

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
75 НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
ВИКЛАДАЧІВ АКАДЕМІЇ**

Одеса 2015

СЕКЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ І ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОПРІСНЕННЯ МЕТОДОМ ВИМОРОЖУВАННЯ

Іщенко С.В., ас.

Одеська національна академія харчових технологій

Процес опріснення методом виморожування можна розділити на декілька стадій, кожна з яких має свої особливості: охолодження розчину до рівноважної температури заморожування, яка залежить від його концентрації; переохолодження з формуванням метастабільної зони і подальша кристалізація з виділенням теплоти кристалізації. Процес переохолодження і кристалізації повторюється неодноразово, тому формування твердої фази йде дискретно, при цьому сама величина переохолодження залежить від багатьох факторів, зокрема швидкості охолодження, концентрації і виду розчину, конструкційних особливостей установки.

Для розрахунку процесу тепловіддачі при виморожуванні використовують критеріальні рівняння виду: $Nu = A \cdot (Gr \cdot Pr)^n (L/d)^m$ – для природної конвекції; $Nu = A \cdot Re^n \cdot Pr^m \cdot K^c$ – для вимушеної конвекції.

Зазначені рівняння не враховують певні особливості процесу кристалізації та конструкції установки, а саме: наявність переохолодження розчину; взаємний вплив кристалізаторів; фазовий перехід, а тому результати розрахунків за ними мають суттєві похибки.

В даній роботі за мету було поставлено врахувати зазначені вище фактори в моделі тепловіддачі. Розглядається процес кристалізації, який здійснюється на вертикальних кристалізаторах, що виконані у формі трубки Фільда і розміщені всередині циліндричної ємності. В реальних умовах зовнішня поверхня стрижневих кристалізаторів не є ізотермічною, тому відбувається нерівномірне охолодження розчину. Це призводить до виникнення конвекції зумовленої як температурним градієнтом, так і концентраційним. Але в моделі поверхня вважається ізотермічною.

Для отримання залежності, яка б враховувала зазначені вище фактори, скористаємося методом аналізу розмірностей. Залежною змінною є середній коефіцієнт тепловіддачі від розчину до фронту кристалізації. Загальний вигляд функціональної залежності можна представити у вигляді:

$$\bar{\alpha}_p = f(d_{кр}, L_{кр}, \Delta_{кр}, d_{\phi}, \rho_p, \mu_p, c_p^p, \lambda_p, g, \Delta\rho, r_{\phi}, \Delta T), \quad (1)$$

Параметри містять чотири основних розмірності: довжину (L), масу (M), температуру (T) і час (θ). Користуючись аналізом розмірностей, замінимо цю функцію залежністю між критеріями подібності. У даному випадку число змінних $n = 10$, число їх одиниць виміру $m = 4$. Тоді, згідно π -теоремі число безрозмірних комплексів, що описують процес, буде дорівнює $(n - m) = 6$.

Список параметрів процесу кристалізації:

- Коефіцієнт тепловіддачі від розчину до фронту кристалізації $\bar{\alpha}_p$, з розмірністю $M \cdot \theta^{-3} \cdot T^{-1}$;
- Діаметр кристалізатора $d_{кр}$, з розмірністю M ;
- Висота кристалізатора $L_{кр}$, з розмірністю M ;
- Крок розміщення кристалізаторів $\Delta_{кр}$, з розмірністю M ;
- Діаметр зовнішньої поверхні твердої фази d_{ϕ} , з розмірністю M ;
- Густина розчину ρ_p , з розмірністю $M \cdot L^{-3}$;
- Коефіцієнт динамічної в'язкості розчину μ_p , з розмірністю $M \cdot L^{-1} \cdot \theta^{-1}$;
- Питома теплоємність розчину за постійного тиску c_p^p , з розмірністю $L^2 \cdot \theta^{-2} \cdot T^{-1}$;
- Коефіцієнт теплопровідності розчину λ_p , з розмірністю $M \cdot L \cdot \theta^{-3} \cdot T$;

- Прискорення вільного падіння g , з розмірністю $L \cdot \theta^{-2}$;
- Зміна густини розчину при охолодженні $\Delta\rho$, з розмірністю $M \cdot L^{-3}$;
- Питома теплота фазового переходу r_ϕ , з розмірністю $L^2 \cdot \theta^{-2}$;
- Зміна ентальпії розчину Δh , з розмірністю $L^2 \cdot \theta^{-2}$;

