

Осадчук Н.М.  
Тимошук М.Ю.  
Коц І.В.

## АВТОКЛАВНА КАМЕРА З АЕРОДИНАМІЧНИМ ТЕПЛОГЕНЕРУЮЧИМ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИМ ПРИСТРОЄМ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Обґрунтовано перспективи практичного застосування нових аеродинамічних теплогенераторів рециркуляційного типу, що розроблені в НДЛ гідродинаміки ВНТУ. Розглянуті можливості їх використання як теплогенеруючого пристрою для автоклавного устаткування, зокрема, у харчовій промисловості для теплової обробки харчової продукції під заданим внутрішньокамерним тиском та необхідною температурою, що є необхідними умовами для стерилізації, наприклад, консервних виробів. Розглянуто особливості функціонування аеродинамічних теплогенераторів рециркуляційного типу та оцінено можливості їх практичного застосування при облаштуванні на реальних об'єктах.*

**Ключові слова:** аеродинамічний теплогенератор, рециркуляція, теплогенерація, автоклав, тиск, температура, робочий процес

### *Abstract*

*Prospects for practical application of new aerodynamic recirculation heat generators developed at Lab Hydrodynamics of VNTU are substantiated. Possibilities of their use as a heat-generating device for autoclave equipment, in particular, in the food industry for heat treatment of food products under a given internal chamber pressure and the required temperature, which are necessary conditions for sterilization, for example, canning products, are considered. The peculiarities of functioning of aerodynamic heat generators of recirculation type are considered and the possibilities of their practical application in equipping on real objects are evaluated.*

**Keywords:** aerodynamic heat generator, recirculation, heat generation, autoclave, pressure, temperature, workflow

### **Вступ**

Виготовлення окремої харчової продукції потребує відповідної теплової обробки при заданих параметрах тиску навколишнього середовища та його температури і є одним з найбільш енергоємних етапів, при яких споживається понад 60% від загальної кількості енерговитрат. Процес стерилізації є невід'ємною частиною технологічного процесу будь-якого консервного виробництва і повинен забезпечити [1-3]: повне знешкодження нетермостійкої неспорутворюючої мікрофлори і зменшення до гранично допустимого рівня числа спорутворюючих мікроорганізмів, що забезпечує безпечність продукції для споживання при довгому зберіганні; максимальне збереження харчових і смакових якостей продукції, що стерилізується; запобігання деформації та руйнуванню посуду, в якому стерилізується харчова продукція, що має місце через надмірні критичні значення перепадів тиску ззовні та всередині посуду; зменшення енерговитрат та скорочення тривалості процесу.

Переважає 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**

Авторами проведений 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. Таким чином, було поставлено задачу детального аналізу принципу дії і конструктивного виконання відомого обладнання з рециркуляційним аеродинамічним нагрівом, з метою його подальшої адаптації і

застосування, як складового агрегату для автоклавних установок нового типу. Принцип рециркуляційного аеродинамічного нагріву полягає в реалізації теплового ефекту від аеродинамічних втрат, що виникають при роботі ротора (робочого колеса) відцентрового вентилятора в замкнутому циркуляційному контурі. Ротор слугує одночасно нагнітачем та генератором теплоти, забезпечуючи інтенсивну рециркуляцію і постійний нагрів повітряного середовища у замкненому просторі теплоізольованої робочої камери [2]. У роторі та замкнутому циркуляційному контурі розподільчих каналів відбуваються втрати енергії на подолання аеродинамічних опорів, оскільки у них виникає безперервний рух повітряного середовища з визначеною швидкістю. Ці втрати постійно поновлюються завдяки роботі ротора аеродинамічного нагрівача. Таким чином, енергія, яку отримує повітря, використовується для його переміщення по розподільчих каналах і покриття аеродинамічних втрат в них, що пов'язані з вихроутворенням, тертям, втратами на місцевих опорах та для забезпечення заданої вихідної швидкості [1,4–6]. Особливість установок аеродинамічного нагріву полягає в тому, що тепла потужність, що виділяється повітряним потоком всередині установки практично є близькою до потужності, яка підводиться до робочого колеса аеродинамічного нагнітача – вентилятора чи вихроутворювача. Для цього розміри, геометрія і швидкість руху лопатей робочого колеса аеродинамічного нагнітача – вентилятора розраховуються і потім більш точно регулюються для отримання заданої теплової потужності. Повітря циркулює по замкнутому контуру за допомогою аеродинамічного нагнітача – вентилятора, що має досить низький ККД (в межах 0,5...0,6). Таким чином, основна частина механічної енергії руху повітряного потоку швидко перетворюється в теплоту.

