

ОБГРУНТУВАННЯ ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОКЛАВНОЇ КАМЕРИ З АЕРОДИНАМІЧНИМ ТЕПЛОГЕНЕРУЮЧИМ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИМ ПРИСТРОЄМ

¹Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба
²Вінницький національний технічний університет

Анотація

Обґрунтовано пропозиції щодо удосконалення конструктивного виконання автоклавної камери із аеродинамічним теплогенеруючим рециркуляційним пристроєм, що розроблений в НДЛ гідродинаміки ВНТУ. На підставі експериментального дослідження та математичного моделювання тепломасообмінних процесів було встановлено, що автоклавна камера у існуючому виконанні має ряд суттєвих недоліків, які децю зменшують її загальний коефіцієнт корисної дії. Зокрема, було встановлено нерівномірність розподілення конвективних теплових потоків по висоті робочої камери. В основу критеріїв оцінювання якості формування конвективних теплових потоків були покладено визначення чисел Грасгофа і Нусельта, на підставі встановлення яких розроблені рекомендації для внесення конструктивних рішень у виконання автоклавної камери, які сприятимуть підвищенню її енергетичної ефективності.

Ключові слова: аеродинамічний теплогенератор, рециркуляція, числа Грасгофа і Нусельта, автоклавна камера, тиск, температура, конвективні теплові потоки

Abstract

Suggestions for improving the design of the autoclave chamber with aerodynamic heat-generating recirculation device, developed at the Research Laboratory of Hydrodynamics of VNTU, are substantiated. Based on experimental research and mathematical modeling of heat and mass transfer processes, it was found that the autoclave chamber in the existing version has a number of significant shortcomings that somewhat reduce its overall efficiency. In particular, the uneven distribution of convective heat fluxes along the height of the working chamber was established. The criteria for assessing the quality of convective heat fluxes were based on the Grashof and Nusselt numbers, based on which recommendations were developed for making constructive decisions in the implementation of the autoclave chamber, which will improve its energy efficiency.

Keywords: aerodynamic heat generator, recirculation, Grashof and Nusselt numbers, autoclave chamber, pressure, temperature, convective heat fluxes

Вступ

Одним з найпоширеніших методів виготовлення окремих видів харчової продукції, який потребує відповідної теплової обробки при заданих параметрах тиску навколишнього середовища та його температури є автоклавна обробка. Цей технологічний процес є одним з найбільш енергоємних етапів, при яких споживається близько 60% від загальної кількості енерговитрат [1-3]. Однак, слід відмітити, що переважна більшість автоклавного обладнання, яке переважно базується на застосуванні різного типу парогенеруючих пристроїв для створення необхідної температури і тиску у робочій камері автоклава, має досить низьку енергетичну ефективність через значні втрати тепла з відпрацьованою парою, яка скидається в атмосферу з автоклава. Окрім того, у більшості випадків необхідне застосування окремого котельного агрегату, який забезпечує ритмічну подачу технологічної пари для підтримання процесу стерилізації.

Результати роботи

Проведений аналітичний огляд та аналіз відомих теплогенеруючих пристроїв який показав, що досить перспективним є обладнання з рециркуляційним аеродинамічним нагрівом [1, 4– 6], яке у поєднанні із обладнанням для створення регульованого надлишкового тиску може бути успішно використане для нового способу автоклавної обробки харчової сировини.

На рисунку представлена розроблена в НДІ гідродинаміки ВНТУ конструктивна схема експериментальної автоклавної камери з аеродинамічним теплогенеруючим рециркуляційним пристроєм для теплової обробки харчової сировини, будова та принцип дії якої детально наведений у [7, 8].

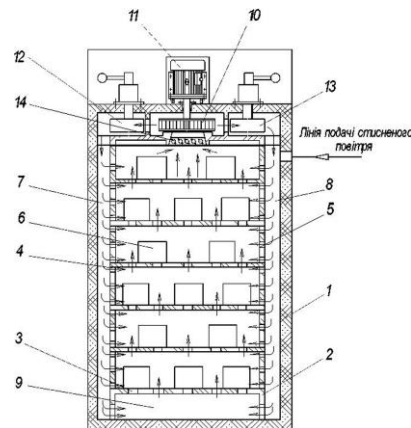


Рисунок – Автоклавна камера для обробки харчової продукції: 1 – теплоізольована герметична робоча камера; 2 – стелаж; 3, 4 і 5 – повітророзподільні отвори; 6 – посудини із харчовою сировиною для автоклавної обробки; 7, 8 – вертикальні напрямні повітропроводи; 9 – нижня повітрозбірна порожнина; 10 – ротор аеродинамічного рециркуляційного нагрівача; 11 – приводний електродвигун; 12, 13 – дросельні регулювальні заслінки; 14 – поворотні жалюзі

Метою виконуваних досліджень було проведення експериментальної перевірки якості функціонування цієї автоклавної камери та математичне моделювання тепломасообмінних процесів в її робочій зоні. На підставі експериментального дослідження було виявлено, що автоклавна камера у існуючому виконанні ще має ряд суттєвих недоліків, які зменшують її загальний коефіцієнт корисної дії.

