

Вплив конструктивних особливостей утфельних вакуум-апаратів з підсиленою циркуляцією на ефективність їх роботи

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

У статті наведено аналіз впливу конструктивних факторів на роботу утфельних вакуум-апаратів з підсиленою різними способами циркуляцією утфеля. Дана оцінка доцільності і ефективності впровадження на цукрових заводах вакуум-апаратів з підсиленою циркуляцією утфелю в них.

Ключові слова: вакуум-апарати, утфель, підсилена циркуляція, аналіз, інтенсифікація, оптимізація

В статье приведен анализ влияния конструктивных факторов на работу утфельных вакуум-аппаратов с усиленной различными способами циркуляцией утфеля. Дана оценка целесообразности и эффективности внедрения на сахарных заводах вакуум-аппаратов с усиленной циркуляцией утфеля в них.

Ключевые слова: вакуум-аппараты, утфель, усиленная циркуляция, анализ, интенсификация, оптимизация

The article provides an analysis of the impact of arrangement factors at work of the massecuite vacuum apparatus with reinforced of the massecuite circulation in different ways.

Estimation done of feasibility and efficiency of implementation of vacuum apparatus with reinforced massecuite circulation at sugar factories.

Key words: vacuum apparatus, massecuite, reinforced circulation, analysis, intensification, optimization.

Доцільність і ефективність впровадження в теплотехнологічній схемі цукрового заводу вакуум-апаратів з підсиленою циркуляцією утфеля нами доведена [1].

В даній статті вважаємо необхідним довести до відома наукових та інженерно-технічних працівників цукрової промисловості аналіз роботи утфельних вакуум-апаратів з підсиленою різними способами циркуляцією, зроблений нами на підставі отриманих результатів промислових випробувань вищевказаних вакуум-апаратів та впливу, в першу чергу, конструктивних особливостей цих апаратів на ефективність їх роботи.

Вакуум-апарати періодичної дії для цукрової промисловості, які виготовляються на вітчизняних та зарубіжних машинобудівельних заводах, характеризуються різноманіттям конструкцій, проте переважна більшість конструкцій – це вертикально-трубчаті апарати з природною чи примусовою циркуляцією утфелю.

До вакуум-апаратів цукрового виробництва незалежно від їх типу висувається ряд вимог, до яких, в першу чергу, відносяться такі:

- конструктивне виконання поверхні нагріву такою, що забезпечує мінімальну тривалість процесу варки утфелю;

- забезпечення надійної циркуляції утфелю і

недопущення появи застійних зон, в яких циркуляція утфелю відсутня;

- можливість регулювання і контролю тепло-технологічного і гідродинамічного режиму роботи апарата.

Відомо, що в утфельних вертикально-трубчатих вакуум-апаратах з природною циркуляцією в залежності від теплового потоку, швидкості циркуляції (п'езометричного рівня), теплофізичних властивостей утфелю в кип'ятільних трубах встановлюються відповідні режими течії утфелю і пароутфельної суміші. Встановлено, що навіть при оптимальних умовах роботи циркуляційного контуру в кип'ятільній трубі вакуум-апарата є економайзерна ділянка, де відбувається підігрів утфелю до температури кипіння, і довжина якої збільшується зі зростанням концентрації сухих речовин утфелю CP_y і зниженням середнього теплового потоку q для всієї труби [2].

Довжина економайзерної ділянки кип'ятільної труби вакуум-апарата $l_{ек}$ залежить від п'езометричного рівня $h_{тр}$, при якому працює кип'ятільна труба, а, отже, від швидкості циркуляції W_o , яку для утфелю визначають за виразом [2]:

$$W_o = C(W''_o)^{0,55} h_{тр}^{1,3} L^{-h} \left(\frac{\mu_m f_o}{\mu_y f_{плд}} \right), \quad (1)$$

де C – стала величина, що враховує залежність швидкості циркуляції W_0 від зміни в'язкості утфелю μ_y ; W''_0 – середня приведена швидкість пари на виході з кип'ятильної труби, м/с; L – робоча довжина кип'ятильної труби, м; $f_{оп}$, $f_{під}$ – відповідно, сумарна площа перерізу опускних і підйомних (кип'ятільних) труб вакуум-апарата, м²; μ_m , μ_y – відповідно, коефіцієнти динамічної в'язкості між кристального розчину і утфелю, Па*с.

