

**Гурич А.Ю.***Вінницький національний аграрний університет, Україна***Бабич Т.Ю., Коц І.В., к.т.н.***Вінницький національний технічний університет, Україна*

## **АВТОКЛАВНА УСТАНОВКА З АЕРОДИНАМІЧНИМ ТЕПЛОГЕНЕРУЮЧИМ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИМ ІНТЕНСИФІКАТОРОМ**

При виготовленні консервної продукції теплова обробка є одним з найбільш енергоємних етапів, при якій споживається понад 60% від загальної кількості енерговитрат. Процес стерилізації є невід'ємною частиною техноло-гічного 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, 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.

Проведений огляд та аналіз відомих теплогенеруючих пристроїв 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 замкнутому 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 та 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 теплова 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 – 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 вала аеродинамічного нагнітача – вентилятора швидко перетворюється в теплоту, яка відносно легко регулюється, зокрема, зміною числа обертів робочого колеса.

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

На рисунку представлена розроблена конструктивна схема автоклавної установки з аеродинамічним теплогенеруючим рециркуляційним інтенсифікатором для теплової обробки харчової сировини [7, 8]. 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 стелажем утворені вертикальні напрямні повітропроводи 7 і 8 та нижня повітрозбірна 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 трак-ті в замкненому просторі теплоізольованої герметичної робочої камери 1 нагрі-вається 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 зада-ного технологічного процесу температура. В лінії подачі стисненого повітря для реалізації процесу автоклавної обробки створюється необхідний тиск, ве-личина якого може змінюватися за допомогою відповідного регулювання редукційного клапана.

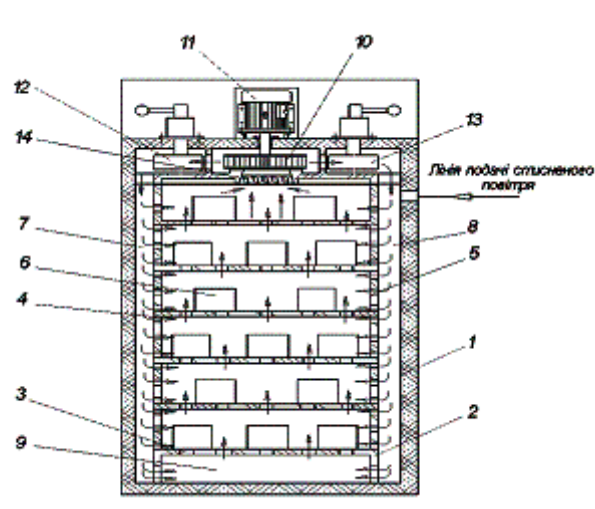


Рисунок – Автоклавна установка для обробки харчової сировини:

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

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.

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.

### Література:

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.