

Аналіз гідродинаміки в вакуум-апаратах оснащених камерою упорядкування циркуляційного потоку утфелю

В. Г. Мирончук, доктор технічних наук, професор. Національний
Університет харчових технологій

А. М. Коцюбанський. Національний Університет харчових технологій

Т. М. Погорілий, кандидат технічних наук. Національний Університет
харчових технологій

У статті розглянуто дослідження впливу камери упорядкування циркуляції потоку утфелю на гідродинаміку вакуум-апарата за допомогою програми моделювання трьохвимірних течій рідин та газів Flow Vision.

Ключові слова: вакуум-апарат, утфель, кристалізація, гідродинамічні процеси, циркуляційний контур, швидкість циркуляції.

В статье рассмотрено исследование влияния камеры упорядочения циркуляции потока утфеля на гидродинамику вакуум-аппарата с помощью программы моделирования трехмерных течений жидкостей и газов Flow Vision.

Ключевые слова: вакуум-аппарат, утфель, кристаллизация, гидродинамические процессы, циркуляционный контур, скорость циркуляции.

The article considers the influence of camera arrangement for circulation flow hydrodynamics restorative sugar solution of vacuum pan using three-dimensional simulation of flows of liquids and gases Flow Vision.

Keywords: vacuum pan, restorative sugar solution, crystallization, hydrodynamic processes, the recycle loop, the speed of circulation.

Сучасні конструкції вакуум-апаратів для уварювання цукрових утфелів за принципом організації циркуляції киплячого утфелю поділяються на апарати з

природною циркуляцією та механічним чи гідродинамічним підсиленням природної циркуляції [1].

Особливістю гідродинамічних процесів в цих апаратах є одночасне протікання теплообміну, випарювання й кристалізації речовини із пересиченого розчину при різних режимах живлення апарата свіжим розчином в умовах перемішування і рециркуляції утфеля. Істотно впливають на гідродинамічні процеси в вакуум-апаратах реологічні властивості утфелів та конструктивні особливості циркуляційного контуру.

Природна циркуляція утфелю відбувається під дією гравітаційних сил, що виникають внаслідок різниці густини середовища в опускних та висхідних каналах. Створений таким чином рушійний напір повністю витрачається на подолання гідравлічних опорів та прискорення утфелю у висхідних каналах [2].

Переважає кількість вітчизняних вакуум-апаратів являє собою конструкцію, що складається з вертикального циліндричного корпусу та трубчастої нагрівної камери з центральним опускним каналом [1].

Такі конструкції апаратів мають недолік пов'язаний з тим, що частина утфелю, що виходить з кип'ятільних трубок розташованих поблизу центральної циркуляційної труби зустрічається з протилежно направленим потоком утфелю, що надходить в цю трубу. Це призводить до погіршення гідродинамічних умов циркуляції, зменшення напору циркуляції в наслідок змішування висхідного та опускного потоків утфелю, що негативно впливає на інтенсивність циркуляції утфелю та теплообміну, і як наслідок зменшує інтенсивність процесу кристалізації і продуктивність апарата.

Для усунення цих недоліків нами була запропонована камера упорядкування циркуляційного потоку утфелю **рис.1** [3], яка дозволяє розділити висхідні і опускні потоки розчину. Камера упорядкування циркуляційного потоку утфелю 2 розташована в циркуляційній трубі нагрівної камери 1 і являє собою порожнистий циліндр 4 з поплавками 3 та радіальними полосами 5, які запобігають заклинюванню циліндра. Камера упорядкування

циркуляційного потоку може вільно спливати при наповненні вакуум-апарату розчином під дією сили Архімеда завдяки порожнистому циліндру 4 та поплавкам 3.

