



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **162709** (13) **U**
(51) МПК (2026.01)
F26B 5/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

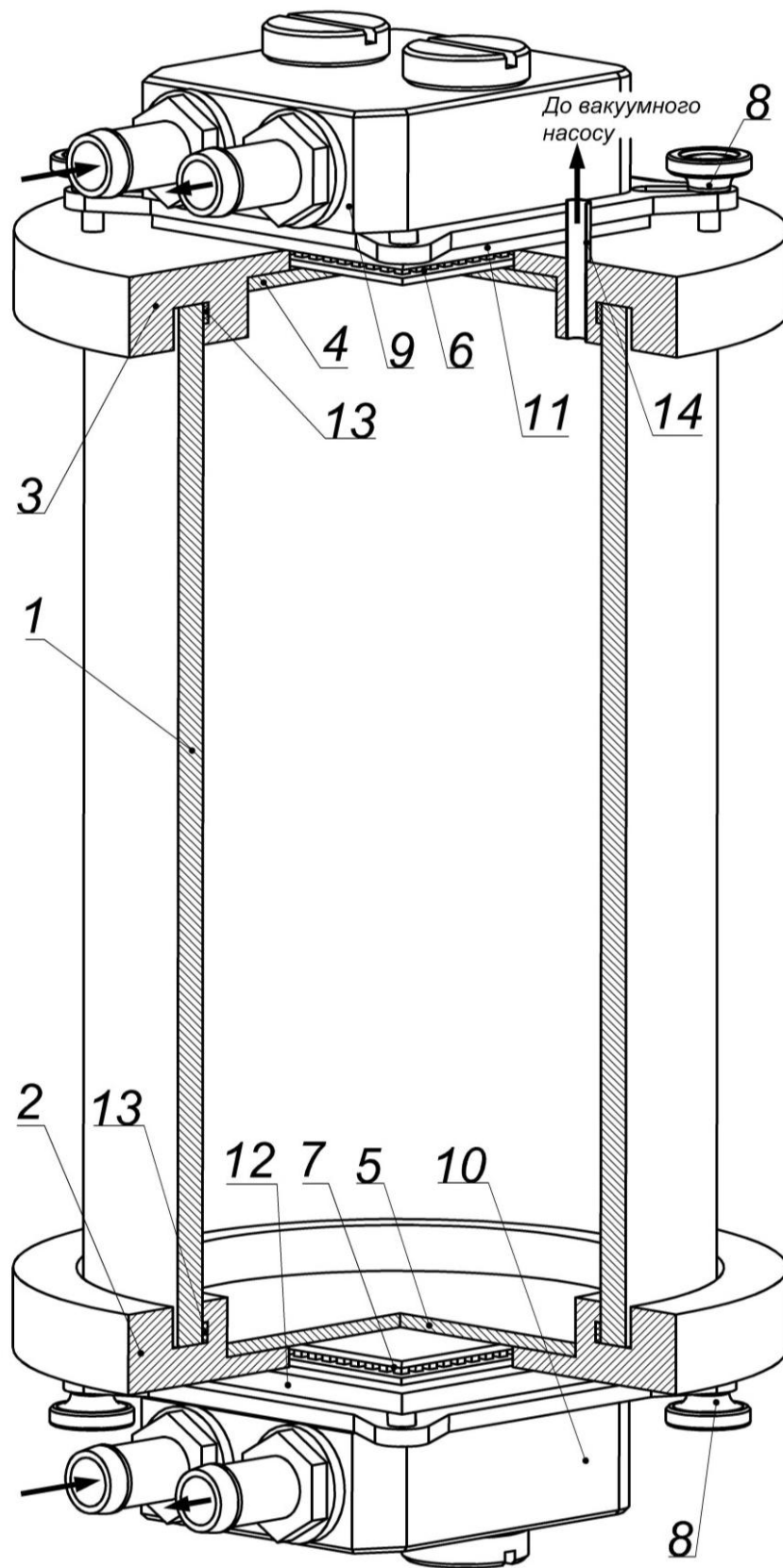
(21) Номер заявки: u 2025 04760	(72) Винахідник(и): Іванов Олег Миколайович (UA)
(22) Дата подання заявки: 29.09.2025	(73) Володілець (володільці): ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 16.04.2026	(74) Представник: Іванов Олег Миколайович
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 15.04.2026, Бюл.№ 15	

