



УКРАЇНА

(19) UA (11) 43920 (13) U  
(51) МПК (2009)  
H05B 6/00  
C02F 9/08

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) НАДВИСОКОЧАСТОТНИЙ ПРИСТРІЙ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ, РОЗРІДЖЕНОГО МУЛУ, ПАСТЕРИЗАЦІЇ ТА СТЕРИЛІЗАЦІЇ МОЛОКА, НАПОЇВ ТА ІНШИХ РІДКИХ СЕРЕДОВИЩ

1

2

(21) u200902927

(22) 27.03.2009

(24) 10.09.2009

(46) 10.09.2009, Бюл. № 17, 2009 р.

(72) СИДОРУК ЮРІЙ КІНДРАТОВИЧ

(73) СИДОРУК ЮРІЙ КІНДРАТОВИЧ

(57) Надвисокочастотний пристрій знезараження води, розрідженого мулу, пастеризації і стерилізації молока, напоїв та інших рідких середовищ, що містить відрізок хвилеводу та радіопрозору трубку, співмірну з розмірами хвилеводу, що розташована всередині хвилеводу, який відрізняється тим, що кінці відрізка хвилеводу мають квадратну форму поперечного перерізу з поступовим переходом від квадратної до хрестоподібної форми поперечного

перерізу в середній частині відрізка, в якій вздовж осі, співвісно з хвилеводом, розташована радіопрозора трубка, початок і кінець якої мають конусоподібну форму, а на квадратних частинах хвилеводу, з обох кінців, розташовано по два магнетрони на взаємно перпендикулярних сторонах хвилеводу, на відстані три чверті довжини хвилі в хвилеводі один від другого на одному кінці відрізка хвилеводу і між першим і другим магнетронами на відстані однієї четвертої частини довжини хвилі в хвилеводі від другого магнетрона розташована решітка з паралельних тонких провідників, орієнтованих перпендикулярно до стінки хвилеводу, на якій розташовано другий магнетрон.

Пристрій відноситься до знезараження води, рідкого мулу, пастеризації та стерилізації молока, пива, вина та інших рідких продуктів з застосуванням енергії електромагнітних хвиль НВЧ діапазону і може бути використана в технології НВЧ електромагнітної обробки рідкої суміші проточним способом.

Відомі різні варіанти пристроїв, які пропонуються для обробки (нагрівання) рідини: води, молока, нафти та інших рідких сумішей, в тому числі для пастеризації та стерилізації, в яких, тим чи іншим способом, в хвилевід вводяться радіо прозорі трубки, по яких протікає рідина, що обробляється (нагрівається). Такі пристрої описані в [1], [2], [3], [4] та [5].

Щоб показати недоліки наведених вище пристроїв, необхідно розглянути особливості пастеризації та стерилізації рідин електромагнітним полем НВЧ діапазону. На ефективність пастеризації і стерилізації, яка визначається енергетичними затратами на одиницю продукції і якістю одержаного продукту, впливають такі фактори як: швидкість нагрівання, температура пастеризації і час витримки при заданій температурі. Чим вища швидкість нагрівання, тим менший потрібен час витримки при заданій температурі для досягнення ефекту пастеризації (стерилізації).

В традиційних (теплових) пастеризаторах максимально досяжна швидкість нагрівання 1-4 °С в секунду, температура нагрівання 96-98 °С, витримка при даній температурі становить 10 хвилин і більше. Стерилізація молока і знезараження води і рідкого мулу відбуваються при значно вищих температурах і значно більшому часі витримки при заданій температурі. Такий режим потребує значних енергетичних затрат і, при цьому, в продуктах харчування, зокрема в молоці, відбуваються руйнування найбільш цінних біологічно активних речовин: ферментів, вітамінів та інших, в молоці збільшуються розміри жирових кульок та інші негативні явища. Разом з тим шкідливі речовини, такі як пестициди, гербіциди, мікробні токсини та інші руйнуванню не підлягають.

