

В.Р. Кулінченко, д-р техн. наук

Національний університет харчових технологій

Д.В. Каптановський, асист.

Черкаський державний технологічний університет

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ УВАРЮВАННЯ УТФЕЛІВ ГІДРОДИНАМІЧНИМ СПОСОБОМ

Підвищення ефективності цукрового виробництва пов'язане з інтенсифікацією процесів тепло-масообміну під час уварювання утфеля. Результати теоретичного і експериментального дослідження робочих процесів покладені в основу гідродинамічного методу підсилення циркуляції у вакуум-апаратах періодичної дії. Розглянуті питання практичного використання цього методу інтенсифікації.

Ключові слова: вакуум-апарат, гідродинаміка, теплообмін, масообмін, температура, вдування пари (газу), інтенсифікація, кипятильні труби, циркуляція, утфель, цукор, розчин.

Розроблені пристрої для гідродинамічної інтенсифікації процесів тепло- і масообміну у вакуум-апаратах розрізняються способами підведення, розподілу і змішування підкачуваного розчину або вдуванням пари в апарат. Найбільш простим пристроєм є кільцевий трубчастий розподільник з радіусом, рівним половині радіусу апарату. Встановлюється він між днищем і гріючою камерою апарату і має отвори для барботування пари, що вдувається, чи патрубки для струменевого підведення пари в уварюваний продукт. В деяких випадках розподільний колектор розміщувався ззовні апарату, а патрубки для струменевого підведення пари проходили через днище апарату.

Такі пристрої мають суттєві недоліки, пов'язані з нерівномірним розподілом пари або газу, що вдувається в кипятильні трубки, які знаходяться над патрубками чи отворами барботера для підведення пари, що вдувається. Витрати останнього будуть значно вищими у певних трубках, ніж у сусідніх.

До деяких трубок пара, що вдувається, не буде потрапляти зовсім. Це створює нерівномірність у вмісті пари (газу) і швидкостях циркуляції продукту в апараті. У тих трубках, куди не буде потрапляти пара, швидкість циркуляції продукту може зменшитися порівнянно з тими значеннями, що були отримані без вдування пари. Особливо несприятливими будуть умови тепло- і масообміну в тих трубках, де швидкість циркуляції продукту буде зменшуватися до нуля чи спрямована в протилежний бік. Для термочутливих продуктів такі режими роботи кип'ятільних труб недопустимі, тому що вони супроводжуються тривалим перебуванням продукту в умовах значного перегріву і, як наслідок, значного його розпаду.

© В.Р. Кулінченко, Д.В. Каптановський, 2011

Новий спосіб гідродинамічної інтенсифікації уварювання утфелів шляхом вдування пари або газу всередину кожної кип'ятільної трубки, наведений у роботах [1...4] полягає в наступному: вдування газу або пари здійснюється струменями з такою швидкістю, яка дозволяє диспергувати пару (газ), добре змішати його з утфелем і, якщо не повністю виключити, то перенести зону існування снарядно-поршневої форми течії ближче до виходу з кип'ятільної трубки; витрата пари (газу), що вдувається, підтримується в оптимальних значеннях на кожній стадії уварювання; у розподільній камері, підтримується значно більший тиск пари (газу), що вдувається, ніж у вакуум-апараті, щоб коливання тиску в кип'ятільних трубках істотно не впливали на рівномірність розподілу пари (газу), що вдувається; розподільний пристрій виконується так, щоб не створювати додаткові гідравлічні опори утфелю, що циркулює, і застійні зони; напрям струменів пари (газу) здійснюється так, щоб інжекційна дія створювала якомога більший додатковий рушійний напір.

Для здійснення цього способу розроблено дві конструкції пристрою з розподільною камерою і розподільним колектором. На рис.1 наведений пристрій для гідродинамічного посилення циркуляції у вакуум-апаратах з розподільною камерою, яка має поперечний переріз, ідентичний перерізу гріючої камери. Нижні кінці кип'ятільних трубок є продовженням труб

розподільної камери, в них виконані отвори під кутом $15...30^\circ$ до осі кип'ятільних трубок. Через ці отвори пара (газ), що вдувається надходить з розподільної камери всередину кип'ятільних трубок.