Аналізуючи вираз (1), можна стверджувати, що на швидкість циркуляції утфелю у вакуум-апараті суттєвий вплив мають конструктивні параметри поверхні нагріву, в першу чергу, діаметр і довжина кип'ятільних і опускних (циркуляційних) труб. На підставі чисельних досліджень [3] для конструювання вертикально-трубчатих вакуум-апаратів періодичної дії були прийняті як оптимальні: довжина кип'ятільних труб в межах 0,9-1,2 м, співвідношення внутрішнього $d_{вн}$ і зовнішнього d_3 діаметрів кип'ятільних труб в межах $d_{вн} / d_3 = 0,09-0,108$ м. Однак, деякі машинобудівельні заводи випускають вакуум-апарати з довжиною кип'ятільних труб 1,5-2 м, мотивуючи це необхідністю збільшення одиничної потужності вакуум-апаратів, а, отже і поверхні нагріву апарата. Але збільшення довжини кип'ятільних труб призводить до підвищення п'єзометричного рівня утфелю як при першопочатковому наборі (наповненні) апарату, так і до підвищення рівня звареного утфелю в кінці циклу уварювання, що пов'язане з погіршенням циркуляції його і зростанням гідростатичної депресії.

Необхідно зазначити, що кип'ятільні труби вакуум-апаратів працюють в режимах, близьких до оптимального, тільки на початку процесу уварювання утфелю і при мінімальному (оптимальному) рівні продукту (рідкого сиропу (паточки)) в апараті. На подальших стадіях процесу уварювання утфелю зі зростанням рівня продукту в апараті, а також зі збільшенням його концентрації і в'язкості режим кипіння утфелю все більше відрізняється від оптимального. На завершальній стадії уварювання утфелю кип'ятільні труби по всій довжині працюють в режимі економайзерної ділянки, і закипання утфелю відбувається вище парової камери апарата, в так званому шарі «набухання».

Зрозуміло, що в цьому випадку швидкість циркуляції утфелю значно зменшується, а, відповідно, зменшується і інтенсивність процесів тепло масообміну у вакуум-апараті. Створюється несприятлива гідродинамічна ситуація, яка вимагає підсилення швидкості циркуляції утфелю. Підсилення циркуляції у вертикально-трубчатих вакуум-апаратах здійснюється двома способами: 1) за допомогою механічного циркулятора (механічний спосіб); 2) шляхом вдування пари (повітря) в кип'ятільні труби апарата (гідродинамічний спосіб).

Слід зазначити, що машинобудівельні заводи, які продукують вакуум-апарати для цукрової промисловості, надають перевагу апаратам з механічним способом інтенсифікації процесу уварювання утфелю, в яких збільшення швидкості циркуляції утфелю здійснюється за допомогою механічного циркулятора, який розміщується в опускному каналі вакуум-апарата. Підсилення циркуляції механічним способом досягається завдяки створюваного циркулятором зовнішнього рушійного тиску, який залежить від геометричних розмірів, форми і частоти обертів циркулятора.

Чим більшим є створюваний циркулятором рушійний тиск, тим більшим є збільшення швидкості циркуляції утфелю. Однак, при цьому збільшується також тиск на вході в кип'ятільні труби, а, відповідно, збільшується і недогрів утфеля до температури кипіння, тобто, збільшується довжина економайзерної ділянки кип'ятільних труб, також зменшується середній паровміст в них, а, отже і рушійний тиск природної циркуляції Δp .

Відомо, що інтенсивність теплообміну на економайзерній ділянці кип'ятильної труби менша, ніж на ділянці, де утфель кипить [3]. Зі збільшенням швидкості циркуляції інтенсивність теплообміну на економайзерній ділянці зростає, проте в меншій степені, ніж зменшення інтенсивності тепловіддачі внаслідок збільшення довжини економайзерної ділянки $l_{ек}$ і зменшення ділянки кипіння (випаровувальної) $l_{вип}$. Збільшуються також гідравлічні опори, оскільки в під трубному просторі і в опускній трубі утфель здійснює обертний рух, що в деякій мірі зменшує ефективність цього способу підсилення циркуляції.

До того ж, останні дослідження [4] показали, що у вакуум-апаратах з механічним циркулятором спостерігається нерівномірність у збільшенні швидкості циркуляції утфелю, тобто створюються «застійні» зони, що призводить до зниження інтенсивності тепло масообміну і, відповідно, до зменшення інтенсифікації процесу уварювання утфелю.

Цього недоліку можна уникнути при застосуванні гідродинамічного способу підсилення циркуляції [5], оскільки підвищення швидкості циркуляції утфелю при вдуванні пари (повітря) відбувається за рахунок підвищення паровмісту і практичної відсутності економайзерної ділянки, бо кипіння утфелю в цьому випадку починається на вході в кип'ятільні труби, а в зв'язку з цим значно збільшується рушійний тиск як на ділянці кипіння, так і в над трубному шарі.