Зокрема, було встановлено:

1. Ускладнена тепловіддача від конвективних теплових потоків повітря при їх розповсюдженні з верхньої частини камери до бокових вертикальних каналів, а також по горизонтальних каналах вздовж полиць стелажу, на яких розташовані посудини із сировиною, що підлягає тепловій обробці.

2. Полиці, що щільно заставлені посудинами із сировиною перешкоджають розповсюдженню теплоти теплопровідністю.

3. За рахунок нагріву повітря у верхній частині камери буде спостерігатися «підтиснення» зі сторони шарів холодного повітря у нижніх частинах камери, яке буде перешкоджати якісній конвекції теплових потоків.

4. Внаслідок великих значень числа Грасгофа Gr спостерігається нерівномірність розподілення конвективних теплових потоків по висоті робочої зони камери.

В результаті проведеного детального аналізу тепломасообмінних процесів у робочій камері намічено рекомендувати такі заходи з удосконалення конструкції автоклавної камери:

1. Передбачити систему додаткових отворів на поверхнях горизонтальних полиць, на яких розташовані посудини із сировиною, що сприятиме вирівнюванню конвективних теплових потоків.

2. Запропонувати встановлення поміж полицями обертальних крильчатих робочих коліс з приводом, які спонукатимуть до інтенсифікації перемішування повітря в робочій зоні камери.

3. Ротор аеродинамічного рециркуляційного нагрівача (поз. 10, рисунок) розташувати в нижній частині автоклавної камери, що дозволить збільшити висхідний тепловий потік та уникнути його «замикання», що має місце в існуючій експериментальній камері.

Висновки

Проведений аналіз відомих способів теплогенерації в теплових установках різного типу показав перспективність застосування рециркуляційного аеродинамічного нагріву, який може бути ефективно використаний в автоклавних установках для обробки харчової сировини у поєднанні із допоміжним компресорним обладнанням для підтримання необхідного рівня тиску повітряного середовища у замкнутому просторі робочої камери. Запропоновано конструктивну схему виконання автоклава з аеродинамічним рециркуляційним нагрівачем роторного типу і нагнітачем стисненого повітря для обробки харчової сировини. Проведено експериментальну перевірку якості функціонування натурального зразка автоклавної камери та математичне моделювання тепломасообмінних процесів в її робочій зоні. Було виявлено, що автоклавна камера у існуючому конструктивному виконанні ще має ряд суттєвих недоліків, які зменшують її загальний коефіцієнт корисної дії. Вироблені рекомендації і намічені конструкторські заходи, які сприятимуть підвищенню рівня енергоефективності покращеної автоклавної камери у новому виконанні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Тевис П.И. Ананьев В.А., Шадек Е.Г. Рециркуляционные установки аэродинамического нагрева. – М. : Машиностроение, 1986. – 208 с.
2. Фрайнбурд А.Б., В.А. Хобин. Имитационная модель процесса стерилизации консервов в автоклаве как основа для разработки эффективных алгоритмов управления и обучающего тренажера // Харчова наука і технологія. – 2009. – № 4(9). – С. 67–70.
3. Верхівкер Я.Г. Стерилізаційне обладнання консервної промисловості та його ексергетичний аналіз. – К.: НМК ВО, 1991. – 56 с.
4. Сліпенька О.П., Коц І.В. Аналітичне дослідження автоклавних установок із аеродинамічним нагрівом // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – №5. – 93 с.
5. Колісник О.П., Коц І.В. Обґрунтування генерації теплової енергії в установках із аеродинамічним нагрівом // Сучасні технології і конструкції в будівництві. – 2008. – № 5. – С. 94-99.
6. Коц І.В., Колісник О.П. Тепловологісна обробка бетонних виробів з використанням аеродинамічного нагрівання: монографія.– Вінниця, ВНТУ, 2013. – 100 с.
7. Патент України на корисну модель № 59636. МПК В 01 J 3/00. Установа для баротермічної обробки харчової сировини / І.В Коц., О.В. Цуркан, Т.О. Міщук; власник Вінницький національний аграрний університет. – № u201012947; заявл. 01.11.2010; опубл. 25.05.2011, Бюл. № 10.
8. Осадчук Н.М., Тимошук М.Ю., Коц І.В. Автоклавна камера з аеродинамічним теплогенеруючим рециркуляційним пристроєм. НТКП ВНТУ. Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії. XLIX Науково-технічна конференція факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання (2020). – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2020/paper/view/9282>

Анінко Олег Борисович – доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, E-mail: 1490830@i.ua;

Коц Іван Васильович – кандидат технічних наук, професор кафедри теплогазопостачання, завідувач і науковий керівник НДЛ гідродинаміки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: ivan.kots.2014@gmail.com

Anipko Oleh B. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Kharkiv National University of the Air Force named after I. Kozheduba, e-mail: 1490830@i.ua;

Kots Ivan V. – Ph.D., Professor, Head of the Department of Engineering Systems in Construction, Head and Research Manager of the Research Laboratory of Hydrodynamics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ivan.kots.2014@gmail.com