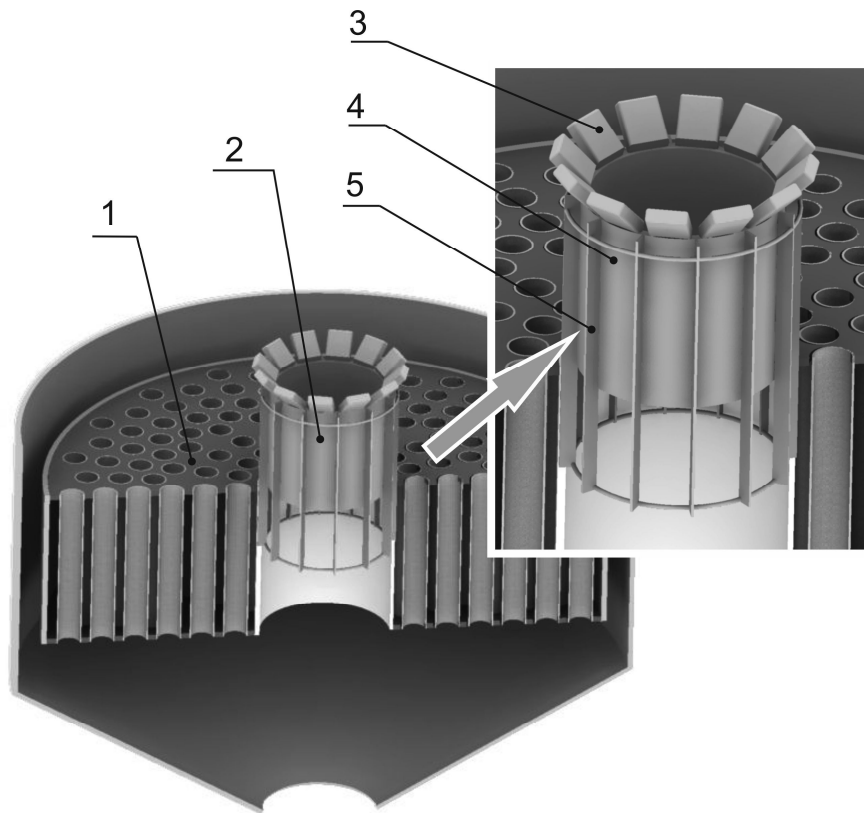


Рис. 1. Камера упорядкування циркуляційного потоку утфелю

Дослідження впливу камери упорядкування циркуляційного потоку утфелю на гідродинаміку вакуум-апарата в порівнянні з апаратом без камери проведено за допомогою програми моделювання трьохвимірних течій рідин та газів Flow Vision. Застосування сучасних комп'ютерних технологій та програмного забезпечення дозволяє спростити процес дослідження гідродинамічного стану вакуум-апаратів, та отримати результати максимально наближені до реальних за короткий проміжок часу.

Для роботи з програмою було розроблено 10 моделей апарата з певним рівнем утфелю та положенням плаваючої камери і 10 моделей без плаваючої камери, для певного періоду уварювання за допомогою програми Компас.

В результаті проведених досліджень було отримано швидкості циркуляції утфелю в різних кип'ятильних трубках по радіусу нагрівної камери в напрямку від центральної циркуляційної труби та в самій циркуляційній трубі.

Результати розрахунку програмою подаються як в графічному так і в табличному (цифровому) вигляді. Приклад результатів розрахунку для певного моменту процесу кристалізації $t/t_u=0.1$ у графічному вигляді представлено на **рис. 2**, де показано розподіл векторів швидкостей в нагрівній камері вакуум-апарата відповідно без (**рис. 2а**) та з (**рис. 2б**) камерою упорядкування циркуляції.

