

$$\frac{78,6}{249,7} \times 100,0 = 31,5\% \quad (2)$$

Результати розрахунків наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Результат розрахунку економічної ефективності удосконалення способу очищення бульбоплодів

Джерело економічного ефекту	Зміна рівня рентабельності, %	Додатковий економічний ефект, грн/100 кг
Більш високий рівень цін порівняно з продукцією, що виготовлена за традиційним способом очищення бульбоплодів	+31,5	+78,6

Висновки. Таким чином, на підставі розрахунків, що наведені вище, можна зробити висновок щодо доцільності впровадження у виробництво удосконаленого способу очищення бульбоплодів та обладнання для його реалізації. Додатковий прибуток для підприємства-виробника складатиме 78,6 грн на кожні 100 кг готового продукту. При цьому рівень рентабельності нової продукції зросте та становитиме щонайменше 53,5%, в той час, як рентабельність виробництва продукції традиційним способом обробки сировини складатиме 22,0%.

Список літератури

1. Про наукову і науково-технічну діяльність [Електронний ресурс]: Закон України від 13 грудня 1991 року № 1977-ХІІ (1977-12) : [із змінами та доповненнями]. – Режим доступу : <<http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1977-12>>.

2. Методика визначення вартості наукових робіт [Електронний ресурс]: [Затверджено Наказом МНС України 22.07.2008 № 545]. – Режим доступу: <<http://www.licasoft.com.ua/index.php/component/lica/?base=1&id=x000CE2F0>>.

Отримано 1.10.2010. ХДУХТ, Харків.

© О.Г. Терешкін, О.А. Круглова, Д.В. Дмитревський, Н.О. Євсюкова, 2010.

УДК 519.87:664.8.037.5

В.О. Потапов, д-р техн. наук
О.Г. Дьяков, канд. техн. наук
В.В. Качалов, асист.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОХОЛОДЖЕННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ В ХОЛОДИЛЬНІЙ КАМЕРІ

Розглянуто процес моделювання охолодження рослинної сировини в холодильній камері з метою знаходження коефіцієнта температуропровідності на основі експериментальних досліджень.

Рассмотрен процесс моделирования охлаждения растительного сырья в холодильной камере с целью нахождения коэффициента температуропроводности на основе экспериментальных исследований.

The process of design of cooling of digister is considered in a coolroom with the purpose of finding of coefficient of diffusivity on the basis of experimental researches.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Під час проведення досліджень з метою визначення терміну зберігання різноманітної рослинної сировини необхідно знати теплофізичні показники даної продукції. Особливо це необхідно знати під час визначення та прогнозування терміну зберігання рослинної сировини з метою збереження її якісних показників. Для розв'язання цього завдання використовують різноманітні математичні моделі що описують змін стану речовини під впливом зовнішніх чинників. Проте точність визначення необхідних параметрів залежить не лише від математичної моделі, що використовується для дослідження, але й від тих коефіцієнтів, які використовуються в ній. З метою спрощення розрахунків у більшості випадків використовують усереднені значення тих чи інших показників, критеріїв тощо. При цьому вважається, що об'єкт дослідження є стаціонарним і можливі коливання його стану не є суттєвими під час проведення розрахунків. Також можливо використання різноманітних емпіричних залежностей кожна з яких має свої умови застосування. Якщо об'єкт дослідження може змінювати свої властивості в деяких межах, то точність розрахунків суттєво зменшується. У таких випадках доцільно попередньо визначити необхідні теплофізичні показники та проводити розрахунки за відомими співвідношеннями. Таким чином уточнене значення теплофізичних показників є необхідною передумовою для надання знаходження достовірної інформації про стан речовини та визначення цих значень є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для моделювання процесу охолодження рослинної сировини існують різноманітні математичні моделі, які базуються як на емпіричних співвідношеннях, так і на використанні відповідних диференціальних рівнянь [1]. При цьому

вважається, що теплофізичні характеристики даної речовини відомі і не змінюються протягом певного часу. Проте під час роботи технологічного обладнання деякі умови, що відповідають моделі яка використовується, можуть порушуватися. Це призводить до того, що наприклад, граничні умови можуть дещо змінюватись і не будуть відповідати певній математичній моделі. Ці зміни можна у деяких межах корегувати зміною окремих теплофізичних показників, щоб загальна картина зміну стану речовини найбільш наближалася до реальної.

Мета та завдання статті. Мета та завдання дослідження полягає в аналізі математичної моделі процесу охолодження рослинної речовини з метою можливості її використанні під час розробки технологічних процесів.

Виклад основного матеріалу дослідження. На рис. 1 наведена холодильна камера, в якій проводили експеримент. У камері розміщувався огірок, в середину якого був встановлений датчик температури, такий же датчик температури знімав показання температури в самій камері охолодження. Через кожну хвилину і з стенду записувалися дані температур у самій камері і в огірку. Огірок було зафіксовано у середину камери так, щоб він не торкався до її стінок. Для цього використовували теплоізолюючі прокладки.

