

Гідродинамічний спосіб підсилення циркуляції в утфельних вакуум-апаратах

В.І. Павелко, кандидат технічних наук, професор, кафедра теплоенергетики та холодильної техніки, Національний університет харчових технологій

Ю.О. Проценко, магістр, кафедра теплоенергетики та холодильної техніки, Національний університет харчових технологій

Наведені основні положення запропонованого способу гідродинамічної інтенсифікації уварювання утфелів.

Представлені деякі результати промислового випробування утфельних вакуум-апаратів з гідродинамічним підсиленням циркуляції в них.

Ключові слова: вакуум-апарати, гідродинамічний спосіб підсилення циркуляції, випробування, аналіз, оптимізація, інтенсифікація

Приведены основные положения предложенного нового способа гидродинамической интенсификации уваривания утфелей.

Представлены некоторые результаты промышленного испытания утфельных вакуум-аппаратов с гидродинамическим усилением циркуляции в них.

Ключевые слова: вакуум-аппараты, гидродинамический способ усиления циркуляции, испытания, анализ оптимизация, интенсификация

The main principles of the hydrodynamic intensification of boiling massequite concentration are presented. Some results of industrial testing of massequite vacuum pans with hydrodynamic circulation and are given.

Keywords: vacuum pans, hydrodynamic method of strengthening of circulation, test, analysis, optimization, intensification

Наявність організованої циркуляції утфелю у вакуум-апаратах є важливим чинником, що істотно впливає на інтенсивність процесів тепло-масообміну при початковому концентруванні розчину, який надходить в апарат, і подальшу кристалізацію цукру аж до одержання готового кінцевого продукту – утфелю. Відомо, що швидкість циркуляції у процесі уварювання утфелю змінюється від 0,5 м/с на початку до 0,001 м/с в кінці варки і залежить, головним чином, від рівня середовища в апараті, його концентрації та різниці температур нагрівної пари і температури кипіння утфелю, а також від конструктивного виконання вакуум-апаратів [1].

Оптимальна теплотехнологія уварювання утфелю у вакуум-апаратах повинна забезпечити максимальне вилучення цукру за умови мінімальної витрати пари, бажано якомога нижчого потенціалу, на процеси концентрування і кристалізації.

До вакуум-апаратів незалежно від їх типу, висувається ряд вимог, до яких, зокрема, відносяться такі:

- конструктивне виконання грійної (парової) камери і поверхні нагріву такими, що забезпечують мінімальну тривалість процесу уварювання утфелю;
- забезпечення надійної циркуляції утфелю і недопущення появи «мертвих» зон, в яких цирку-

ляція утфелю відсутня;

- можливість регулювання і контролю теплотехнологічного і гідродинамічного режиму апарата.

Щоб збільшити швидкість циркуляції утфелю в процесі його варки, були запропоновані і впроваджені механічні циркулятори з електроприводом, які встановлюються в опускному каналі вакуум-апарата. Частоту обертів циркулятора змінюють залежно від періоду варки, тобто від в'язкості і вмісту кристалів у ньому.

За допомогою циркулятора було досягнуто скорочення тривалості процесу від 15-20% для утфелю 1-ї кристалізації до 40-50% для утфелю 3-го за рахунок підтримання швидкості циркуляції утфелю в процесі варки майже постійною і близькою до 0,2 м/с [1].

Промислові випробування вакуум-апаратів різного типу з механічними циркуляторами підтвердили ефективність їх роботи і сприяли широкому впровадженню цих апаратів в цукровій промисловості багатьох країн світу. Проте, віддаючи належне механічному способу інтенсифікації процесу уварювання утфелів, слід згадати і про альтернативний йому гідродинамічний спосіб підсилення циркуляції в утфельних вакуум-апаратах. Сутність цього способу полягає у вдуванні пари (повітря) в кип'ятільні труби вакуум-апарата за

допомогою спеціального пристрою, який дозволяє підводити, розподіляти і змішувати вдувану пару (повітря) з продуктом в апараті.

