

ВПЛИВ СПОСОБУ ПІДВЕДЕННЯ ПІДКАЧОК НА ЇХ РОЗПОДІЛ ТА ШВИДКІСТЬ ПРОДУКТУ В КИП'ЯТИЛЬНИХ ТРУБКАХ ВАКУУМ-АПАРАТА

В.Г.Мирончук

О.А.Єщенко

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто фактори впливу розподілу живильного цукрового розчину по об'єму вакуум-апарата та рівномірного надходження його в кип'ятільні трубки нагрівної камери на процес масової кристалізації.

Ключові слова вакуум-апарат, живильний цукровий розчин, масова кристалізація, циркулятор, утфель, кип'ятільні трубки.

В статье рассмотрены факторы влияния распределения питательного сахарного раствора по объему вакуум-аппарата и равномерного его поступления в кипящие трубки нагревательной камеры на процесс массовой кристаллизации.

Ключевые слова: вакуум-аппарат, питательный сахарный раствор, массовая кристаллизация, циркулятор, утфель, кипящие трубки.

In the article factors of distribution of restorative sugar solution by the volume of vacuum pan and its even inflow into boiling tubes of pot heater that influence the process of mass crystallization are described.

Key words: vacuum pan, restorative sugar solution, mass crystallization, circulator, massecuite, boiling tubes

Одним із важливих завдань цукрового виробництва є ефективна робота вакуум-апаратів по забезпеченню інтенсивного процесу масової кристалізації. Поряд із іншими факторами впливу на цей процес, не останню роль відіграє розподіл живильного цукрового розчину по об'єму вакуум-апарата і, особливо, рівномірне надходження його в кип'ятільні трубки нагрівної камери.

Питанням способів підведення живильного розчину при уварюванні утфелів у вакуум-апаратах цукротехніки завжди приділяли належну увагу [1–3].

Разом з тим, існуючі до останнього часу методи досліджень розподілу живильного розчину в вакуум-апараті були громіздкі, кропіткі, пов'язані з виконанням експериментальних досліджень на промисловому обладнанні, що не дозволяло з достатньою точністю співставляти отримані результати.

З метою усунення згаданих недоліків, нами використані можливості спеціалізованого програмного комплексу FlowVision призначеного для моделювання та дослідження тривимірної течії рідини і газу в технічних і природних об'єктах, а також візуалізації цих течій методами комп'ютерної графіки.

Метою проведеної нами роботи було визначення, за допомогою програмного комплексу FlowVision, динаміки руху продукту в вакуум-апараті з традиційним та запронованим нами тангенціальним підведенням живильного розчину.

Тангенціальне підведення живильного розчину забезпечується новою конусоподібною конструкцією колектора із чашоподібними розподільниками (рис. 1) в поєднанні з механічним циркулятором.

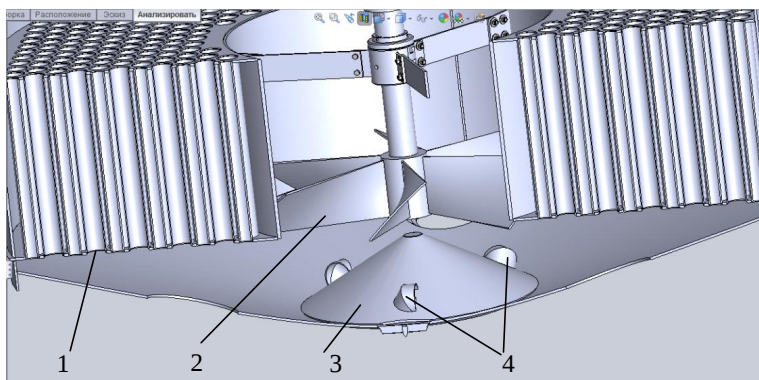


Рис. 1. Конструктивне рішення тангенціального підводу живильного розчину:
1 – нагрівна камера; 2 – циркулятор; 3 – колектор підведення живильного розчину; 4 – чашоподібні розподільники живильного розчину.

Для моделювання процесу течії утфелю у вакуум-апараті в програмному комплексі FlowVision спочатку створили геометричну модель апарату [4, 5]. Для створення даної моделі використали програму Solid Works, яка являє собою потужний і сучасний додаток до системи Windows і використовує її графічний інтерфейс. Solid Works – це інтегроване середовище трьохвимірного моделювання деталей, обладнання і створення креслень на їх основі. Вона дозволяє здійснювати візуалізацію і анімацію створених моделей.