З метою удосконалення конструкції вакуум-апаратів періодичної дії та інтенсифікації процесу уварювання утфелів у Національному університеті харчових технологій (НУХТ) були проведені дослідження процесів тепло масообміну і гідродинаміки у вертикально-трубчатих утфельних вакуум-апаратах, на підставі яких промисловос-

ті були запропоновані нові конструкції модернізованих вакуум-апаратів з підсиленою циркуляцією утфелю [3].

Промислові випробування вакуум-апаратів різного типу з підсиленою циркуляцією підтвердили ефективність їх роботи і сприяли широкому впровадженню цих апаратів в цукровій промисловості багатьох країн світу [1]. Впровадження у виробництво вакуум-апаратів з підсиленою циркуляцією дозволяє суттєво зменшити витрату теплоти (пари) на процес уварювання утфелю за рахунок скорочення тривалості циклу уварювання на 25-40% у порівнянні з вакуум-апаратами з природною циркуляцією. ■

Список використаних джерел

1. *Ефективність застосування вакуум-апаратів з підсиленою циркуляцією в теплотехнологічній схемі цукрового заводу.* В.І Павелко. К. : Цукор України, 2014, №1(97), С. 20 – 22.

2. *Розрахунок інтенсивності тепловіддачі до киплячих висококонцентрованих цукрових розчинів в утфельних вакуум-апаратах з підсиленою циркуляцією.* В.І Павелко. К. : Цукор України, 2014, №2(98), С. 18 – 20.

3. *Интенсификация процесса уваривания утфелей.* В.Т. Гаряжа и др. – М. : Легкая и пищевая пром-ть. 1981, - 152 с.

4. *Моделювання гідродинаміки цукрового утфелю в циркуляційній трубі.* І.М. Дмитренко, Т.М. Погорілий, Матеріали міжнародної наукової конференції «Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчовій промисловості». К. : НУХТ, 2015, С. 418.

5. *Гідродинамічний спосіб підсилення циркуляції в утфельних вакуум-апаратах.* В.І Павелко, Ю.О. Проценко. К. : Цукор України, 2013, №6(90), С. 26 – 29.

Рецензент: С.М. Василенко, д.т.н., проф.

ЦІКАВІ ФАКТИ

Де ростуть ягоди солодші за цукор?



Всі, звичайно, знають, що цукор отримують з цукрових буряків і цукрової тростини. А які ще рослини можуть дати людині цукор?

Квітки практично всіх рослин виробляють особливий цукристий сік - нектар, а бджоли перетворюють його в ароматний і дуже смачний мед, який повністю замінює звичний нам цукор.

Найбільше цукру в нектарі квіток яблуні та кінського каштана. А максимально швидко «виробляє» цукор квітка малини: щодоби в ній утворюється 7,6 міліграм цукру, що є абсолютним рекордом в живій природі. Одним з найсолодших дерев вважається липа. У липових гаях в пору цвітіння бджоли збирають багато тонн солодкого нектару.

Цукор містять не тільки квітки, але і листя, наприклад тюльпана. На кожен квадратний метр умовної площі листя тюльпана за одну годину утворюється 1,267 грам цукру.

Найцукристішим з усіх деревних соків є, звичайно, сік цукрового клена, що росте в Північній Америці. У Канаді воно здавна вважається найкращим джерелом аматорського видобутку цукру. Цукровий клен навіть визнаний національним деревом Канади, а його лист красується на гербі та державному прапорі цієї країни.

Отримують цукор уварюванням кленового соку, а сам сік збирають в підвішені до стовбурів дерев відра, попередньо провівши підсічку дерев. Рясне соковиділення у цукрового клена буває зазвичай в лютому-березні. Одне дерево дає в цей час стільки соку, що з нього можна отримати від 2 до 4 кілограмів цукру. У Канаді та США таким шляхом отримують щорічно близько чотирьох тисяч тонн чудового цукру.

У горах Парагваю місцеві жителі в якості заміниці цукру використовують листя невисокої трав'янистої рослини стевії Ребо. Стевію не дарма називають «медовою травою» - вона в триста разів солодша за цукор.

Але, напевно, природа віддала людині ще не всі свої запаси. Зовсім нещодавно група фахівців Пенсільванського університету (США) виявила в червоних ягодах рослини, що росте в тропіках Західної Африки на території Гани, речовину, яку назвали монелліном. Вона виявилася солодше за цукор в 3000 разів.