Представимо вихідну функцію (1) у степеневому вигляді:

$$\alpha_{p^r} = C \cdot \left(\frac{L_{kp}}{d_{kp}} \right)^a \cdot \left(\frac{\Delta_{kp}}{d_{kp}} \right)^b \cdot \left(\frac{r_\phi}{\Delta h} \right)^c \cdot d_\phi^d \cdot \lambda_p^e \cdot (c_{pp})^f \cdot \rho_p^g \cdot \mu_p^h \cdot \Delta\rho_p^i \cdot g^j. \quad (2)$$

Отримаємо безрозмірні комплекси $K_1 = L_{kp}/d_{kp}$, $K_1 = \Delta_{kp}/d_{kp}$ та число Стефана $Ste = r_\phi/\Delta h$. Складемо рівняння розмірностей без врахування показників степенів a , b та c :

$$\frac{M}{\Theta^3 \cdot T} = L^d \cdot \left(\frac{M \cdot L}{\Theta^3 \cdot T} \right)^e \cdot \left(\frac{L^2}{\Theta^2 \cdot T} \right)^f \cdot \left(\frac{M}{L^3} \right)^g \cdot \left(\frac{M \cdot L}{\Theta} \right)^h \cdot \left(\frac{M}{L^3} \right)^i \cdot \left(\frac{L}{\Theta^2} \right)^j. \quad (3)$$

Для рівняння (3) матриця розмірностей має вигляд:

	d	e	f	g	h	i	j
M		1		1	1	1	
L	1	1	2	-	-	-	1
Θ		-	-		-		-
T		-	-				
		1	1				

Складемо систему рівнянь для основних одиниць:

$$\begin{array}{l|l} \text{M} & 1 = e + g + h + i \\ \text{L} & 0 = d + e + 2f - 3g - h - 3i + j \\ \Theta & -3 = -3e - 2f - h - 2j \\ \text{T} & -1 = -f - h \end{array} \quad (4)$$

В системі (4) з чотирьох рівнянь є 7 змінних. Отриману систему рівнянь (4) можна вирішити відносно чотирьох будь-яких величин, беручи три інші величини заданими. Вирішимо систему рівнянь (4) відносно змінних d , e , f та g , вважаючи заданими величини h , j та i . В результаті отримаємо наступну систему рівнянь:

$$\begin{aligned} d &= 3j - 1 \\ e &= 1 - 2j - h \\ f &= h + 2j \\ g &= 2j - i \end{aligned} \quad (5)$$

Використовуючи знайдені значення змінних d , e , f та g з врахуванням показників степенів a , b та c , перепишемо рівняння (2) в наступному вигляді:

$$\alpha_{p^r} = C \cdot \left(\frac{L_{kp}}{d_{kp}} \right)^a \cdot \left(\frac{\Delta_{kp}}{d_{kp}} \right)^b \cdot \left(\frac{r_\phi}{\Delta h} \right)^c \cdot d_\phi^{3j-1} \cdot \lambda_p^{1-f} \cdot (c_{pp})^f \cdot \rho_p^{2j-i} \cdot \mu_p^{f-2j} \cdot \Delta\rho_p^i \cdot g^j$$

враховуючи, що $\frac{d_\phi^3 \cdot \rho_p^2 \cdot g}{\mu_p^2} = \text{Ar}$ та $\text{Ar} \cdot \frac{\Delta\rho_p}{\rho_p} = \text{Gr}$, отримаємо:

$$\text{Nu} = C \cdot \text{Gr}^j \cdot \text{Pr}^f \cdot \text{Ste}^c \cdot K_1^a \cdot K_2^b. \quad (6)$$

Отже, з використанням методу аналізу розмірностей отримана критеріальна залежність (6) для розрахунку тепловіддачі від розчину до фронту кристалізації з врахуванням величини переохолодження розчину та кроку розміщення кристалізаторів.

ЗМІСТ

ДІЛОВИЙ ТУРИЗМ: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ	
Дишкантюк О.В., Олійник В.Д.	149
ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ САНАТОРНО-КУРОРТНОГО КОМПЛЕКСУ	
Коваленко Н.О.	151
ВІПРОВАДЖЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ У РЕСТОРАННОМУ ГОСПОДАРСТВІ	
Кузнецова К.Д.	152
РЕСТОРАННИЙ БІЗНЕС В УКРАЇНІ	
Новічкова Т.П., Голоданюк О.М., Демус А.В.	153
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГАСТРОНОМІЧНОГО ТУРИЗМУ В ТУРЕЧЧИНІ НА ПРИКЛАДІ	
м. СТАМБУЛ	
Ліганенко М.Г.	155
АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЦІННОСТІ МАФФІНІВ	
Ряшко Г.М.	157
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГАСТРОНОМІЧНОГО ТУРИЗМУ НА ПІВДНІ ОДЕЩИНИ	
Саламатіна С.Є., Іванов А.М.	159
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ СПА-ГОТЕЛІВ ПРИ ВИНОРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ ОДЕЩИНИ	
Саркісян Г.О.	162

СЕКЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ І ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

МЕТОД МИТТЯ КОРЕНЕПЛОДІВ	
Гладушняк О.К., Всеволодов О.М.	164
ПЕРЕРОБКА КИЗИЛУ ХОЛОДНИМ СПОСОБОМ	
Кепін М.І., Гладушняк О.К., Юрчишен О.П.	166
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ МЕМБРАН КРИШОК КОНСЕРВНОЇ СКЛЯНОЇ ТАРИ	
Ватренко О.В.	168
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОПРІСНЕННЯ МЕТОДОМ ВИМОРОЖУВАННЯ	
Іщенко С.В.	170
ЗБЕРЕЖЕННЯ ВІТАМІНУ «С» ПРИ ТЕПЛОВІЙ ОБРОБЦІ ОВОЧІВ	
Шофул І.І.	172
ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ОСНОВНИХ ПРОЦЕСІВ ФЕРМЕРСЬКИХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ	
ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА	
Гапонюк О.І., Гросул Л.Г., Гончарук Г.А.	174
ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНКУ МОДУЛЬНИХ ФІЛЬТРІВ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТИПУ ЗЕО-ГВ	
ДЛЯ АСПІРАЦІЇ НОРІЇ	
Гапонюк О.І., Гончарук Г.А., Ульяницький А.В.	176
РАЦІОНАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ «ПРОЦЕСУ ЗНЕПИЛЕННЯ СТАНЦІЙ	
РОЗВАНТАЖЕННЯ ВАГОНІВ»	
Гапонюк О.І., Гончарук Г.А.	178
КОМБІНОВАНІ МАШИНИ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ РИСУ	
Петров В.М.	180
МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛУЩИЛЬНИКА З КОМБІНОВАНИМИ ВАЛЬЦЯМИ.	
Гапонюк О.І., Алексахин О.В., Вакуленко Є.С.	181
МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРОСІЮВАЧА БАРАБАННОГО ТИПУ	
Алексахин О.В., Аванесьянц Г.А., Кизима Т.О.	183
ТІСТОЗМІШУВАЧ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БАРАНОЧНИХ ВИРОБІВ	
Алексахин О.В., Лавренюк Р.Ю.	184
МОДЕРНІЗАЦІЯ СИТОПОВІТРЯНОГО СЕПАРАТОРА	
Алексахин О.В., Меліхов А.В.	185

СЕКЦІЯ ПРОЦЕСИ, АПАРАТИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

ЕКСТРАГУВАННЯ РІПАКУ В ПОТОЦІ В УМОВАХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ	
Бережнюк Д.П., Бандура В.М.	185
АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДИСПЕРСНОЇ НАСАДКИ В РЕГЕНЕРАТОРАХ-	
ПОВІТРЯПІДГРІВАЧАХ	
Солодка А.В.	187
МІКРОХВИЛЬОВА УСТАНОВКА БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ ДЛЯ ЕКСТРАГУВАННЯ БАР З РОСЛИННИХ МАТЕРІАЛІВ	
Георгієш К.В.	188

Наукове видання

Збірник тез доповідей 75 наукової конференції викладачів академії
20 – 24 квітня 2015 р.

Матеріали, занесені до збірника, друкуються за авторськими оригіналами
За достовірність інформації відповідає автор публікації

Під загальною редакцією Заслуженого діяча науки і техніки України,
д-ра техн. наук, професора Б.В. Єгорова
Укладач Т.Л. Дьяченко

Редакційна колегія

Голова

Єгоров Б.В., д.т.н., професор

Заступник голови

Капрельянц Л.В., д.т.н., професор

Члени колегії:

Бельтюкова С.В., д.х.н., професор

Бурдо О.Г., д.т.н., професор

Волков В.Е., д.т.н., доцент

Гладушняк О.К., д.т.н., професор

Гапонюк О.І., д.т.н., професор

Іоргачова К.Г., д.т.н., професор

Павлов О.І., д.е.н., професор

Станкевич Г.М., д.т.н., професор

Савенко І.І., д.е.н., професор

Ткаченко Н. А., д.т.н., професор

Хобін В.А., д.т.н., професор

Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор

Черно Н.К., д.т.н., професор