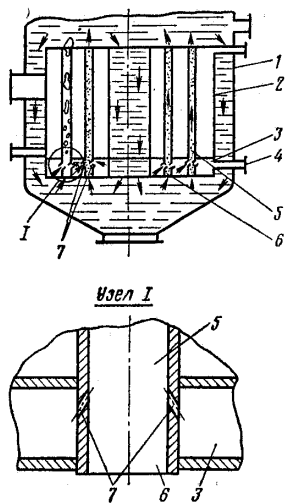


Рис. 1. Пристрій для гідродинамічного підсилення циркуляції: 1— корпус; 2 — гріюча камера; 3 — камера розподільник; 4 — підвід пари, що вдувається; 5 — кип'ятільні трубки; 6 — нижні кінці кип'ятільних трубок; 7 — отвори для вдування пари.

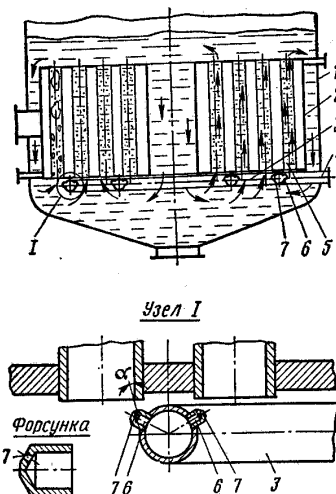


Рис. 2. Пристрій для гідродинамічного підсилення циркуляції: 1— корпус; 2 — гріюча камера; 3 камера-розподільник; 4 — підвід вдуваної пари; 5 — кип'ятільні трубки; 6 — форсунка; 7 — отвори для вдування пари.

Пристрій для гідродинамічного посилення циркуляції у вакуум-апаратах з розподільним колектором, який виконується з труб, прокладених між рядами кип'ятільних трубок впритул до нижньої трубної решітки, наведено на рис.2. У колекторі є форсунки з отворами для вдування пари (газу) всередину кожної кип'ятільної трубки. Кут нахилу осі отворів становить 15.30° до осі кип'ятільних трубок. Діаметри отворів в обох пристроях виконують невеликими ($0,8...1,0$ мм). При товщині стінки кип'ятільної трубки або форсунки $2...3$ мм такими отворами є короткі патрубки або сопла, що формують вузький направлений потік пари (газу), що вдувається.

Для підтримки в розподільній камері або колекторі значно більшого тиску, ніж у вакуум-апараті, недостатньо використовувати лише пару (газ) відповідного тиску. Для цього також необхідно, щоб сумарна площа перерізу всіх отворів для вдування була значно менше площі перерізу каналів, по яких пара (газ) підводиться до них, тобто щоб гідравлічний опір отворів для вдування був вищий за опір пари (газу) тракту підведення.

Таке виконання пристроїв для гідродинамічного посилення циркуляції дозволяє використовувати потенціальну енергію тиску пари (газу), що вдувається, для створення додаткового рушійного напору. Корисний перепад тиску пари (газу) не витрачається на подолання опорів за довжиною тракту подачі, а перетворюється в кінетичну енергію струменів і при змішуванні передається циркулюючому утфелю. При цьому досягаються більш рівномірний розподіл пари (газу) між кип'ятильними трубками, а також рівномірна циркуляція утфеля в гріючій камері. При вдуванні пари (газу) тонкими струменями з великою швидкістю відбувається більш повне його диспергування і змішування з утфелем, що знижує відносну швидкість пари (газу) і підвищує дійсний паровміст (газовміст) у кип'ятильних трубках, а також зменшує можливість утворення снарядно-поршневої форми течії суміші. Всі ці особливості розгляданого способу і пристрою для гідродинамічного посилення циркуляції у вакуум-апаратах підвищують його ефективність.