Проаналізуємо критерій Фур'є у процесі охолодження огірків у холодильній камері. Відомо, що даний критерій відтворює певне співвідношення між швидкістю зміни перебудови температурного поля речовини та швидкістю зміни умов у навколишньому середовищі. Критерій Фур'є має вигляд

$$Fo = a\tau / K_f. \quad (1)$$

де a – коефіцієнт температуропровідності; τ – час, хв.; K_f – коефіцієнт який характеризує геометричні розміри речовини (характерний розмір).

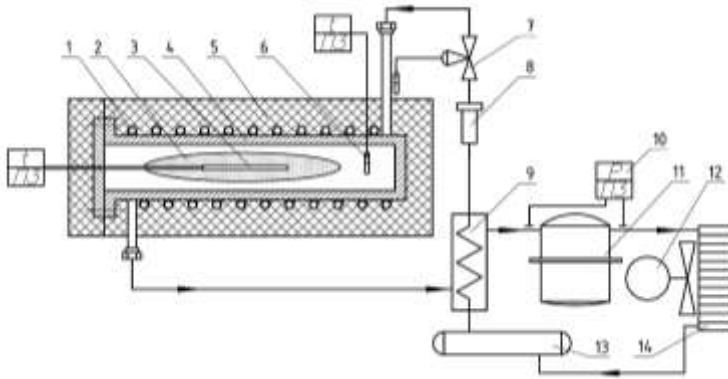


Рисунок 1 – Експериментальна камера: 1 – випарник; 2 – огірок; 3 – термометр; 4 – камера; 5 – теплоізоляція; 6 – термометр; 7 – ТРВ; 8 – фільтр-осушувач; 9 – теплообмінник; 10 – реле тиску; 11 – компресор; 12 – вентилятор; 13 – ресивер; 14 – конденсатор

Критерій Фур'є визначає час який потрібен для зміни температурного поля речовини та пропорційний розміру тіла й обернено пропорційний коефіцієнту температуропровідності. Для зіставлення експериментальних даних, нами було обрано найбільш просту математичну модель, яка описує зміну температури в центрі необмеженої пластини за умов критерію Біо ($Bi > 0,2$) за граничних умов III-го роду [1].

$$\frac{T_c - T_n}{T_c - T_{cn}} = erf(1/2 \cdot \sqrt{Fo}). \quad (2)$$

де T_c – температура середовища що охолоджується; T_n – температура у центрі тіла; T_{cn} – початкова температура тіла;

$$erf(u) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^u \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx \text{ (інтеграл вірогідності).}$$

Позначимо $Fo = k \cdot \tau$. Необхідно за результатами досліджень визначити значення коефіцієнта k з метою його подальшого використання у рівнянні (2).

Рівняння (1) доцільно навести у вигляді

$$T_n(t) = T_c(t) - (T_c(t) - T_{cn}(t)) \cdot \operatorname{erf}(1/2\sqrt{k\tau}). \quad (3)$$

Таким чином на основі спостережень необхідно підібрати значення коефіцієнта k , яке найкращим чином наближає експериментальну функцію до рівняння (3). Вираз “найкращим чином” може бути визначений за різними критеріями. У більшості випадків використовують метод найменших квадратів який забезпечує найменшу суму квадратичних відхилень у точках спостереження. Вираз (3) є типовою нелінійною функцією відносно невідомого коефіцієнта k і тому визначення значення величини k необхідно проводити з використанням підходів, що застосовуються під час обробки нелінійних залежностей [2]. В основі цього підходу лежить розкладання нелінійної залежності у ряд Тейлора з наступним застосуванням послідовних методів уточнення здобутого результату [2; 3]. Для знаходження значення коефіцієнта було використано стандартний метод нелінійної регресії пакета «MathCAD».

З урахуванням умов експерименту вираз (3) можна записати у вигляді:

$$T_c(t) = -18 + \left\{ \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\frac{1}{\sqrt{2k\tau}}} \exp\left(\frac{-z^2}{2}\right) dz \right\} \cdot 30. \quad (4)$$

Оскільки температура охолодження дорівнювала -18°C , а початкова температура зразка була 12°C . Визначення коефіцієнта k було проведено програмою GENFIT, початковими даними для якої є таблиця спостережень за зміною температури у середині зразка, що досліджувався. Зовнішня температура, з якою охолоджувався зразок була незмінною. У результаті обчислювань знайдено значення $k = 1,02 \text{ 1/год}$.

Проте до цього значення необхідно зробити поправку на характерний розмір, який зумовлений формою зразка дослідження (як зразок використовувалися огірки циліндричної форми). Тоді коефіцієнт форми для даного зразка визначали наступним чином [4], а саме:

$$Kf = \frac{1}{\left(\frac{2,4}{R}\right)^2 + \left(\frac{\pi}{h}\right)^2}. \quad (5)$$

де R – радіус зразка відповідно ($R=0,017$ м); h – довжина зразка відповідно ($h=0,145$ м).