Для порівняння течії утфелю у вакуум-апаратах ми створили дві такі моделі: типового та модернізованого вакуум-апаратів.

Для створення математичного опису даних геометричних моделей вирішували задачу для течії рідини в апараті, яка описується рівняннями Нав'є–Стокса [6], рівняннями для функцій переносу і рівняннями чисто конвективного переносу. Граничних умов для випадку, що нами досліджується три: граничні умови вільного виходу, гранична умова стінки апарату і гранична умова входу. Речовини, що змішуються – цукровий утфель та живильний розчин. Фізичні параметри процесу, що розглядається: температура утфелю, в'язкість і густина утфелю і живильного розчину, тиск у вакуум-апараті. Крім того необхідно задати оберти циркулятора, як рухомого об'єкту.

Постпроцесор FlowVision здійснює візуалізація результатів розрахунку.

Для порівняння обох моделей апаратів ми дослідили два параметри у кип'ятильних трубках та підтрубному просторі по перерізу нагрівальної камери – масовий розподіл підкачок по кип'ятильним трубкам та швидкість їх розподілу.

Як приклад наведено результати досліджень за умов рівня затоплення парової камери утфелем 115 %, тобто на початку процесу уварювання.

На рис. 2 показано швидкості розподілу підкачок в трубках, розташованих по радіусу в моделях, що порівнюються, методом «Заливка».

Відповідні графіки розподілу швидкостей наведено на рис. 3.

Дані по розподілу швидкостей по кип'ятильним трубкам вакуум-апарата, отримані при дослідженні змодельованого процесу за допомогою програмного

забезпечення FlowVision, наведено до таблиці 1. Значення апроксимовані за допомогою програми CurveExpert та представлені на рис. 4

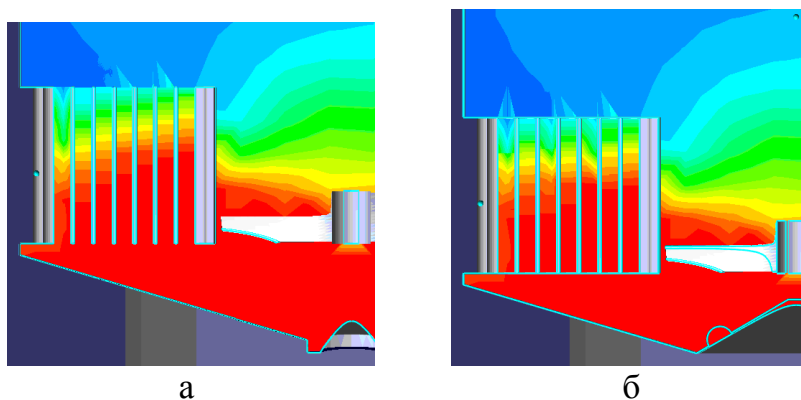


Рис. 2. Розподіл швидкостей розподілу підкачок по кип'ятильним трубках у типовому (а) та вакуум-апараті з тангенціальним підводом живильного розчину (б).

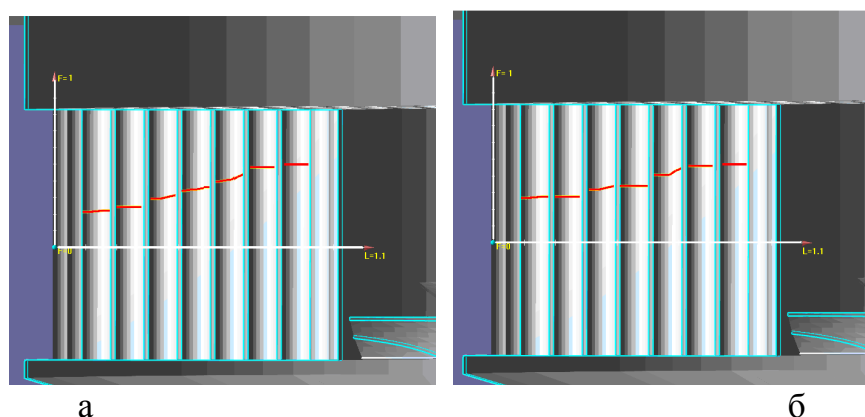


Рис. 3. Графіки розподілу швидкостей по кип'ятильним трубках у типовому (а) та вакуум-апараті з тангенціальним підводом живильного розчину (б).