Гідродинамічний спосіб підсилення циркуляції не накладає спеціальних обмежень на конструкцію вакуум-апаратів, на відміну від механічного способу. Так, механічні циркулятори можуть бути встановлені в апаратах тільки з центральною циркуляційною трубою, тоді як пристрої для вдування пари (газу) можна встановлювати також в апаратах із зовнішнім кільцевим циркуляційним каналом або з двома — центральним і зовнішнім циркуляційними каналами, які виконуються в сучасних вакуум-апаратах у зв'язку зі значним збільшенням їх одиничної потужності. Крім того, механічні циркулятори створюють значну нерівномірність циркуляції утфеля у вакуум-апаратах з кільцевими гріючими елементами, тоді як пристрої з гідродинамічним посиленням циркуляції можуть

успішно працювати в таких вакуум-апаратах. Хоча вакуум-апарати з кільцевими гріючими елементами на сьогодні застосовуються вкрай рідко, в майбутньому не виключено їх використання, оскільки їх поверхні нагріву мають порівняно низький гідравлічний опір.

Експериментальних даних про вплив конструктивних особливостей вакуум-апаратів на ефективність гідродинамічного способу посилення циркуляції утфеля недостатньо. Більш досконалий механізм дії на циркуляцію утфеля і недосконалість пристроїв для вдування пари (газу) не сприяли широкому розповсюдженню цього способу. Виробничі випробування гідродинамічного способу посилення циркуляції проводилися з використанням існуючих вакуум-апаратів періодичної дії [1...3]. Виявлена більш значна інтенсивність циркуляції утфеля у вакуум-апараті з підвісною гріючою камерою. Один з таких апаратів місткістю 6 т утфеля і з площею поверхні нагріву 31 м^2 був обладнаний пристроєм для інжекції пари під гріючу камеру через вісім отворів, розміщених над днищем апарату на відстані, рівній половині радіусу апарату від його осі.

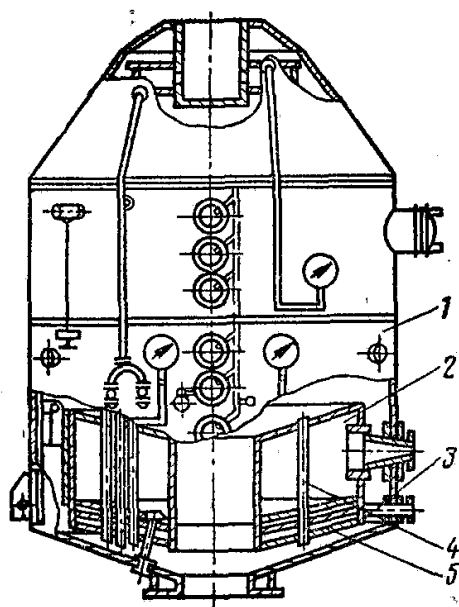


Рис.3. Вакуум-апарат Ж4-ПВА-40

з підсиленою циркуляцією: 1– корпус;
2 — гріюча камера; 3 — патрубок для
вдування пари; 4 — кипятильні

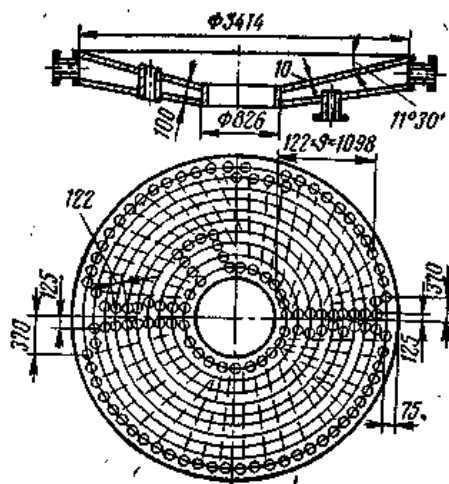


Рис. 4. Пристрій для підсилення
циркуляції у камерному виконанні для

трубки; 5 — камера-розподільник.

апарата Ж4-ПВА-40.