(54) СПОСІБ СУШІННЯ НА ОСНОВІ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОЇ ЛІОФІЛЬНОЇ СУШАРКИ

(57) Реферат:

Спосіб сушіння на основі термоелектричної ліофільної сушарки включає заморожування продукту у вакуумній камері за допомогою термоелектричних перетворювачів Пельтьє з рідинною системою охолодження, вакуумування камери та подальше сублімаційне висушування з десублімацією водяної пари на охолоджуваній поверхні. Після заморожування продукту та вакуумування камери відключають від живлення термоелектричний перетворювач, який розташований з боку продукту. Охолоджувальну рідину, що відводить тепло від нагрітої сторони термоелектричного перетворювача, яким здійснюють десублімацію спрямовують через теплообмінний апарат відключеного термоелектричного перетворювача. Передають тепло від охолоджувальної рідини до замороженого продукту з можливістю забезпечення процесу сублімації. Регулюють процес сублімаційного висушування шляхом зміни витрати охолоджувальної рідини і величини струму живлення термоелектричного перетворювача, яким здійснюють десублімацію.

UA 162709 U



Фиг.1

Корисна модель належить до харчової та переробної галузі, а саме до процесу сублімаційного сушіння, реалізація якого забезпечується використанням термоелектричних засобів на основі елементів Пельтьє.

Сублімаційне сушіння є одним із найефективнішим способом отримання зневодненого продукту із збереженням максимальної кількості корисних та поживних речовин. Водночас, даний процес належить до одних із найбільш енергозатратних в технологічному ланцюгу виробництва. Дана характерна особливість процесу обумовлена потребами у значній кількості теплової енергії для реалізації фазового переходу рідини з твердого до газоподібного агрегатного стану. Тому, актуальною задачею є розробка, проектування та запровадження різноманітних енергозберігаючих підходів, направлених на економію енергоресурсів при здійсненні сублімаційного сушіння.

Відомий спосіб, який реалізується за допомогою вакуумно-сублімаційної сушарки за патентом РФ № 2183307 (МПК F26B 5/06), яка представляє собою багатосекційну сублімаційну установку з термоелектричними модулями (модулі Пельтьє чи термоелектричні перетворювачі), що розташовані на днищі кожної із секцій та використовуються для створення різних за своєю направленістю теплових потоків. Використання одних і тих же термоелектричних модулів дозволяє одночасно нагрівати продукт, який знаходиться на поверхні секцій, та конденсувати водяну пару, що сублімується з продуктів на нижніх секціях під дією тепла. При цьому, тепловий баланс між кількістю поглинутого та виділеного тепла зміщується в сторону останнього, що при рівності теплоти сублімації та десублімації, може призвести до перегріву усієї системи та втрати її роботоздатності. Це є головним недоліком даного способу. Також, вище вказаний недолік унеможливує здійснення всередині вакуумної камери попереднього процесу заморожування продуктів для наступного їхнього сублімаційного сушіння.

Найближчим аналогом є спосіб сублімаційного сушіння за патентом RU 2320942 (МПК F26B 5/06), в якому процес висушування здійснюють у сублімаційній камері з розміщеними на її протилежних поверхнях термоелектричними перетворювачами Пельтьє.

У способі заморожування продукту здійснюють шляхом відбору теплоти термоелектричним перетворювачем, розташованим з боку продукту, при подачі на нього електричного струму прямої полярності. Після заморожування сублімацію вологи забезпечують шляхом зміни полярності живлення зазначеного термоелектричного перетворювача, внаслідок чого його холодна сторона нагрівається та передає тепло продукту.