На підставі виконаних досліджень процесів теплообміну і гідродинаміки в робочих каналах вакуум-апаратів періодичної і безперервної дії запропонований новий спосіб гідродинамічної інтенсифікації уварювання утфелів шляхом вдування пари (повітря) всередину кожної кип'ятильної труби [2]. Відмінність цього нового способу, названого авторами розробки гідродинамічним способом підсилення циркуляції в утфельному вертикально-трубному вакуум-апараті, полягає в наступному:

- вдування пари (повітря) здійснюється струминами з такою швидкістю, яка дозволяє диспергувати (подрібнювати) струмини пари (повітря), змішувати їх з утфелем і, якщо не в повній мірі, то винести зону існування снарядно-поршневої форми течії пароутфельної суміші якомога ближче до виходу із кип'ятильної труби;
- витрата (подача) пари, що вдувається в кип'ятильні труби апарата, підтримується в оптимальних значеннях на кожній стадії уварювання утфелю;
- в розподільчому пристрої підтримується тиск пари (повітря), що вдувається, суттєво вищим, ніж у вакуум-апараті, щоб коливання тиску в кип'ятильних трубах не впливали на рівномірність розподілу пари (повітря), що вдувається;
- направленість струмин пари (повітря), що вдувається, здійснюється таким чином, щоб їхня інжекційна дія створювала якомога більший додатковий рушійний напір.

З метою реалізації гідродинамічного способу підсилення циркуляції та інтенсифікації процесів тепломасообміну в утфельних вакуум-апаратах

розроблені дві конструкції пристроїв:

- з розподільчою камерою;
- з розподільчим колектором [1, 3].

На **рис. 1** наведена схема пристрою для гідродинамічного підсилення циркуляції у вакуум-апаратах з розподільчою камерою, поперечний (живий) переріз якої є ідентичним живому перерізу основної нагрівної (парової) камери апарату. Нижні кінці кип'ятильних труб, розміщених в основній паровій камері, є продовженням труб розподільчої камери, в яких висвердлені отвори під кутом 15-30° до осі кип'ятильних труб. Через ці отвори (діаметром 0,8-1 мм) пара (повітря), що вдувається, надходить із розподільчої камери всередину кип'ятильних труб.

Схема пристрою для гідродинамічного підсилення циркуляції у вакуум-апаратах з розподільчим колектором, який виконаний із труб, прокладених між рядами кип'ятильних труб якомога ближче до нижньої трубної решітки, представлена на **рис. 2**.

В колекторі є форсунки з отворами для вдування пари (повітря) всередину кожної кип'ятильної труби. Кут нахилу осі отворів складає 15-30° до осі кип'ятильних труб. При товщині стінки кип'ятильної труби чи форсунки 2-3мм такі отвори являють собою короткі патрубки чи сопла, які формують вузько направлений потік пари (повітря), що вдувається.

Для підтримання в розподільчій камері чи колекторі значно більшого тиску, ніж у вакуум-апараті, недостатньо використовувати тільки пару (повітря) відповідного тиску. Необхідно, щоб сумарна площа живого перерізу всіх отворів для вдування була суттєво меншою площі перерізу каналів, по яким пара (повітря) підводиться до них, тобто щоб гідравлічний опір отворів для вдування

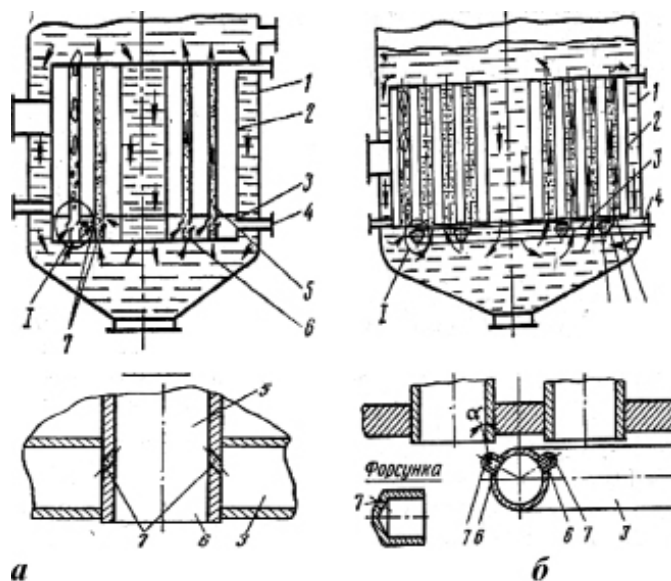


Рис. 1. Пристрій для гідродинамічного підсилення циркуляції: а – з розподільчою камерою; б – з розподільчим колектором;
 1 – корпус; 2 – грійоча (парова) камера; 3а – розподільча камера; 3б – розподільчий колектор; 4 – патрубок для вдування пари; 5 – кип'ятильні труби; 6а – нижні кінці кип'ятильних труб; 6б – форсунки; 7 – отвори для вдування пари.