Вакуум-апарат Ж4-ПВА-40 (рис. 3) для підсилення циркуляції був дообладнаний камерним пристроєм (рис. 4). Апарат мав діаметр 3774 мм, висоту 7440 мм, гріючу камеру з площею поверхні нагріву 200 м^2 , діаметром 3350 мм, числом кип'ятильних трубок 513 діаметром 102 мм і довжиною 1100 мм.

Додаткове вдування пари (газу) порушує баланс рушійних сил і сил опору, що склалися під час природної циркуляції, і призводить до збільшення обох сил, тільки різною мірою. Очевидно, ефективним гідродинамічний спосіб буде в тому випадку, якщо при вдуванні пари (газу) рушійний тиск зростатиме більшою мірою, ніж втрати тиску, пов'язані з опорами. Вже перші дослідження цього способу показали, що збільшення витрати пари (газу), що вдувається, приводить до посилення циркуляції і підвищення ефективності тепло- і масообміну лише до певних оптимальних значень. Так при вдуванні інтенсифікація теплообміну досягається лише при низьких теплових потоках в гріючій камері. При вищому тиску гріючої пари і, отже, підвищених теплових потоках вдування практично не впливало на інтенсивність теплообміну, навпаки, навіть погіршувало його.

Систематичні дослідження впливу вдування повітря на інтенсивність теплообміну при кипінні води і цукрових розчинів показали, що механізм інтенсифікації теплообміну всередині кип'ятильної трубки при випаровуванні води і цукрових розчинів однаковий. При збільшенні витрати повітря, що вдувається, коефіцієнт тепловіддачі зростає, але тільки до певної оптимальної витрати, що становить 4...6 % від витрати гріючої пари. Збільшення витрати повітря, що вдувається, понад оптимальні значення призводять до зменшення коефіцієнта тепловіддачі і пульсуючого режиму в кип'ятильній трубці. Коефіцієнт тепловіддачі при вдуванні повітря для води підвищується до 10 %, для цукрових розчинів — до 15...20 %. Зі збільшенням концентрації цукрового розчину ефективність вдування зростає.

Інтенсифікація теплообміну при вдуванні повітря відбувається головним чином на початковій ділянці трубки, що пояснюється падінням п'єзометричного рівня рідини і, отже, зменшенням гідростатичного тиску, а також підвищенням турбулентності потоку. На вихідній ділянці кип'ятильної трубки спостерігалось зниження α_2 до значень нижчих, ніж без вдування. Це пояснюється високим вмістом пари в суміші, що призводило в окремі моменти до висихання рідкої плівки на деяких ділянках трубки. Вдування пари або повітря здійснювали в кип'ятильну трубку завдовжки 5 м в точку закипання розчинів гліцерину, що знаходиться на 3 м вище за поверхню нагріву. При цьому спостерігалось збільшення швидкості циркуляції, а інтенсивність теплообміну зростає на 200...300 %. Таким чином, висота рівня продукту впливає на ефективність гідродинамічного способу інтенсифікації уварювання, при чому із зростанням рівня ефективність способу підвищується.

Не менш важливим є також питання про дисперсність пари (газу) що вдувається. Пошуки шляхів інтенсифікації тепло- і масообміну неминує приводять до необхідності турбулізації потоків утфелів. Бульбашки, що вводяться в рідину, створюють велику кількість вихорів, що сприяє підвищенню інтенсивності тепло- і масообміну. Використання барботажу дозволило створити нове високоефективне устаткування — ерліфтні реактори, апарати з пінним контактом, реактори з газорідним псевдо зрідженням твердих частинок тощо.

Джерелом міжфазної турбулентності в газорідних системах [5] є виникнення вихорів, що породжується нестабільністю вільної або міжфазної поверхні розділу. Міжфазна турбулентність виникає, якщо швидкості руху фаз відрізняються по величині і напрямку. В'язкісні сили рідини викликають гальмуючу дію протилежного напрямку потоку газу. При цьому відбувається обертання шарів потоків і поверхні розділу з подальшим переходом у вихори. Інтенсивність гальмування потоку пропорційна енергії основних збурень. Таким чином, тертя між потоками газу і рідини призводить до того, що пограничні шари газу і рідини пронизуються вихорами, які під дією сили

Жуковського проникають в глибину газового і рідинного потоків і тим підсилюють інтенсивність вихрового поля.