В НВЧ пастеризаторах принципово можливо створити високу концентрацію енергії і швидкість нагрівання 200-400 °С в секунду. При цьому час витримки становить менше 0,08 секунди, а середня температура рідини не перевищує 65 °С. При вищих темпах нагрівання середня температура рідини зменшується. Так як затрати енергії на пастеризацію визначаються середньою температурою рідини, то збільшення темпу нагрівання веде до зменшення енергетичних витрат. Важливим є та-

(19) UA (11) 43920 (13) U

кож і те, що при таких режимах зберігаються всі цінні компоненти продукту.

Для забезпечення такого режиму необхідно створити щільність НВЧ енергії 800-1200 Вт/см<sup>3</sup> і більше. При такій щільності НВЧ енергії крім теплового фактору в клітинах бактерій та інших мікроорганізмів діють сили, що приводять до руйнування клітинних мембран і, як наслідок, 100 % їх знищення.

Необхідну щільність потужності електромагнітного поля можна створити, практично, в усіх, згаданих вище пристроях, але при цьому необхідно застосовувати потужні магнетрони. В даний час для промислового застосування випускаються магнетрони, потужність НВЧ електромагнітного поля яких не перевищує 1÷2 кВт. Потужніші магнетрони значно дорожчі, менш надійні і менше доступні. Для створення більшої щільності енергії малопотужними магнетронами необхідно забезпечити сумування НВЧ енергії електромагнітного поля від декількох магнетронів без взаємного впливу між ними.

Найбільш близьким до пристрою, що пропонується, є пристрій [5], в якому дві радіопрозорі трубки перетинають хвилевід під кутом  $\alpha$  до подовжньої осі хвилеводу таким чином, щоб відбиті хвилі від однієї і другої трубки компенсувалися, тобто були зсунуті по фазі на 180°. Підвищення концентрації енергії забезпечувалося металевою вставкою і застосуванням двох магнетронів, розташованих на різних кінцях відрізка хвилеводу, що працюють на одне навантаження. Недоліком даної конструкції є можливість застосовувати лише два магнетрони, що при потужностях магнетронів 1÷2 кВт не дає можливість суттєво підвищити щільність енергії в зоні обробки рідини електромагнітним полем.

В пристрої, що пропонується, для підвищення концентрації енергії використовується чотири магнетрони, по два на кожному кінці відрізка хвилеводу.

На фіг. 1 приведено загальний вигляд пристрою, в якому можуть бути використані чотири взаємно розв'язані магнетрони. З однієї (лівої) сторони пристрою розташовані два магнетрони 1 та 5 на взаємно перпендикулярних сторонах відрізка квадратного хвилеводу 2, які збуджують в квадратному хвилеводі електромагнітні хвилі  $H_{10}$  та  $H_{01}$ , що мають ортогональні поляризації (ортогонально орієнтовані вектори напруженості електричного поля). Оптимальну роботу магнетрону 5 та поляризаційну розв'язку між магнетронами 1 та 5 забезпечує поляризаційний фільтр 3. Для концентрації сумарної енергії електромагнітного поля хвиль  $H_{10}$  та  $H_{01}$  в зоні взаємодії цього поля з рідиною використовується хрестоподібний хвилевід 7 та поступовий узгоджений перехід від квадратного хвилеводу до хрестоподібного 6. Аналогічно побудовано другу симетричну (праву) частину пристрою, яка має два магнетрони 8 та 12, що розташовані на взаємно перпендикулярних сторонах відрізка квадратного хвилеводу 11, поляризаційний фільтр 9 та поступовий перехід від квадратного хвилеводу до хрестоподібного 10. В середній частині пристрою, в хрестоподібному хвилеводі, розташована радіо прозора трубка 14, по якій про-

тікає рідина, що обробляється електромагнітним полем.

На фіг. 2 показано фрагмент пристрою, а саме - відрізок квадратного хвилеводу з магнетронами і поляризаційний фільтр. Крім позицій 1, 2, 3 та 5, які позначають ті ж елементи що на фіг. 1, показано стрижні 15 та 16, за допомогою яких в хвилеводі 2 збуджуються електромагнітні хвилі  $H_{10}$  та  $H_{01}$  і узгоджуючи стрижні 17 та 18.