ТЕХНІКА & ТЕХНОЛОГІЇ

був більшим опором каналу (тракту), по якому надходить пара (повітря) у розподільчий колектор.

Таке виконання пристрою для гідродинамічного підсилення циркуляції дозволяє використовувати потенційну енергію тиску пари (повітря), що вдувається, на створення додаткового рушійного напору. Корисний перепад тиску пари (повітря) не витрачається на подолання опору по тракту подачі, а перетворюється в кінетичну енергію струмин пари (повітря) і при змішуванні передається циркулюючому утфелю. До того ж, при цьому досягається більш рівномірний розподіл пари (повітря) між кип'ятильними трубами, а також більш рівномірна циркуляція утфеля у гріючій камері. Окрім цього, при вдуванні пари (повітря) тонкими струминами з великою швидкістю відбувається більш тонке диспергування (подрібнення) її (пари) і змішування з утфелем, що сприяє зменшенню відносної швидкості пари (повітря) і підвищує дійсний паровміст в кип'ятильних трубах, а також зменшує можливість утворення снарядно-поршневої форми руху пароутфельної суміші. Всі ці особливості розробленого способу і пристроїв для гідродинамічного підсилення циркуляції у вакуум-апаратах підвищують його ефективність.

Проведені промислові випробування вакуум-апаратів з підсиленою гідродинамічним способом циркуляцією утфеля показали [2], що на завершальній стадії процесу уварювання досягається суттєва інтенсифікація процесу кристалі-

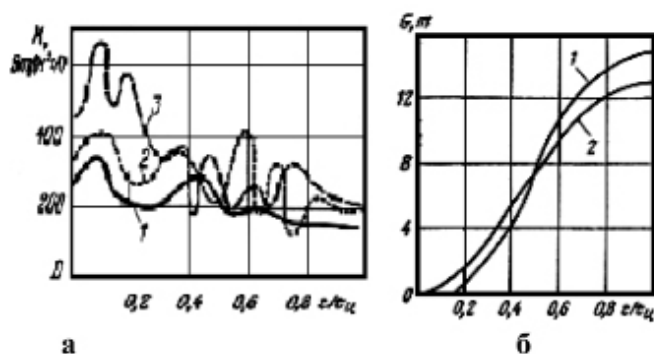


Рис. 2. Зміна коефіцієнтів теплопередачі (а) і швидкості кристалізації (б) при уварюванні утфелю 2 – го продукту:

а → 1 – $G_{вод} = 0$; 2 – $G_{вод} = 80$ кг/год; 3 – $G_{вод} = 120$ кг/год;
б → 1 – $G_{вод} = 0$; $\tau_{ц} = 305$ хв.; 2 – $G_{вод} = 180$ кг/год; $\tau_{ц} = 225$ хв.

зації шляхом вдування пари в кип'ятильні труби, що обумовлено значною інтенсифікацією теплообміну. За природної циркуляції утфеля інтенсивність теплообміну на цій стадії значно знижується внаслідок підвищення рівня утфеля в апараті, зростання концентрації кристалів і в'язкості. Частото кипіння утфеля в кип'ятильних трубах припиняється, утфель тут тільки перегрівається, а закипання його відбувається в об'ємі над поверхнею нагрівання. При вдуванні пари кипіння переноситься в кип'ятильні труби. Швидкість циркуляції і масової кристалізації утфеля зростає.