Таблиця1.

Дослідні результати по швидкостях розподілу живильного розчину

№ трубки	Значення швидкості у типовому вакуум-апараті, м/с	Значення швидкості у вакуум-апараті з тангенціальним підводом живильного розчину, м/с
1	0,272	0,312
2	0,297	0,331
3	0,323	0,348
4	0,355	0,366
5	0,379	0,375
6	0,387	0,384
7	0,397	0,389

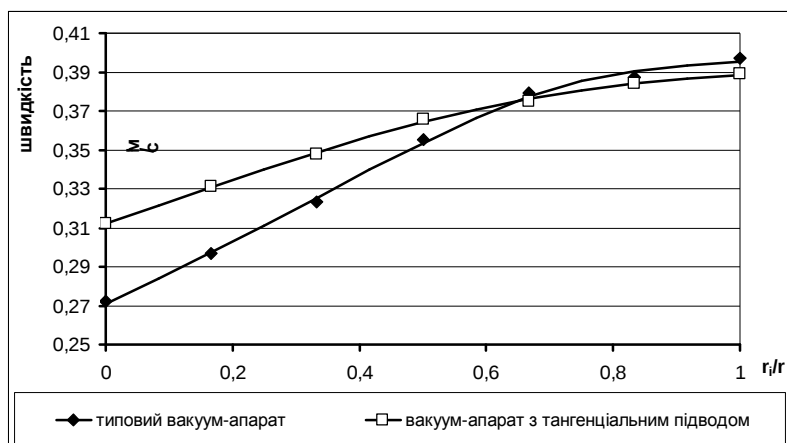


Рис. 4. Зведений графік швидкостей розподілу живильного розчину у трубках вакуум-апаратів

З наведених даних видно, що у вакуум-апараті з тангенціальним підводом підкачок швидкість розподілу останніх більш рівномірною по радіусу нагрівної камери у порівнянні з типовим вакуум-апаратом, у якого спостерігається більший перепад значень швидкостей утфелю по радіусу апарата.

Такий стан перш за все, на нашу думку, є наслідком більшої рівномірності масового розподілу живильного розчину по кип'ятильних трубкам у вакуум-апараті з тангенціальним підводом (рис. 5, рис. 6).

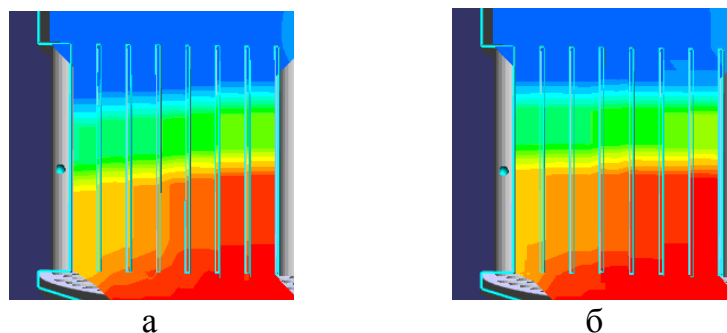


Рис. 5. Масовий розподіл підкачок по кип'ятильних трубкам у типовому (а) та вакуум-апараті з тангенціальним підводом живильного розчину (б)

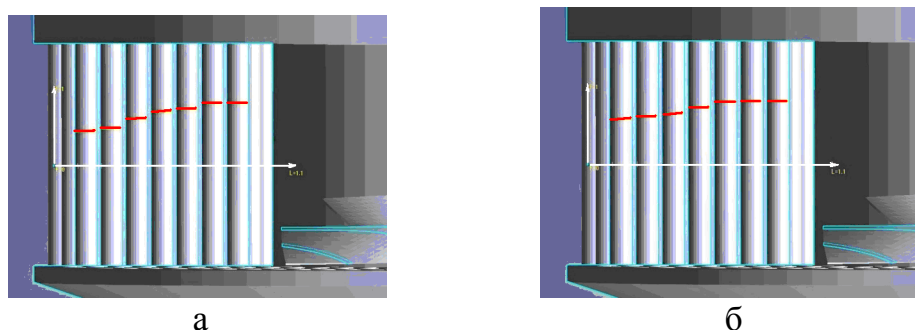


Рис. 6. Графіки масового розподілу підкачок по кип'ятильних трубкам у типовому (а) та вакуум-апараті з тангенціальним підводом живильного розчину (б)

За отриманими числовими даними масового розподілу підкачок по радіусу апарата в кип'ятильних трубах (табл. 2) побудовані порівняльні графіки (рис. 7).