Термоелектричний перетворювач, встановлений на кришці камери, постійно працює в режимі десублімації, забезпечуючи конденсацію водяної пари. Тепло з його нагрітої сторони відводять охолоджувальною рідиною через теплообмінник та утилізують поза межами установки без використання для процесу сублімації.

До недоліків слід віднести: залучення до процесу сублімаційного сушіння декількох енергозатратних термоелектричних перетворювачів, що суттєво підвищує енергозатрати на виконання даної технологічної операції, відсутність раціонального підходу у повноцінному використанні різних за своїм спрямуванням теплових потоків термоелектричного перетворювача десубліматора.

В основу корисної моделі поставлена задача забезпечити раціональне використання теплових потоків термоелектричних перетворювачів, підвищення рівня енергоощадності та енергозбереженості при проведенні сублімаційного сушіння.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі сушіння на основі термоелектричної ліофільної сушарки, що включає заморожування продукту у вакуумній камері за допомогою термоелектричних перетворювачів Пельтьє з рідинною системою охолодження, вакуумування камери та подальше сублімаційне висушування з десублімацією водяної пари на охолоджуваній поверхні, згідно з корисною моделлю, після заморожування продукту та вакуумування камери відключають від живлення термоелектричний перетворювач, який розташований з боку продукту, охолоджувальну рідину, що відводить тепло від нагрітої сторони термоелектричного перетворювача, яким здійснюють десублімацію спрямовують через теплообмінний апарат відключеного термоелектричного перетворювача, після чого передають тепло від охолоджувальної рідини до замороженого продукту з можливістю забезпечення процесу сублімації, при цьому регулюють процес сублімаційного висушування шляхом зміни витрати охолоджувальної рідини і величини струму живлення термоелектричного перетворювача, яким здійснюють десублімацію.

Суть корисної моделі пояснюють креслення.

На фіг. 1 зображений четвертий аксонометричний розріз ліофільної сушарки, за допомогою якого реалізується запропонований спосіб.

На фіг. 2 наведена принципова схема функціонування рідинної системи охолодження в режимі заморожування продуктів.

На фіг. 3 - принципова схема рідинної системи охолодження в режимі сублімаційного сушіння.

Ліофільна сушарка складається з циліндричної вакуумної (сублімаційної) камери 1, закритої зверху та знизу знімними кришками 2, 3. З внутрішнього простору вакуумної камери на кришках розташовані теплопровідні елементи 4, 5 круглого профілю. На протилежній стороні цих елементів розміщені термоелектричні модулі 6, 7. Зверху над модулями 6, 7 змонтовані на кришках вакуумної камери 1 за допомогою різьбових кріпильних елементів 8 водяні теплообмінні апарати 9, 10, які своїми тепловідвідними елементами 11, 12 торкаються до термічних поверхонь термоелектричних перетворювачів 6, 7.

Для герметизації внутрішнього об'єму вакуумної камери 1 від навколишнього середовища в її кришках мають гумові кільцеві елементи 13, що щільно прилягають до внутрішньої циліндричної оболонки камери.

На верхній кришці 3 виконано вивід 14 для під'єднання вакуумного насоса через електромагнітний клапан (не вказаний) та електричного сенсора (не вказаний) вимірювання розрідження всередині сублімаційної камери.

Для відстеження та керування температурним режимом роботи термоелектричних модулів на їх обох термічних сторонах розташовані датчики температури (не вказані).

Рідинна система охолодження (фіг. 2) ліофільної сушарки складається з рекуперативних теплообмінних апаратів 9, 10, розташованих на елементах Пельтьє 6, 7, електронно-керованих гідравлічних клапанів 15, 16, 17, нагнітального циркуляційного насоса відцентрового типу 18 та водяного радіатора 19 із закріпленням на його корпусі вентилятором 20.