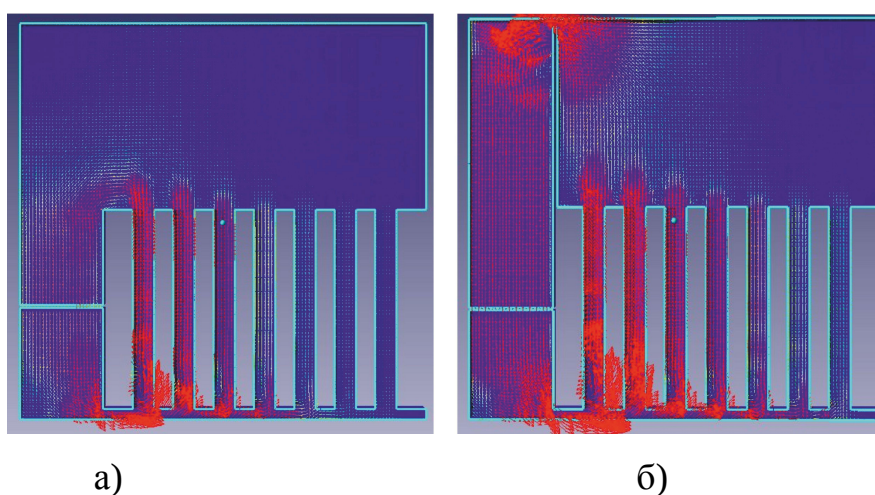


Рис. 2. Розподіл векторів швидкостей в гріючій камері вакуум-апарата при $t/t_u=0.1$, вмісті кристалів – 15%, рівні утфелю – 1500мм.

Результати розрахунку швидкостей утфелю починаючи з моменту заведення кристалів до кінця уварювання на виході з кип'ятильних трубок та в циркуляційній трубі нагрівної камери з та без камери упорядкування циркуляції наведенні на **рис. 3** та **рис. 4**.

Як свідчать дані з діаграм **рис. 3** та **рис. 4** швидкість циркуляції утфелю при застосуванні камери упорядкування циркуляції завжди вища ніж без застосування камери упорядкування циркуляції. Отже застосування камери упорядкування циркуляції покращує загальний гідродинамічний стан у вакуум-апараті.

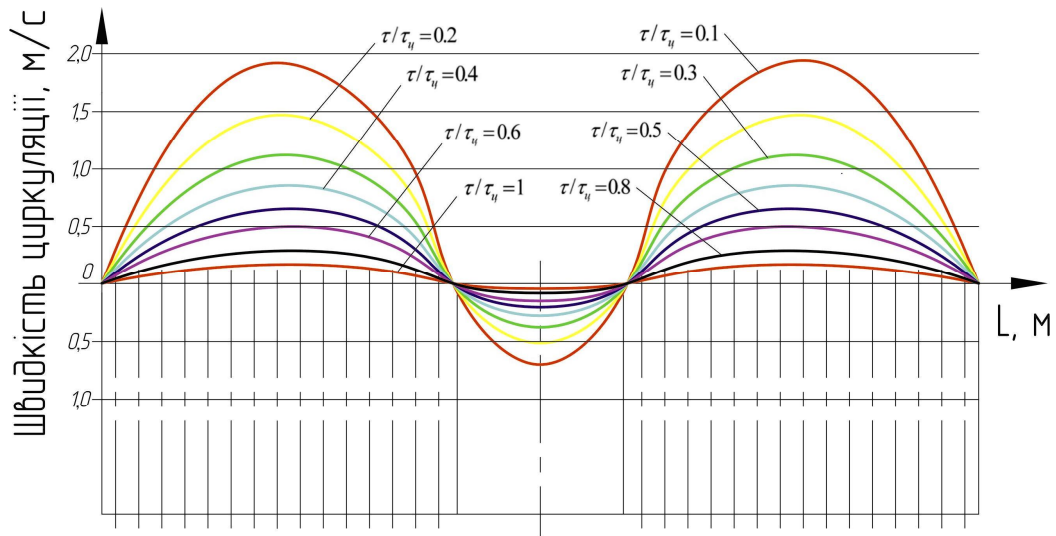


Рис. 3. Швидкість утфелю на виході з кип'ятильних трубок та в циркуляційній трубі з встановленою камерою упорядкування циркуляції