Таблиця 2.

Дослідні результати по масовому розподілу живильного розчину

№ трубки	Масовий розподіл підкачок у стандартному вакуум-апараті, $m_{\text{підкачка}}/m_{\text{утфель}}$	Масовий розподіл підкачок у модернізованому вакуум-апараті, $m_{\text{підкачка}}/m_{\text{утфель}}$
1	0,554	0,716
2	0,650	0,764
3	0,756	0,815
4	0,853	0,895
5	0,967	0,975
6	1,000	1,000
7	1,000	1,000

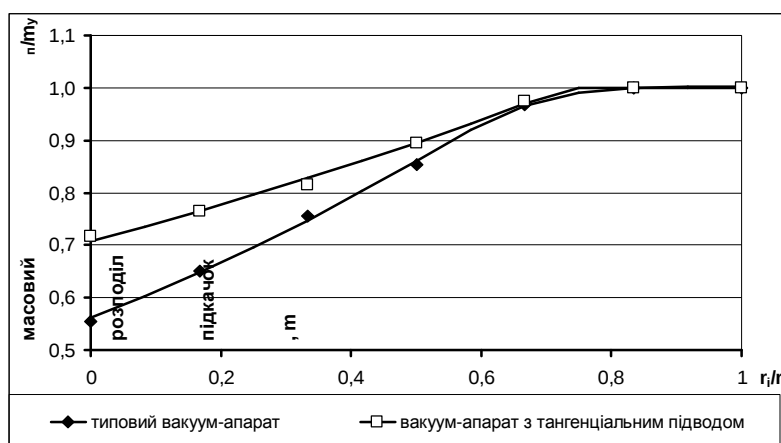


Рис. 7. Зведений графік масового розподілу живильного розчину у трубах вакуум-апаратів

Як видно з графіків, наведених на рис. 7, у вакуум-апаратах з тангенціальним підводом живильного розчину масовий розподіл підкачок має більш рівномірний характер ніж у типовому апараті.

Отримані нами графічні залежності (рис. 4, рис. 7) з висококим ступенем достовірності описуються рівнянням

$$y = \frac{a}{\left(e^{b-cx}\right)^{\frac{1}{d}}},$$

Де y – масовий розподіл або розподіл швидкістей підкачок; $x = \frac{r_i}{r}$, r_i – поточний радіус, r – радіус парової камери; a, b, c, d – розрахункові коефіцієнти.

Висновок

У вакуум-апаратах з тангенціальним підводом живильного розчину створюються більш сприятливі умови для інтенсивного ведення процесу масової кристалізації за рахунок більш рівномірного масового розподілу живильного розчину по радіусу вакуум-апарата, та забезпечує збільшення швидкості продукту в периферійних від центру кип'ятильних трубках.

За допомогою спеціалізованого програмного комплексу FlowVision з достатньою вірогідністю можна моделювати і аналізувати характер і параметри течії продуктів у вакуум-апаратах для уварювання цукрових утфелів.

Література

1. Правила ведення технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків. ПУП 15.83-37-106:2007. – К.: – Цукор України; – 2007. – 418 с.
2. Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства. Под ред. В.О. Штангеева. Часть 2. – К.: – Цукор України, 2004. – 320 с.
3. А.с. № 539074 Способ управления процессом кристаллизации сахара из растворов / И.С. Гулый, И.Г. Бажал, В.Г. Мирончук. Бюл.изоб. № 46 от 24.02.77
4. Гліненко Л.К., Сухонос О.Г. Основи моделювання технічних систем. – Навч. посібник. – Львів: Видавництво «Бескид Біт», – 2003. – 176 с.
5. Томашевський В.М. Моделювання систем. – К.: Видавнича група ВНУ, 2005. – 352 с.: іл.
6. Процеси і апарати харчових виробництв: Підручник / За ред. І.Ф. Малєжика, – К.: НУХТ, 2003. – 400 с.: іл.