Керування термоелектричними модулями й електромагнітними клапанами мікроконтролерною системою управління, яка відслідковує зміну електричних, термодинамічних та фізичних параметрів роботи сублімаційної сушарки. На підставі отриманих інформаційних сигналів від відповідних вимірювальних датчиків (температури, тиску, сили струму) здійснюють корегувальний вплив на роботу виконуючих електронних засобів (електромагнітних клапанів, силових електронних ключів) для переведення системи сублімаційного сушіння на необхідний режим роботи.

Запропонований спосіб реалізується наступним чином.

Процес сублімаційного сушіння відбувається в два етапи. На першому етапі продукт, який потребує висушування, піддається впливу низьких температур (заморожуванню). Для цього він поміщається всередину вакуумної камери 1 на теплопровідний елемент 5 кришки 2. Далі, відповідно до вольт-амперної характеристики модулів Пельтьє, здійснюється підвід належної кількості електричної енергії до цих термоелектричних перетворювачів 6, 7 для забезпечення необхідного рівня холодопродуктивності для заморожування поміщених до сушарки продуктів. Отримання охолоджувального ефекту від термоелектричних перетворювачів відбувається на основі ефекту Пельтьє і супроводжується одразу обома перетворювачами на нижній 2 і верхній кришках 3 вакуумної камери 1.

В той же час, після вмикання відцентрового циркуляційного насоса 18 та переведення запірних клапанів 15, 16, 17 у відповідне положення (фіг. 2), забезпечується одночасне та паритетне надходження охолоджуючої рідини до теплообмінників 9, 10. Тим самим, задіюється система рідинного охолодження, що забезпечує належний відвід продукуюваної цими модулями теплової енергії для недопущення їхнього перегріву та зменшення їх термодинамічної ефективності. Відібрана теплова енергія надходить до радіатора 19, де віддається в навколишнє середовище. Для інтенсифікації процесу теплообміну радіатор 19 продувається вентилятором 20.

Контроль за температурою всередині вакуумної камери 1 здійснюється температурними сенсорами на модулях Пельтьє.

Після досягнення температури продукту значення, обумовленого технологічними вимогами сублімаційного сушіння, настає другий (основний) етап сублімаційного висушування.

Внутрішній простір вакуумної камери 1 через вивід 14 та електричний запірний клапан сполучається з вхідним патрубком вакуумного насоса. Внаслідок цього, при вмиканні вакуумного насоса, відбувається вакуумування камери 1. Вакууметричний тиск камери 1 контролюється сенсором тиску, за сигналом якого мікроконтролерна система управління здійснює керування роботою насоса.

Після досягнення належного рівня вакууму в камері 1, мікроконтролерна система управління вимикає вакуум-насос та змінює схему живлення термоелектричних модулів 6, 7. Модуль 6 на верхній кришці камери 3 зберігає свій принцип під'єднання до джерела електричної енергії, а

модуль 7 на нижній кришці 2 камери 1 зовсім відключається від системи живлення. В цих умовах коректується і робота системи рідинного охолодження (фіг. 3). Потік охолоджувальної рідини, що виходить з теплообмінника 9 модуля Пельт'є 6, відібравши теплову енергію від нагрівальної поверхні перетворювача, надходить до електронного запірного клапана 16. В ньому потік розподіляється на два канали: один доправляє рідину до радіатора 19, а інший - через клапан 17 до теплообмінного апарата 10 модуля Пельт'є 7. Циркуляційний насос 18 продовжує роботу, забезпечуючи керовану подачу охолоджувальної рідини через теплообмінний апарат 10, відключений від живлення термоелектричного модуля 7. Кількість перенаправленої рідини в той чи інший напрямок визначається положенням регулюючого органу електронного клапана 16 та продуктивністю циркуляційного насоса 18, що забезпечує зміну витрати охолоджувальної рідини.

З врахуванням зміни функціонування основних активних складових ліофільної сушарки відбувається зміна характеру протікання термодинамічних процесів всередині неї.