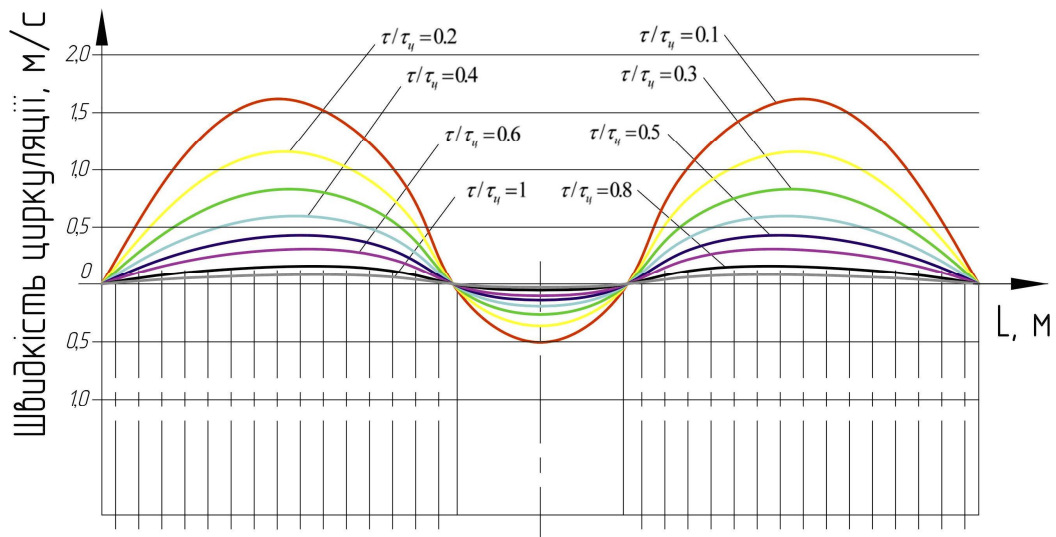


Рис. 4. Швидкість утфелю на виході з кип'ятильних трубок та в циркуляційній трубі без камери упорядкування циркуляції

Збільшення швидкості циркуляції утфелю покращує процес теплообміну, що в свою чергу призводить до зменшення часу варки в наслідок збільшення швидкості випаровування розчинника. В свою чергу зменшення часу процесу уварювання не лише збільшує продуктивність апарату а й зменшує частку сахарози, що втрачається в наслідок термічного розкладу, що показує наступне рівняння [4], яке визначає масу сахарози, що розклалася до маси сахарози в розчині в %:

$$M_{\text{розкл.}} = 100 \cdot K_t t ;$$

де K_t - константа швидкості розкладу сахарози, хв^{-1} ;

t - тривалість перебування сахарози за даних умов, хв.

В свою чергу константа швидкості розкладу сахарози визначається з рівняння [5]:

$$K_t = 10^{16.806 - 5666.17 / T - ph} + 10^{20.1676 - 9064.69 / T - 0.017053T + 0.57 ph} ;$$

де T - температура по Кельвіну.

Отже величина втрат сахарози від термічного розкладу пов'язана з температурою розчину та часом на протязі якого розчин перебуває в зоні підвищеної температури, тобто в кипятильних трубках нагрівної камери.

Термічний розклад сахарози призводить до збільшення частки нецукрів, що відповідно погіршує умови протікання процесу кристалізації та погіршує якість кінцевого продукту.

Окрім цього застосування камери упорядкування циркуляції збільшує інтенсивність руху утфелю над паровою камерою, що показано на прикладі **рис. 2**, та дозволяє зменшити кількість застійних зон в верхніх шарах утфелю і цим збільшити інтенсивність процесу кристалізації.

Виходячи з вищенаведених результатів, порівняння апаратів зі звичайною гріючою камерою та камерою з упорядкуванням циркуляції можна зробити висновок про безперечні переваги вакуум-апаратів з камерою упорядкування циркуляції, яка дозволяє забезпечити більш інтенсивний процес кристалізації.

Список використаних джерел

1. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості:// за редакцією В.Г. Мирончука. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.
2. Интенсификация процесса уваривания утфелей / В. Т. Гаряжа, В. Р. Кулинченко, Ю. Г. Артюхов, Б. Г. Дидушко. – М.: Лёгкая и пищевая пром-сть, 1981. – 152с.

3. Пат. 14752, МПК(2006) C13F 1/00. Вакуум-апарат для кристалізації розчинів/ Ночніченко І.Ю., Мирончук В.Г., Поргорілий Т.М. - Опубл. 15.05.2006. - Бюл. №5.
4. Тужилкин В.И. Кристаллизация сахара: Монография. – М.: Издательский комплекс МГУПП, 2007. – 336 с.
5. Сапронов А.Р. Технология Сахарного производства. – М.: Колос, 1998. – 495 с.