Нагрівальні установки з аеродинамічним нагрівом роторного типу не потребують рідкого або газоподібного палива та дорогих електричних нагрівачів. Металеві частини конструкції установки, а також тіла оброблюваних виробів нагріваються поступово і рівномірно по всьому об'єму робочої камери. Процес конвективного теплообміну в аеродинамічному нагнітачі – роторному вентиляторі проходить з високою інтенсивністю внаслідок великих швидкостей та турбулентності повітряних потоків. Чим більша турбулентність потоків, тим більший критерій Рейнольдса, а отже, і аеродинамічні втрати. Механічна енергія, що підводиться до приводного вала аеродинамічного нагнітача – роторного вентилятора швидко перетворюється в теплоту, яка відносно легко регулюється, зокрема, зміною числа обертів робочого колеса.

Проведений авторами аналіз процесів генерації теплової енергії аеродинамічним способом і відповідного цим процесам обладнання свідчить, що вони можуть бути успішно використані і в процесях теплової обробки харчової сировини, зокрема, автоклавної.

На рисунку представлена розроблена конструктивна схема експериментальної автоклавної камери з аеродинамічним теплогенеруючим рециркуляційним пристроєм для теплової обробки харчової сировини [7]. Вона складається із теплоізольованої герметичної робочої камери 1, в якій встановлений стелаж 2 для розташування оброблюваної сировини, у конструкції якого розміщені повітророзподільні отвори 3, 4 та 5 у горизонтальних та вертикальних площинах. На стелажі розміщується харчова сировина для автоклавної обробки 6. Між теплоізольованою герметичною робочою камерою та стележом утворені вертикальні напрямні повітропроводи 7 і 8 та нижня повітробірна порожнина 9. У верхній частині установки для автоклавної обробки харчової сировини встановлений ротор аеродинамічного рециркуляційного нагрівача 10, що приводиться в дію зовнішнім механічним приводом обертальної дії – приводним електродвигуном 11. Поряд із ротором влаштовані дросельні регулювальні заслінки 12 і 13 та поворотні регулювальні жалюзі 14. Принцип його роботи полягає у тому, що від лінії подачі стисненого повітря у внутрішню порожнину теплоізольованої герметичної робочої камери 1 надходить повітря, яке нагнітається через регулювальний редуційний клапан від зовнішнього компресора із ресивером.

Після пуску приводного електродвигуна 11, що приводить в обертальний рух ротор 10 аеродинамічного рециркуляційного нагрівача, внаслідок аеродинамічних втрат в робочому колесі та циркуляційному повітророзподільному тракті в замкненому просторі теплоізольованої герметичної робочої камери 1 нагрівається повітря, а отже, і металоконструкція корпусу робочої камери, а також оброблювана харчова сировина 6. В замкненому просторі теплоізольованої герметичної робочої камери 1 створюється необхідна для виконання умов заданого технологічного процесу температура. В лінії подачі стисненого повітря для реалізації процесу автоклавної обробки створюється необхідний тиск, величина якого може змінюватися за допомогою відповідного регулювання редуційного клапана.

Дросельні регулювальні заслінки 12 та 13 забезпечують регулювання швидкостей руху рециркулюючого повітряного потоку повітря, яке через вертикальні напрямні повітропроводи 7, 8, нижню повітрозбірну порожнину 9 та повітророзподільні отвори 3, 4 і 5 направляється в зону контакту із харчовою сировиною для автоклавної обробки 6, здійснюючи відповідний її нагрів за рахунок неперервного руху і конвективного обтікання повітряним потоком поверхні оброблюваної сировини. Поворотні жалюзі 14 також призначені для спрямування повітряного потоку і регулювання його швидкості руху в процесі рециркуляції. За допомогою регулювальних заслінок 12 та 13 і поворотних жалюзів 14 регулюють і стабілізують температурні режими в теплоізольованій герметичній робочій камері 1.