З урахуванням (5) остаточне значення коефіцієнта температуропровідності a для наближеного 95% довірчого інтервалу дорівнює $a=1,4 \cdot 10^{-8}$ м²/с.

Якщо порівняти це значення з коефіцієнтом температуропровідності згідно у довідковими даними [5], де для огірка $a=1,18 \cdot 10^{-7}$ м²/с, то похибка визначення a згідно з моделлю (2) складає більш 80%.

На рис. 2 наведено результати моделювання та експериментальні значення одержані у результаті спостережень під час проведення експерименту.

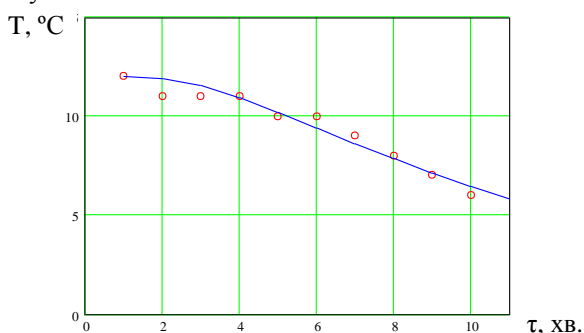


Рисунок 2 – Моделювання процесу охолодження рослинної сировини

Моделюючи залежність, що знайдена шляхом розрахунків, наведено суцільною лінією. Експериментальні значення наведені відповідними позначками.

Висновки. Розглянуто моделювання процесу охолодження рослинної сировини з метою визначення коефіцієнта температуропровідності і подальшого його використання під час моделювання.

Встановлено, що існуюча математична модель процесу охолодження не відповідає експериментальним даним про коефіцієнт температуропровідності, хоча і достатньо добре відтворює хід кінетики температури зразка у його центрі.

Тому наступним завданням слід визначити розробку процесів охолодження, які б більш адекватно описували експериментальні дані

Список літератури

1. Волков, М. А. Методы расчета тепловых аппаратов предприятий общественного питания [Текст] / М. А. Волков. – М. : Экономика, 1968. – 213 с.

2. Дрейпер, Н. Р. Прикладной регрессионный анализ [Текст] / Н. Р. Дрейпер, Г. Смит. – М. : Вильямс, 2007. – 912 с.

3. Хартман, К. И. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов [Текст] / К. И. Хартман. – М. : Мир, 1977. – 522 с.

4. Физико-технические основы холодильной обработки пищевых продуктов [Текст] / под ред. Э. И. Кеухчешвили. – М. : Агропромиздат, 1985. – 253 с.

5. Гиндзбург, А. С. Теплофизические характеристики картофеля, овощей и плодов [Текст] / А. С. Гиндзбург, М. А. Громов. – М. : Агропромиздат, 1987. – 272 с.

Отримано 1.10.2010. ХДУХТ, Харків.

© В.О. Потапов, О.Г. Дьяков, В.В. Качалов, 2010.

УДК 532. 135; 532.5

Е.В. Білецький, канд. техн. наук (*ХТЕІ КНТЕУ, Харків*)

Ю.А. Толчинський, канд. техн. наук (*НТУ «ХП», Харків*)

Д.П. Семенюк, канд. техн. наук (*ХДУХТ, Харків*)

ДЕЯКІ ПЛИНИ РІДИНИ З В'ЯЗКІСТЮ, ЩО ЗАЛЕЖИТЬ ВІД ШВИДКОСТІ ЗСУВУ В ПЛОСКОМУ КАНАЛІ

Розглянуто питання плинуньютонівських рідин, в'язкість яких залежить від швидкості зсуву таким чином, щоб передбачати зв'язок між профілем швидкості плинуньютонівської рідини в плоскому каналі й структурних змінах у будові ньютонівської рідини.

Рассмотрен вопрос течения ньютоновских жидкостей, вязкость которых зависит от скорости сдвига таким образом, чтобы предусмотреть связь между профилем скорости течения в плоском канале и структурных изменениях в строении ньютоновской жидкости.

The current question non-Newtonian the liquids which viscosity depends on speed of shift so that to provide communication between a profile of speed of a current in the flat channel and structural changes in a structure non-Newtonian liquids is considered.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Плин ньютонівських рідин у каналах становить важливий розділ гідродинаміки стоксових плинів [1; 2]. Характеристики таких плинів дають інформацію про те, як розподіляються тиск і напруга зрушення в обсязі області плинуньютонівської рідини. Знання цих величин дозволяє проектувати робочі камери черв'ячних машин. Такі машини знаходять широке застосування у виробництві хімічних і харчових матеріалів [3; 4].