На рис. 2 наведені графіки зміни коефіцієнтів те-

Таблиця 1

Показники	Кристалізація			
	2-а		3-я	
	без вдування	з вдуванням	без вдування	з вдуванням
Вихідна патока				
СР, % мас.	78,2	77,7	79,7	79,1
Ч, од.	84,0	83,0	76,1	77,8
Утфель				
СР, % мас.	93,4	94,8	93,8	94,3
Ч, од.	82,9	82,8	73,7	76,9
КР, % мас.	40,8	43,4	29,8	34,0
Міжкристальний розчин				
СР, % мас.	87,6	89,5	90,9	91,0
Ч, од.	70,4	69,8	61,8	64,3
Пара, що вдувається				
Тиск, кПа	-	219,5	-	205,9
Витрата, кг/год	-	143,0	-	131,2
Активний час уварювання, год	4,9	3,85	9,15	5,51
Тиск гріючої пари, кПа	176,5	168,3	183,0	171,6
Тиск в апараті, кПа	17,4	18,5	14,0	16,4
Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²К)	281,0	471,0	144,2	300,6
Кристали цукру				
Середній розмір, мм	0,36	0,43	0,24	0,31
Швидкість росту, мм/год	0,087	0,13	0,022	0,041
Ступінь неоднорідності, %	35,5	27,6	64,3	45,0

плопередачі і швидкості кристалізації при уварюванні утфелю 2-ї кристалізації. Як видно із графіка (рис. 2а), на завершальних стадіях уварювання утфеля 2-ї кристалізації значення коефіцієнта теплопередачі K при вдуванні пари помітно вище, ніж без вдування. Порівняння кривих (рис. 2б) масового зростання кристалів в утфелі, звареному з вдуванням пари і без нього, показує, що інтенсивність кристалізації при вдуванні пари значно вища на початковій стадії масової кристалізації, що обумовлено безпосереднім впливом струмин пари на утворення кристалів в утфелі.

За даними промислового випробування вакуум-апаратів з гідродинамічним підсиленням циркуляції визначені оптимальні значення витрати пари на вдування, які знаходяться в межах 10-15 % від витрати гріючої пари на цикл уварювання утфелю. В таблиці 1 наведені деякі результати промислових випробувань вакуум-апаратів з колекторним пристроєм для вдування пари в кип'ятільні труби апарата.

Як видно із **табл. 1**, при вдуванні пари активний час уварювання утфелю зменшується для 3-го продукту до 40 %, для 2-го – до 25 %, а інтенсивність тепломасообміну збільшується до 80 %.

Розглянуті в статті основні положення щодо гідродинамічного способу підсилення циркуляції в утфельних вакуум-апаратах дозволяють розробляти методи оптимізації та інтенсифікації робочих процесів у циркуляційних вертикально-грубчастих вакуум-апаратах різних конструктивних схем.

Підсилення циркуляції утфелю гідродинамічним способом у вакуум-апаратах, оснащених пристроями для вдування пари, дозволяє інтенсифікувати процеси тепломасообміну при уварюванні утфелю, а отже надає можливість використовувати для вакуум-апаратів пару більш низького потенціалу, впровадити більш прогресивну теплотехнологічну схему з повним і ефективним використанням вторинних енергоресурсів і зменшити витрату пари на технологічні потреби на 7-10 %.

Список використаних джерел

1. *Интенсификация процесса уваривания утфелей* / В.Т. Гаряжа, Ю.Г. Артюхов и др. / – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981, – 152 с.
2. *Испытания вакуум-аппаратов с гидродинамическим усилением циркуляций* / [В.Т. Гаряжа, Ю.Г. Артюхов, В.И. Павелко и др.] – Сахарная промышленность, 1975, № 8, С. 15-20.
3. *Вакуум-аппарат А2 – ПВУ - 40* / [В.Т. Гаряжа, Ю.Г. Артюхов, В.И. Павелко и др.] – Сахарная промышленность, 1977, № 12, С. 27-30.
4. *Интенсификация процесса уваривания утфелей в вакуум-аппаратах* / [В.Т. Гаряжа, Ю.Г. Артюхов, В.И. Павелко и др.] – Сахарная промышленность, 1975, № 1, С. 14-17.
5. *И. С. Гулый*. Непрерывная варка и кристаллизация сахара. – М. : Пищевая промышленность, 1976. – 276 с.



ЦІКАВІ НОВИНИ

Чому цукор використовується для консервації продуктів?

Бактерії, що псують продукти, еволюційно розвивалися в середовищах, де вміст цукру (чи солі) завжди був нижчий вмісту цих речовин в самій бактеріальній клітині.

Потрапляючи в насичене цукром середовище, ця клітина намагається зрівняти вміст цукру всередині себе і зовні. Відбувається це за рахунок осмотичного процесу, в ході якого розчинник (вода) перетікає в більш насичений розчин. В результаті бактерія втрачає воду, а також і здатність до ділення, тобто до розмноження.

Джерело: galinfo