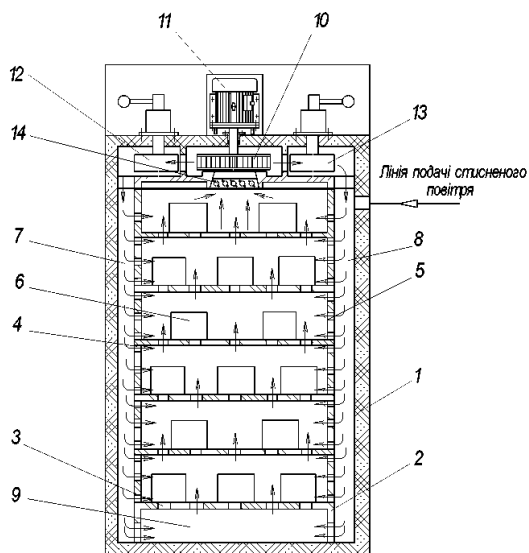


Рисунок – Автоклавна камера для обробки харчової продукції:

1 – теплоізольована герметична робоча камера; 2 – стелаж; 3, 4 і 5 – повітророзподільні отвори; 6 – харчова сировина 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

Відповідно до технології автоклавної обробки в теплоізольованій герметичній робочій камері 1 на протязі визначеного часу підтримується необхідний температурний режим і тиск повітряного середовища. В результаті цього відбувається автоклавна обробка, наприклад, стерилізація овочевих консервів.

Після доведення харчової сировини 6, яка підлягає автоклавній обробці, до готовності, подача стисненого повітря призупиняється, а приводний електродвигун 11 аеродинамічного рециркуляційного нагрівача 10 відключається від електромережі.

### 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.

Переваги застосування рециркуляційного аеродинамічного нагрівача спільно із нагнітачами стисненого повітря – компресорними агрегатами, у порівнянні з відомими електричними чи паровими теплогенеруючими пристроями, полягають, насамперед, у високій рівномірності нагріву по всьому об'єму камери, можливості точного регулювання температури і необхідного тиску повітряного середовища всередині робочої камери. Такі установки прості у виготовленні, компактні та повністю пристосовані до автоматизації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Тевис П.И. Рециркуляционные установки аэродинамического нагрева / П.И. Тевис, В.А. Ананьев, Е.Г. Шадек. – М. : Машиностроение, 1986. – 208 с.
2. Фрайнбурд А.Б. Имитационная модель процесса стерилизации консервов в автоклаве как основа для разработки эффективных алгоритмов управления и обучающего тренажера / А.Б. Фрайнбурд, В.А. Хобин // Харчова наука і технологія. – 2009. – № 4(9). – С. 67–70.
3. Верхівкер Я.Г. Стерилізаційне обладнання консервної промисловості та його ексергетичний аналіз / Я.Г. Верхівкер. – К.: НМК ВО, 1991. – 56 с.
4. Сліпенька О.П. Аналітичне дослідження автоклавних установок із аеродинамічним нагрівом / О.П. Сліпенька, І.В. Коц // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – №5. – 93 с.
5. Колісник О.П. Обґрунтування генерації теплової енергії в установках із аеродинамічним нагрівом / О.П. Колісник, І.В. Коц // Сучасні технології і конструкції в будівництві. – 2008. – № 5. – С. 94-99.
6. Коц І.В. Тепловологісна обробка бетонних виробів з використанням аеродинамічного нагрівання: монографія / І.В. Коц, О.П. Колісник. – Вінниця, ВНТУ, 2013. – 100 с.
7. Патент України на корисну модель № 59636. МПК В 01 J 3/00. Установка 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. Патент України на корисну модель № 91327, МПК В01J 3/04. Горизонтальний автоклав із аеродинамічним інтенсифікатором / О.В. Цуркан, А.Ю. Гурич, В.П. Янович, І.М. Купчук; власник Вінницький національний аграрний університет, № u201401739 – заявл. 25.06.2014; опубл. 25.06.2014, Бюл. № 12.

**Осадчук Наталя Миколаївна**— студентка групи БТ-17, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: 1490830@i.ua;

**Тимошук Марія Романівна** — студентка групи БТ-18, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: 1490830@i.ua;

**Коц Іван Васильович**— канд. техн. наук, професор кафедри теплогазопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [ivkots@gmail.com](mailto:ivkots@gmail.com)

**Osadchuk Natalya. M.** — student of Building Heating and Gas Supply Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia city, email : 1490830@i.ua;

**Tymoshchuk Mariya R.**— student of Building Heating and Gas Supply Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia city, email : 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: [ivkots@gmail.com](mailto:ivkots@gmail.com)