Для забезпечення оптимальної роботи магнетрона і передачі максимальної енергії від магнетрона до хвилеводу, необхідно підібрати відповідну відстань від збуджуючого елемента (стрижня) до стінки, що утворює коротке замикання. В більшості випадків ця відстань підбирається експериментально на спеціальних стендах. Для магнетрона 5 короткозамикаючою стінкою є поляризаційний фільтр 3, який утворено з тонких проволоч або тонких металевих пластинок, розташованих паралельно одна одній і паралельно вектору напруженості електричного поля  $E_2$  (фіг. 2), що належить хвилі  $H_{01}$ , яка збуджується магнетроном 5. Вектор напруженості електричного поля  $E_1$ , що належить хвилі  $H_{10}$ , яка збуджується магнетроном 1, орієнтований ортогонально відносно проволоч фільтра і не взаємодіє з ними, тому хвиля  $H_{10}$  вільно проходить через поляризаційний фільтр 3, тобто фільтр 3 для цієї хвилі прозорий. Так як хвиля  $H_{01}$ , що генерується магнетроном 5, не попадає в зону розташування магнетрона 1, а хвиля  $H_{10}$ , що генерується магнетроном 1 має вектор  $E_1$ , перпендикулярний збуджуючому стрижню 16, що належить магнетрону 5, то ці магнетрони по основним типам хвиль розв'язані.

Крім взаємного зв'язку на основних типах хвиль, можливий зв'язок на вищому типі  $H_{11}$ , якщо існують умови для її поширення в квадратному хвилеводі. Електромагнітна хвиля поширюється в хвилеводі, якщо  $\lambda_p < \lambda_{кр}$  і не поширюється, якщо  $\lambda_p > \lambda_{кр}$ , де  $\lambda_p$  - робоча довжина хвилі, а  $\lambda_{кр}$  - критична довжина хвилі, яка визначається типом хвилі і розмірами поперечного перетину хвилеводу. Тому для нормальної роботи пристрою необхідно виконувати умову  $\lambda_p < \lambda_{крH10}$ , але  $\lambda_p > \lambda_{крH11}$ . Для квадрат-

ного хвилеводу  $\lambda_{крH10} = \lambda_{крH01} = 2a$ , а  $\lambda_{крH11} = a\sqrt{2}$ , де  $a$  - внутрішня сторона квадрата поперечного перетину хвилеводу.

Робоча частота більшості магнетронів, що випускаються промисловістю, знаходиться в межах 2440÷2460 МГц, що відповідає довжинам хвиль 123÷121,9 мм, тому умова існування основних типів хвиль  $H_{10}$  та  $H_{01}$  і відсутності хвилі  $H_{11}$  буде при розмірах сторони квадрата поперечного перетину хвилеводу від 62 до 86,5 мм. При цьому оптимальним розміром є  $a=80$  мм або хвилевод розміром 80×80 (мм<sup>2</sup>).

Перехід від квадратного хвилеводу до хрестоподібного має поступовий характер тому він буде узгодженим. Радіо прозора трубка, по якій протікає рідина, також має бути узгодженою, тому діаметр її також змінюється поступово, як показано на фіг. 3, поступово заповнюючи центральну частину хрестоподібного хвилеводу (фіг. 4).

Для можливості регулювання узгодження і зменшення коефіцієнта стоячої хвилі (КСХ) в зоні розташування магнетронів використовуються стрижневі узгоджуючі елементи 17 та 18 (фіг. 2), висота яких регулюється в процесі настройки, так як тільки стрижневі елементи дають змогу незалежно регулювати КСХ ортогональних хвиль  $H_{10}$  та  $H_{01}$ . Для більшої зручності в процесі регулювання може використовуватися декілька стрижнів в кожній площині.

Перелік фігур креслення.

Фіг. 1. Пристрій знезараження води, рідкого мулу, пастеризації та стерилізації молока, напоїв та інших рідких середовищ електромагнітним полем надвисоких частот з чотирма магнетронами та концентрацією енергії в центральній частині хрестоподібного хвильоводу.

Фіг. 2. Фрагмент пристрою, що містить відрізок квадратного хвильоводу, два магнетрони і поляризаційний фільтр.

Фіг. 3. Фрагмент пристрою, в яких входить хрестоподібний хвильовод з радіо прозорою трубкою.

Фіг. 4. Поперечний перетин хрестоподібного хвильоводу з радіо прозорою трубкою.

