

УДК 664.8.037.5

DOI: 10.31388/2078-0877-19-2-130-136

## ВДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАМОРОЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Тарасенко В. Г., к. т. н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*  
Тел. (0619) 42-13-06

**Анотація** – стаття присвячена вдосконаленню пристроїв імпульсного заморожування харчових продуктів шляхом спрощення та зміни конструкції, зменшення втрат енергії, підвищення інтенсивності процесу заморожування, підвищення градієнту від’ємних температур. Розглянуто переваги перспективних способів заморожування, при яких істотно змінюються кінетика заморожування та теплофізичні характеристики харчових продуктів.

**Ключові слова** – швидке заморожування, вдосконалення, імпульсне заморожування, ефект Ранка-Хільша, вихровий ефект.

**Постановка проблеми.** Швидке заморожування використовується в якості методу якісного консервування харчових продуктів і забезпечує наступне тривале зберігання при низьких температурах. Сучасний рівень розвитку харчової промисловості потребує дослідження нових напрямків розробки конструкцій обладнання для швидкого заморожування. Перспективними способами заморожування являються імпульсне заморожування та заморожування з використанням ефекту Ранка-Хільша [1-3].

**Аналіз останніх досліджень.** Для швидкого заморожування використовуються різні типи обладнання. Наприклад, криогенератор, що містить циліндр, теплообмінник корисного навантаження, холодильник, витискувач, імпульсний випускний клапан [4]. Недоліками його являються: складна конструкція, великі втрати енергії через відсутність теплоізоляції та низька інтенсивність процесу заморожування в наслідок розімкненого циклу.

Також відомий пристрій для попереднього підморожування харчових продуктів, прийнятий за прототип, що містить теплоізольовану камеру охолодження, транспортер з гідрофобним покриттям, трубопровід для подачі переохолодженого повітря, теплообмінник-охолоджувач, випарник холодильника, ресивер, терморегулюючий вентиль, вологовідокремлювач, компресор [5]. Недоліком цього пристрою є те, що морозильні властивості

холодоагенту використовуються не повністю та низька інтенсивність процесу заморожування.

*Постановка завдання.* Метою даної роботи є вдосконалення конструкцій обладнання для швидкого заморожування харчових продуктів. Конструкцію кріогенератору пропонується вдосконалити шляхом спрощення конструкції, зменшення втрати енергії та підвищення інтенсивності процесу заморожування.

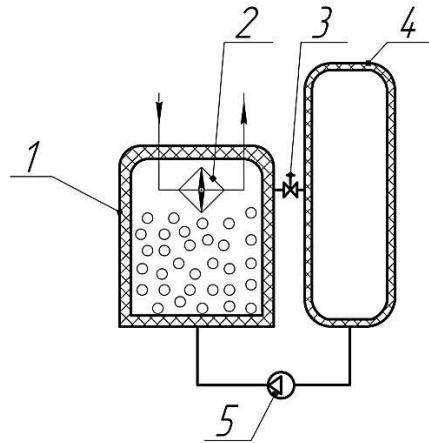
Пристрій для швидкого заморожування харчових продуктів пропонується вдосконалити шляхом зміни конструкції, підвищення градієнту від'ємних температур за рахунок застосування додаткового другого каскаду холодильного циклу повітряної холодильної машини, а саме під'єднання групи вихрових форсунок з ефектом Ранка-Хільша, що забезпечує запобігання змерзанню харчових продуктів під час обробки, збереження окремих та неушкоджених фрагментів харчових продуктів, зменшення витікання клітинного соку, та ушкодження під час фазового переходу, більш повне використання морозильних властивостей холодоагенту та підвищення інтенсивності процесу заморожування.

*Основна частина.* Імпульсне заморожування харчових продуктів дозволяє заморожувати продукти у декілька разів швидше, ніж звичайним способом. Це сприяє істотній зміні теплофізичних характеристик об'єкта, кінетики процесу заморожування [3].

Поставлена задача вдосконалення конструкції вирішується тим, що у пристрої для імпульсного заморожування харчових продуктів, який містить холодильник, витискувач, імпульсний випускний клапан, встановлено теплоізольовану камеру заморожування, вакуумний насос, встановлено теплоізольований вакуумний ресивер.

Застосування запропонованого пристрою для імпульсного заморожування харчових продуктів дозволяє спростити конструкцію, завдяки об'єднанню циліндра з теплообмінником корисного навантаження в один елемент: теплоізольовану камеру заморожування та використання якості витискувача вакуумного насоса, зменшити втрати енергії за рахунок теплоізоляції камери заморожування та вакуумного ресивера, підвищити інтенсивність процесу заморожування за рахунок встановлення вакуумного ресивера, який замикає цикл заморожування, на відміну від прототипу, в якому цикл розімкнений і кожен раз витрачається час на охолодження нової порції теплоносія.