Теплота охолоджувальної рідини, яка надходить всередину теплообмінника 10 термоелектричного модуля 7, завдяки достатньої теплопровідності контактної пари - термоелектричний перетворювач 7 та теплопровідний елемент 5 - передається до замороженого продукту і сприяє виникненню та протіканню процесу сублімації. Регулювання витрати охолоджувальної рідини в теплообміннику 10 забезпечує керування інтенсивністю підведення теплоти до замороженого продукту та, відповідно, інтенсивністю процесу сублімаційного висушування.

Термоелектричний перетворювач 6 на верхній кришці 3 камери 1 ліофільної сушарки виконує роль десубліматора. За рахунок подачі постійного струму з полярністю, що забезпечує поглинання теплоти ззовні в кількості, обумовленої його холодопродуктивністю, досягається конденсація водяних парів. Керуючи величиною струму живлення модуля Пельт'є 6, який працює в режимі десублімації, регулюють його холодопродуктивність та кількість тепла, що відводиться охолоджувальною рідиною від нагрітої сторони модуля та передається через теплообмінний апарат 10 відключеного термоелектричного модуля 7 до замороженого продукту для забезпечення процесу сублімації.

Після досягнення продуктом проценту вологості, регламентованого технологічними умовами до висушених продуктів, камеру 1 сушарки девакуумують і вивантажують висушений продукт назовні. Видалення льоду з поверхні десубліматора здійснюють або механічним способом, або змінюючи полярність живлення термоелектричного модуля 6 на зворотну, тим самим нагріваючи холодну сторону модуля та розплавляючи утворений лід.

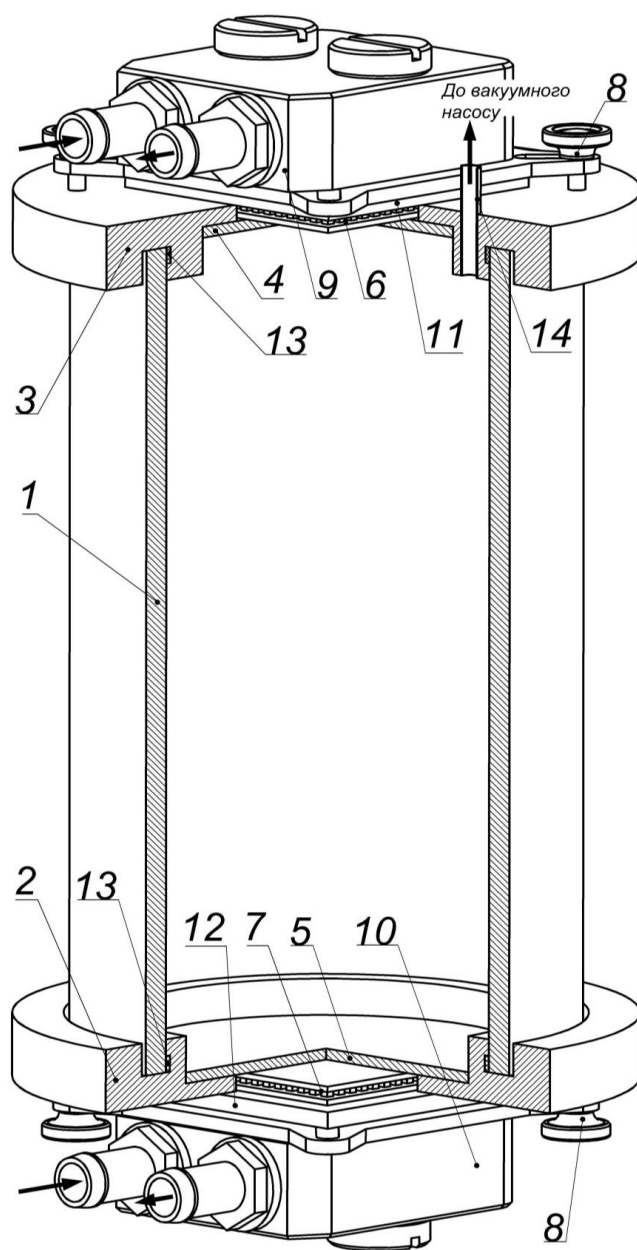
Після цього, сушарку переводять в початковий режим роботи для повторного заморожування та висушування наступної партії продукту.