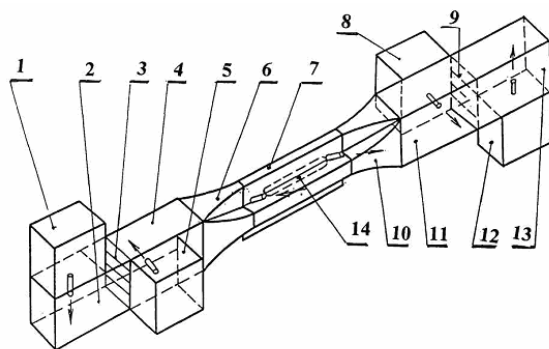
Можливість здійснення пристрою знезараження води, рідкого мулу, пастеризації та стерилізації молока і інших рідких продуктів, що пропонується, полягає в тому, що кінці відрізка хвильоводу мають квадратну форму поперечного перетину з поступовим переходом від квадратної до хрестоподібної

форми поперечного перетину в середній частині відрізка, в якій вздовж осі співосно з хвильоводом розташована радіо прозора трубка, початок і кінець якої мають конусоподібну форму, а на квадратних частинах хвильоводу, з обох кінців, розташовано по два магнетрони на взаємно перпендикулярних сторонах квадратного хвильоводу на відстані три чверті довжини хвилі в хвильоводі один від другого і між першим і другим магнетронами, на відстані четвертої частини довжини хвилі в хвильоводі від другого магнетрона, розташована решітка з паралельних тонких провідників, орієнтованих перпендикулярно до стінки хвильоводу, на якій знаходиться другий магнетрон.

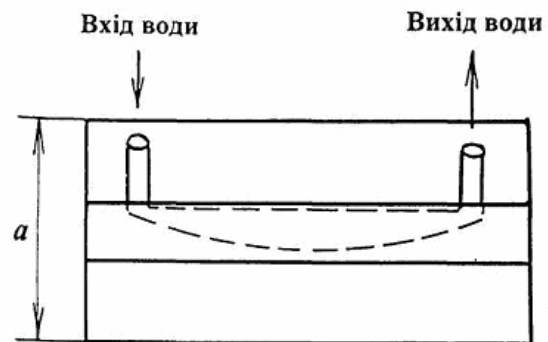
Технологія виготовлення всіх перерахованих вузлів відома, Модель пристрою виготовлена, обміряна і перевірена в експерименті. Працездатність пристрою доведена експериментом.

Література:

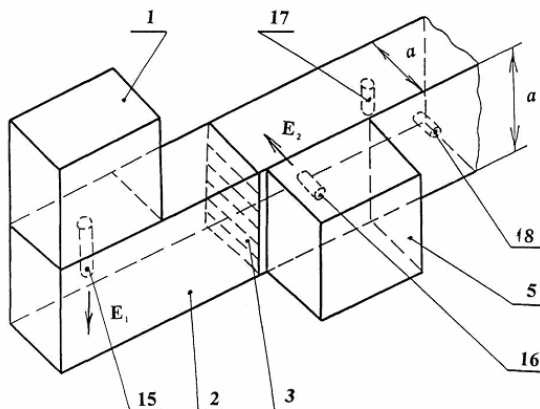
1. Патент РФ №2087084 МПК(6) H05B 6/64
2. Патент SU №2087083 МПК (6) H05B 6/64 "СВЧ нагреватель жидкости".
3. Патент РФ №2101884 МПК (6) H05B 6/64, F24C 7/02/
4. Патент UA №56817 МПК (6) H05B 6/64, HO 1P 1/22, "НВЧ поглотач".
5. Патент UA №25505 МПК (6) H05B 6/64, C02F 1/469. "Мікрохвильовий пристрій знезараження води, рідкого мулу, пастеризації молока та інших рідких речовин."



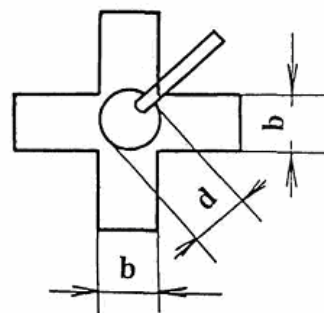
Фіг. 1



Фіг. 3



Фіг. 2



Фіг. 4