Схема пристрою для імпульсного заморожування харчових продуктів показана на рис. 1.



1 – теплоізольована камера заморожування, 2 – холодильник, 3 – імпульсний випускний клапан, 4 – теплоізольований вакуумний ресивер, 5 – вакуумний насос.

Рис. 1. Схема пристрою для імпульсного заморожування харчових продуктів.

Пристрій для імпульсного заморожування харчових продуктів використовують наступним чином. В теплоізольовану камеру заморожування (1), завантажуються харчові продукти які підлягають заморожуванню. З холодильника (2) на матеріал поступає переохолоджений холодоагент, в якості якого використовують повітря, яке знижує температуру матеріалу до температури замерзання. Далі матеріал витримують для вирівнювання температури по всьому об'єму. Після цього з теплоізольованої камери заморожування (1) виконують імпульсне, поступове скидання холодоагенту за допомогою імпульсного випускного клапана (3) в теплоізольований вакуумний ресивер (4), що призводить до різкого падіння тиску і викликає миттєве замерзання води всередині часток матеріалу. При цьому збільшується швидкість заморожування, пригнічується кристалізація, кристали льоду не встигають вирости, залишаючись дрібними, залишається непошкодженою молекулярна структура заморожуваних харчових продуктів, зменшується витікання клітинного соку та ушкодження під час фазового переходу, підвищується інтенсивність процесу заморожування. Заморожені харчові продукти вивантажуються з камери (1). Відпрацьований холодоагент надходить до теплоізольованого вакуумного ресивера (4), звідки всмоктується вакуумним насосом (5). Холодоагент після вакуумного насоса, охолоджується в охолоджувачі (не показано) та подається в теплоізольовану камеру заморожування (1) вже завантажену новою порцією харчових продуктів, які підлягають заморожуванню. Далі цикл повторюється. В результаті вдосконалення спрощується конструкція, зменшуються втрати енергії та підвищується інтенсивність процесу заморожування.

Розглянемо конструкцію пристрою для попереднього підморожування харчових продуктів [6].

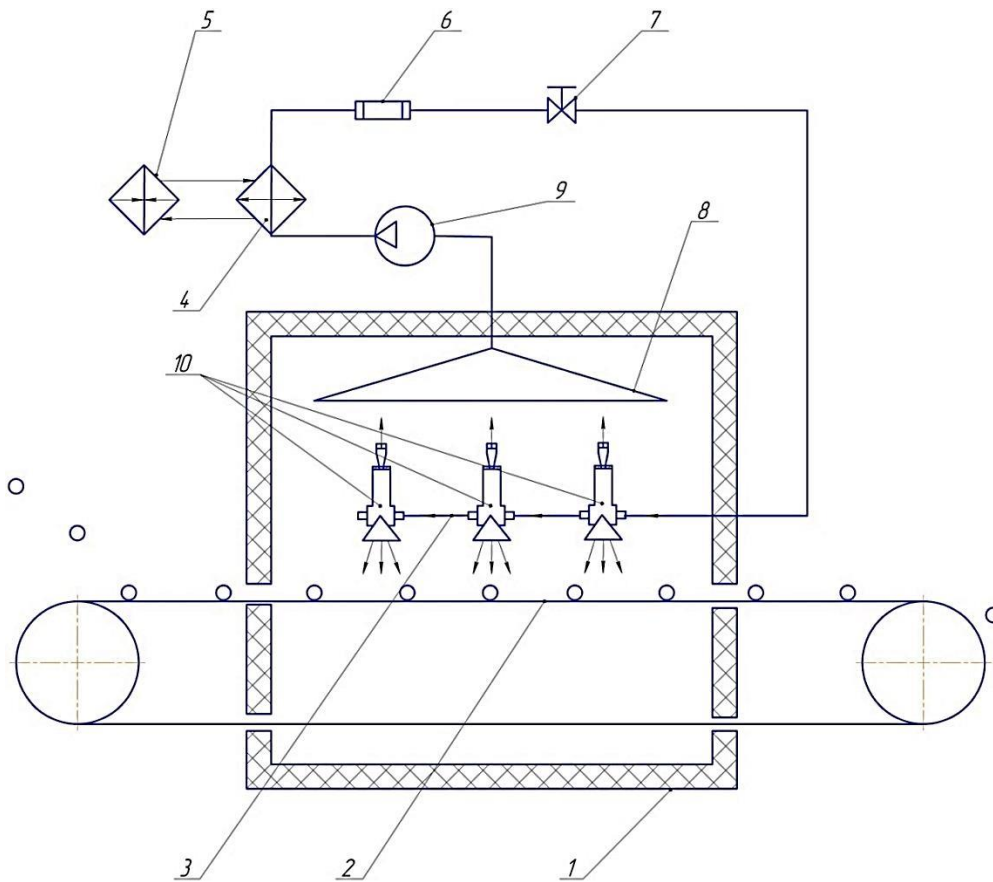
Поставлена задача вдосконалення конструкції цього пристрою вирішується тим, що у пристрої для швидкого заморожування харчових продуктів, що містить теплоізольовану камеру охолодження з транспортером з гідрофобним покриттям, над яким розташований трубопровід для подачі переохолодженого повітря та вологовідокремлювач, зовні встановлено компресор для подачі стисненого повітря в теплообмінник-охолоджувач, який знаходиться в тепловому контакті з випарником холодильника, повітря після охолодження подається в ресивер та через терморегулюючий вентиль надходить в теплоізольовану камеру, згідно пропонованого винаходу, до трубопроводу для подачі переохолодженого повітря під'єднана група вихрових форсунок з ефектом Ранка-Хільша, холодний розтруб яких направлений на охолоджуваний матеріал.