За рахунок вихороутворення поверхня фазового контакту в одиниці об'єму зростає. Гідродинамічна система газорідинної емульсії, що виникає при цьому, є рухомою системою газорідинних вихорів. Вони виникають в об'ємі рідини внаслідок зіткнення бульбашок і струменів газу, що рухаються з великою швидкістю. Зіткнення бульбашок і газонаповнення рідини обумовлене кінетичною енергією газу, тому при достатньо високій швидкості газу вся рідина перетворюється на газорідинну емульсію, в якій на поступальний рух газу накладаються вихрові рухи. Ці чинники забезпечують значне збільшення інтенсивності процесів тепло- і масообміну.

Зі збільшенням в'язкості рідини необхідна значна кінетична енергія газу для отримання газорідинної емульсії. Крім того, при русі уздовж кип'ятільних трубок структура течії зазнає зміни унаслідок в'язкої дисипації енергії вихорів. Проте не можна нехтувати можливістю інтенсифікації уварювання утфелів за рахунок підвищення швидкості вдування пари (газу) і створення паро (газо) - утфельної емульсії хоча б на початкових ділянках кип'ятільних трубок. Більша ефективність теплообміну досягається при низьких витратах повітря, що вдувається у вигляді тонких струменів з великою швидкістю.

Опір масопереносу, який зазнає молекула цукрози при переході з навколишнього розчину в решітку кристала, розглядається як сума опору підведення маси до кристала (дифузійна складова) і опору реакції переходу (реакційна складова). Дифузійний опір пропорційний товщині дифузійного шару збідненого розчину, що оточує кристал, і обернено пропорційний коефіцієнту дифузії цукрози в розчині. Дифузійний опір залежить від температури, в'язкості розчину, а також від відносної швидкості руху кристалів в міжкристальному розчині.

Перемішування істотно впливає на дифузійний опір. Бульбашки повітря, що вдувається, насичені водяними парами, окрім суто гідродинамічного ефекту, що діє на утфель унаслідок зміни густини суміші в підйомних каналах,

беруть участь в перенесенні імпульсів на окремі кристали, які набувають таким чином відносного руху в міжкристальному розчині [6].

При постійних розмірах циркуляційного контура інтенсивність кристалізації цукрози значно зростає зі збільшенням довжини ділянки, на якій відбувалося перемішування утфеля повітрям, що вдувається. В той же час збільшення висоти циркуляційного контура при інших постійних параметрах призводило до зниження ефективності дії вдування повітря. Збільшення діаметру трубки також призводило до зниження інтенсифікації масообміну при вдуванні повітря.

Проведені випробування вакуум-апаратів з посиленою гідродинамічним способом циркуляцією утфеля показали [2, 3, 6], що інтенсивність теплообміну при вдуванні пари зростає під кінець уварювання утфелю. На рис.5 представлені типові графіки зміни коефіцієнта теплопередачі K на всіх стадіях циклу. Величини коефіцієнта теплопередачі зазнають значних змін як в дослідах без вдування, так і з вдуванням пари. Максимальні значення K на початку уварювання і пікові проміжні значення K відповідають умовам уварювання рідких продуктів після чергових підкачок в апаратах. Мінімальне значення K відповідає уварюванню продуктів, до певного згущення, перед черговою підкачкою. У початковий період уварювання інтенсифікація теплообміну за рахунок вдування пари мала нерегулярний характер. Це можна пояснити тим, що кипіння рідких продуктів при досить високих на початковій стадії теплових потоках і низьких рівнях в уварюваній масі здійснюється в оптимальному режимі роботи кип'ятильних трубок, коли по всій їх довжині спостерігається розвинене кипіння. У цих умовах вдування додаткової пари малоефективне.

