсуночною камерою для барометричної води. Цифри на схемі вказують зменшення кількості оборотної води порівняно з базовим варіантом. Найбільш ефективною є схема з розділенням як потоків барометричної та оборотної води, так і відповідних їм потоків парогазової суміші та організацією протитечійного режиму руху фаз.

З усього вищенаведеного можна зробити **висновок**, що лише надійне науково-методичне підґрунтя, яке базується на глибокому знанні природи процесів тепломасоперенесення, дозволяє розробити та правильно експлуатувати вискоелективні тепломасообмінні апарати з безпосереднім контактом фаз.

ЛІКБЕЗ

Сертифікація систем менеджменту безпеки харчової продукції

Система управління безпекою харчових продуктів (англ. HACCP - Hazard Analysis and Critical Control Points - аналіз ризиків і критичні точки контролю)



Ця система забезпечує контроль на всіх етапах харчового ланцюга, в будь-якій точці процесу виробництва, зберігання і реалізації продукції, де можуть виникнути небезпечні ситуації. Використовується в основному підприємствами-виробниками харчової продукції.

При цьому особлива увага звернена на критичні точки контролю, в яких усі види ризиків, пов'язаних з вживанням харчових продуктів, можуть бути відвернені, усунені та знижені до прийняттого рівня в результаті цілеспрямованих заходів контролю.

Для впровадження системи HACCP виробники зобов'язані не лише досліджувати свій власний продукт і методи виробництва, але і застосовувати цю систему та її вимоги до постачальників сировини, допоміжних матеріалів, а також системи оптової і роздрібної торгівлі.

Міжнародні організації, такі як Комісія Codex Alimentarius, схвалили застосування HACCP як найбільш ефективного способу попередження захворювань, що викликаються харчовими продуктами. Застосування HACCP може бути корисним для підтвердження виконання законодавчих і нормативних вимог.

Системи HACCP застосовуються практично в усіх цивілізованих країнах як надійний захист споживачів.