Застосування пристрою для швидкого заморожування харчових продуктів запропонованої конструкції дозволяє зменшити явище змерзання харчових продуктів під час обробки, зберегти окремі та неушкоджені фрагменти харчових продуктів, зменшити витікання клітинного соку та ушкодження під час фазового переходу, завдяки підвищенню градієнта від'ємних температур при застосуванні додаткового другого каскаду холодильного циклу повітряної холодильної машини, а також дозволяє більш повно використовувати морозильні властивості холодоагенту та підвищити інтенсивність процесу заморожування.

Технічна суть пояснюється рис. 2, на якому зображена схема пристрою для швидкого заморожування харчових продуктів.

Пристрій для швидкого заморожування харчових продуктів містить теплоізольовану камеру (1) охолодження, транспортер (2) з гідрофобним покриттям, трубопровід (3) для подачі переохолодженого повітря, теплообмінник-охолоджувач (4), випарник (5) холодильника, ресивер (6), терморегулюючий вентиль (7), вологовідокремлювач (8), компресор (9), до трубопроводу (3) для подачі переохолодженого повітря під'єднана група вихрових форсунок (10) з ефектом Ранка-Хільша, холодний розтруб яких направлений на охолоджуваний матеріал.

Пристрій для швидкого заморожування харчових продуктів використовують наступним чином. В теплоізольовану камеру (1) охолодження, по транспортеру (2) з гідрофобним покриттям тонким шаром подаються харчові продукти. Гідрофобне покриття стрічки транспортера перешкоджає прилипанню харчових продуктів, які заморожують. Швидкість руху стрічки транспортеру (2) регламентує час експозиції матеріалу в теплоізольованій камері (1) охолодження.



1 – теплоізольована камера, 2 – транспортер з гідрофобним покриттям, 3 – трубопровід для подачі переохолодженого повітря, 4 – теплообмінник-охолоджувач, 5 – випарник холодильника, 6 – ресивер, 7 – терморегулюючий вентиль, 8 – вологовідокремлювач, 9 – компресор, 10 – група вихрових форсунок з ефектом ранка-Хільша.

Рис. 2. Схема пристрою для швидкого заморожування харчових продуктів.

Через трубопровід (3) для подачі переохолодженого повітря та групу вихрових форсунок (10) з ефектом Ранка-Хільша на матеріал подається переохолоджене повітря, яке виконує роль холодоагенту. Використаний холодоагент надходить до приймального патрубку ( $t_{\text{роб}} = -10^{\circ}\text{C}$ ) вологовідокремлювача (8), звідки всмоктується компресором (9), який стискає сухе холодне повітря. Холодоагент, при адіабатному стисненні, нагрівається ( $t_{\text{нагр}} = 40^{\circ}\text{C}$ ) і далі охолоджується в теплообміннику - охолоджувачі (4), за рахунок теплообміну з випарником холодильника (5) до  $-18^{\circ}\text{C}$ . Запас переохолодженого стисненого повітря накопичується в ресивері (6), який знаходиться у теплоізолювальній оболонці. Переохолоджене стиснене повітря проходить крізь фільтр-вологовідокремлювач (не показано) до терморегулюючого вентиля (7), після якого