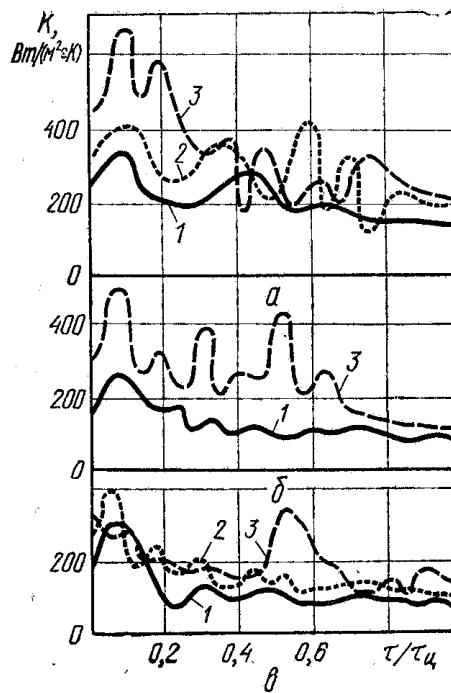


Рис. 5. Зміна коефіцієнтів теплопередачі при уварюванні утфелів: *a* — II кристалізації; *б* — III кристалізації бурякоцукрового виробництва; *в* — IV кристалізації при переробці тростинного цукру-сирцю; 1 — $G_{\text{вд}} = 0$ кг/год; 2 — $G_{\text{вд}} = 80$ кг/год; 3 — $G_{\text{вд}} = 120$ кг/год.

Набагато вища ефективність інтенсифікації теплообміну на завершальних стадіях уварювання. При уварюванні кінцевих продуктів значення K на останніх стадіях при вдуванні пари значно вище, ніж без вдування. Зі збільшенням витрати пари, що вдувається, значення K зростали, хоча і не однаковою мірою. Так, збільшення витрати понад 120 кг/год не привело до підвищення інтенсивності K . При вдуванні пари спостерігалися вищі амплітуди коливань значень K , ніж при уварюванні без вдування. Можливо, при вдуванні підкачки свіжої патоки швидше змішуються з утфелем в апараті, знижуючи його концентрацію і в'язкість, що приводить до більшого зростання інтенсивності теплопередачі, тоді як без вдування таке перемішування тривале або носить локальний характер.

На рис. 6 наведені графіки зміни маси кристалів G і масової швидкості кристалізації $dG/d\tau$ на різних стадіях уварювання. Криві зростання масового вмісту кристалів мають *S*- подібний вигляд. Повільне зростання маси кристалів

у початковий період пояснюється малими розмірами і, отже, малою поверхнею кристалізації. У цей період часто теплообмін випереджає масообмін, що може призвести до вторинного кристалоутворення. Умови для теплообміну на цій стадії сприятливіші, ніж умови для кристалізації. Рівень продукту в апараті, кількість кристалів та їх розміри невеликі, маса досить рухома, кип'ятильні трубки працюють в оптимальних умовах з максимальними коефіцієнтами теплопередачі. При цьому можна підтримувати максимальні пересичення і швидкості кристалізації.