Таким чином, запропонований спосіб дозволяє підвищити рівень енергоощадності та енергозбереженості при проведенні сублімаційного сушіння та раціонально використати теплові потоки, що продукуються термоелектричними перетворювачами.

Запропонована корисна модель пройшла лабораторні та піввиробничі випробування, підтвердила свою ефективність і може використовуватись в переробній та харчовій галузі для сублімаційного висушування зволжених матеріалів або продуктів.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб сушіння на основі термоелектричної ліофільної сушарки, що включає заморожування продукту у вакуумній камері за допомогою термоелектричних перетворювачів Пельт'є з рідинною системою охолодження, вакуумування камери та подальше сублімаційне висушування з десублімацією водяної пари на охолоджуваній поверхні, який **відрізняється** тим, що після заморожування продукту та вакуумування камери відключають від живлення термоелектричний перетворювач, який розташований з боку продукту, охолоджувальну рідину, що відводить тепло від нагрітої сторони термоелектричного перетворювача, яким здійснюють десублімацію, спрямовують через теплообмінний апарат відключеного термоелектричного перетворювача, після чого передають тепло від охолоджувальної рідини до замороженого продукту з можливістю забезпечення процесу сублімації, при цьому регулюють процес сублімаційного висушування шляхом зміни витрати охолоджувальної рідини і величини струму живлення термоелектричного перетворювача, яким здійснюють десублімацію.



Фиг.1

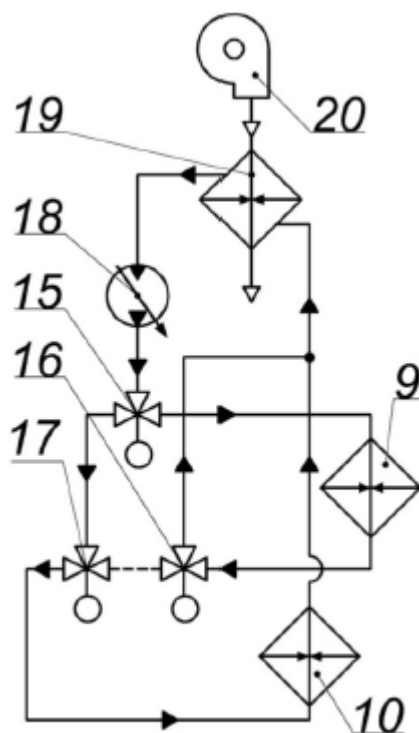


Fig. 2

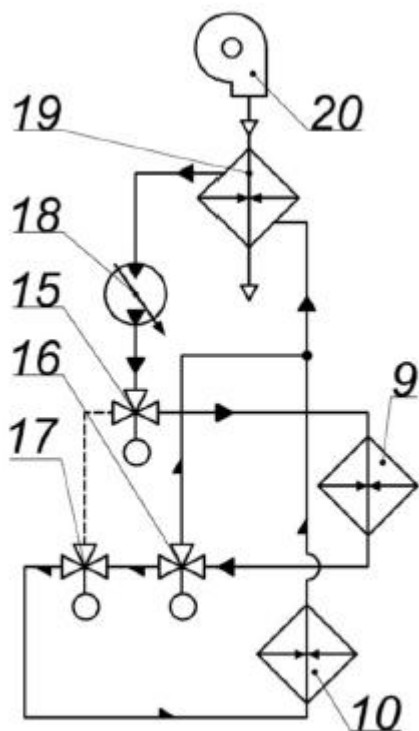


Fig. 3