відбувається різке розширення холодного стисненого повітря і різке до охолодження робочого холодоагенту, який через трубопровід (3) та групу вихрових форсунок (10) з ефектом Ранка-Хільша, дозволяє значно інтенсивніше охолоджувати харчові продукти ( $t = -60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). При цьому холодоагент завдяки форсункам Ранка-Хільша розподіляється на два потоки  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , спрямованого на матеріал, та прохолодне повітря  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , яке надходить до приймального патрубку вологовідокремлювача (8), звідки всмоктується компресором (9). Далі цикл повторюється. В результаті вдосконалення цього пристрою зменшується явище змерзання харчових продуктів під час обробки, зберігаються окремі та неушкоджені фрагменти харчових продуктів, зменшується витікання клітинного соку та ушкодження під час фазового переходу, більш повно використовуються морозильні властивості холодоагенту.

*Висновки.* Внаслідок проведеного вдосконалення описаних вище пристроїв спрощується конструкція, зменшуються втрати енергії та підвищується інтенсивність процесу заморожування. Зменшується змерзання харчових продуктів під час обробки, зберігаються окремі та неушкоджені фрагменти харчових продуктів, зменшується витікання клітинного соку та ушкодження під час фазового переходу, більш повно використовуються морозильні властивості холодоагенту, підвищується інтенсивність процесу заморожування.

#### Література:

1. *Мещераков Ф. Е.* Основы холодильной техники и холодильной технологии. Москва: Пищевая промышленность, 1975. 560 с.
2. *Орешина М. Н.* Импульсное диспергирование многокомпонентных пищевых систем и его аппаратурная реализация : автореф. дисс. докт. техн. наук: 05.18.12. Москва, 2010. 50 с.
3. *Тарасенко В. Г.* Перспективний спосіб заморожування харчових продуктів // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф. ( м. Харків, 19 листопада 2018 р.). Харків, 2018. Ч. 1. С. 365-367.
4. А. с. 1224514 СССР, МКИ F 25 В 9/00. Криогенератор. № 3800466/23-06 ; заявл. 12.10.84 ; опубл. 15.04.86, Бюл. № 14.
5. Пристрій для попереднього підморожування харчових продуктів: пат. 100658 Україна: МПК F 25 D 3/11. № а 201411867 ; заявл. 03.11.2014 ; опубл. 10.08.2015, Бюл. № 15
6. *Тарасенко В. Г., Петров В. А., Бойко В. С.* Обоснование конструктивной схемы оборудования для процесса подмораживания пищевых продуктов // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: матеріали міжнар.

наук.-практ. конф. ( м. Мелітополь, 5-7 вересня 2017 р.). Мелітополь, 2017. С. 98-99.

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

Тарасенко В. Г.

*Аннотация* – статья посвящена усовершенствованию устройств импульсного замораживания пищевых продуктов путем упрощения и изменения конструкции, уменьшения потерь энергии, повышения интенсивности процесса замораживания, повышения градиента отрицательных температур. Рассмотрены преимущества перспективных способов замораживания, при которых существенно изменяются кинетика замораживания и теплофизические характеристики пищевых продуктов

## **IMPROVEMENT OF EQUIPMENT FOR FOOD PRODUCTS FREEZING**

V. Tarasenko

### *Summary*

**Device for impulse freezing of food products. Field of application: refrigeration equipment, namely, the design of devices used in the freezing of food products. As a result of the improvement, the design is simplified, energy losses are reduced and the intensity of the freezing process increases.**

**The device for rapid freezing of food products containing a heat-insulated chilling chamber with a hydrophobic coating conveyor over which a superheated air supply pipe and a moisture separator are located is located outside the compressor to provide a refrigerant heat exchanger which is in thermal contact with the evaporator of the refrigerator. Device for fast freezing of food products. Field of application: meat, dairy, fish, fruit and vegetable and other branches of the food industry, where the use of freezing. In the device for quick freezing of food products containing a heat-insulated chilling chamber, a hydrophobic conveyor, a conduit for supplying supercooled air, a heat exchanger-cooler, a refrigerant evaporator, a receiver, a thermostatic valve, a water separator, a compressor, to a conduit for supplying supercooled air coupled a group of vortex nozzles with the Ranque-Hilsch effect.**

**Technical result: the freezing of food is reduced during processing, stored separately and intact frumenty food, reduced leakage and damage cell juice during the phase transition, better freezing properties used refrigerant, increases the intensity of the process of freezing.**