Малі розміри кристалів і значні відстані між ними не дозволяють

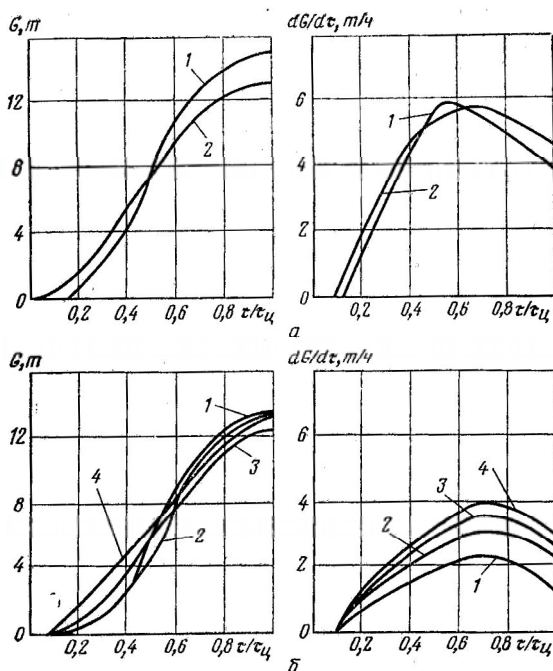


Рис.6. Зміна вмісту кристалів і швидкості кристалізації при уварюванні утфелей: а — II кристалізації: 1 — $G_{вд} = 0$ кг/год., $\tau_{ц} = 305$ хв; 2 — $G_{вд} = 180$ кг/год., $\tau_{ц} = 225$ хв; б — III кристалізації бурякового виробництва: 1 — $G_{вд} = 0$ кг/год., $\tau_{ц} = 735$ хв; 2 — $G_{вд} = 80$ кг/год., $\tau_{ц} = 448$ хв; 3 — $G_{вд} = 120$ кг/год., $\tau_{ц} = 390$ хв; 4 — $G_{вд} = 180$ кг/год., $\tau_{ц} = 320$ хв

вести інтенсивну кристалізацію на заведених кристалах. При малих розмірах і відносна швидкість росту кристалів в міжкристальному розчині незначна. У таких умовах найчастіше відбувається вторинне кристалоутворення. Щоб цього не відбувалося, рекомендується на 10...15 хв. після введення кристалів припиняти подачу гріючої пари.

Порівняння кривих (див. рис. б) масового зростання кристалів в утфелях, зварених з вдуванням пари і без нього, показує, що в першому випадку інтенсивність кристалізації значно вища в початковий період. Оскільки інтенсивність теплообміну в цей період підвищувалася незначно, то можна

припустити, що підвищення інтенсивності масової кристалізації обумовлене безпосереднім впливом парових струменів і бульбашок на утворення кристалів в утфелі.

Підвищення інтенсивності масового зростання кристалів обумовлене підвищенням ефективності рекристалізації при вдуванні пари у вакуум-апарат. При коливанні температури і пересиченні в об'ємі утфеля з певною амплітудою і частотою фракційний склад кристалів в ньому зазнає значних змін. При цьому крупні кристали ростуть швидше, ніж при постійному пересиченні внаслідок часткового або повного розчинення дрібних кристалів. При масовій кристалізації у меншій мірі виявляється молекулярний масоперенос, а зростання крупних кристалів здійснюється шляхом вбудовування в їх кристалічні решітки до зародкових згустків молекул речовини, яка кристалізується. Це здійснюється в місцях різкого зростання пересичення [6].

Швидкість масової кристалізації в середині уварювання зростає і при $\tau/\tau_{\text{ц}} = 0,5-0,8$ має максимальні значення (див. рис. 6.). Це викликано збільшенням розмірів кристалів їх поверхні. При цьому відстань між кристалами зменшується, меншою стає товщина дифузійного шару розчину на поверхні кристалів. Процес масообміну на цій стадії уварювання нічим не обмежується. Одночасно внаслідок зростання масового вмісту кристалів і накопичення нецукрів в міжкристальному розчині в'язкість утфеля різко зростає. Це призводить до істотного зниження інтенсивності теплообміну. Максимальна швидкість масової кристалізації спостерігається, коли процеси тепло- і масообміну протікають з відповідною інтенсивністю. Максимальні значення швидкостей масової кристалізації при уварюванні з вдуванням пари переміщуються ближче до кінця уварювання.

На завершальній стадії уварювання досягається значна інтенсифікація процесу кристалізації шляхом вдування пари в кип'ятільні трубки, що обумовлено значною інтенсифікацією теплообміну. При природній циркуляції утфеля інтенсивність теплообміну на цій стадії різко знижується внаслідок підвищення рівня утфеля в апараті, зростання концентрації кристалів і

збільшення в'язкості. Часто кипіння утфеля в гріючих трубках припиняється, утфель тут лише перегрівається, а закипання його відбувається в об'ємі над поверхнею нагріву. При вдуванні пари кипіння переноситься в гріючі трубки. Швидкість циркуляції і масової кристалізації утфеля зростає.

Висновки.

1. Витрата пари або газу для гідродинамічної інтенсифікації уварювання утфелів не повинна перевищувати $\varepsilon = 10 \dots 15$ % від витрати гріючої пари. Значення ε , отримані при уварюванні цукрових розчинів, складають 4...6 %. При цьому кип'ятільна трубка працювала в оптимальному режимі при рівнях киплячого розчину до 40 % від довжини трубки. У цих умовах підвищення ε до 15 % супроводжувалося посиленням коливань тиску і швидкостей руху суміші в кип'ятільній трубці з викидом розчину в сепараторі, а при $\varepsilon = 25$ % дуже сильно знижувалися коефіцієнти теплообміну. Тому у вакуум-апаратах з гідродинамічним посиленням циркуляції не можна допускати витрат вдуваної пари (газу) вище за оптимальні значення.

2. Оптимальні витрати повітря або пари, що вдувається в кип'ятільну трубку над гріючою поверхнею випарника з винесеною зоною кипіння, складала ~ 5 % від кількості випареної води. Причому із збільшенням корисної різниці температур оптимальні значення ε зростають.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Гаряжа В.Т.* Вакуум-апарат с усиленной циркуляцией / В.Т. Горяжа, Ю.Г. Артюхов, В.Р. Кулинченко // Химическое и нефтяное машиностроение. — 1976. — №4. — С. 3 – 5.

2. *Вакуум-апарат А2-ПВУ-40* / В.Т.Гаряжа, В.Р. Кулинченко, Ю.Г. Артюхов и др. // Сахарная промышленность. — 1977. — №12. — С. 27 – 30.

3. *Интенсификация процесса* уваривания утфелей в вакуум-апаратах / В.Т. Горяжа, Ю.Г. Артюхов, В.И. Павелко, В.Р. Кулинченко и др. // Сахарная промышленность. — 1975. — №1. — С. 14 – 17.

4. А. с. 560623 (СССР)// Горяжа В.Т., Артюхов Ю.Г., Сторчеус М.П., Кулинченко В.Р.– Б. И. 1977, № 21.

5. Кафаров В.В. Основы сассопередачи / Кафаров В.В. — М.: Высшая школа, 1972.– 655 с.

6. Интенсификация процесса уваривания утфелей / В.Т. Горяжа, В.Р. Кулинченко, Ю.Г. Артюхов, Б.Г. Дидушко. — М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981.– 152 с.

Одержана редколегією 3.10.2011 р.

В.Р. Кулинченко, Д.В. Каптановский,

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ УВАРИВАНИЯ УТФЕЛЕЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Повышение эффективности сахарного производства связано с интенсификацией процессов тепломассообмена во время уваривания утфелей. Результаты теоретического и экспериментального исследования рабочих процессов положены в основу гидродинамического метода усиления циркуляции в вакуум-аппаратах периодического действия. Рассмотрены процессы практического использования этого метода интенсификации.

Ключевые слова: вакуум-аппарат, гидродинамика, теплообмен, массообмен, температура, вдувание пара (газа), интенсификация, кипяtilьные трубы, циркуляция, утфель, сахар, раствор.

V. Kulintchenko, D. Kaptanovsky,

INTENSIFICATION OF BOILING OF UTFEL BY HYDRODYNAMIC METHOD

An increase of efficiency of saccharine production is intensification of processes of thermal mass-transfer during obtain of mixture. The results of theoretical and experimental research of workings processes are fixed in basis of hydrodynamic method of strengthening of circulation in vacuuv apparatus of batch-type and the questions of the practical use of this method of intensification are considered.

Key words: vacuum pans, hydrodynamics, heat exchange, mass-transfer, temperature, insufflation of pair (gas), intensification,boiling pipes,

circulation, sushensoids, sugar, solution.