



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **113592** (13) **C2**  
(51) МПК (2016.01)  
**C02F 1/48** (2006.01)  
**A23L 3/32** (2006.01)  
**A23C 3/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

<p>(21) Номер заявки: <b>а 2015 12811</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>24.12.2015</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>10.02.2017</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: <b>25.07.2016, Бюл.№ 14</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.02.2017, Бюл.№ 3</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Бойко Микола Іванович (UA), Макогон Артем Віталійович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків-2, 61002 (UA)</b></p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 19400 C1, 25.12.1997 US 20040084381 A1, 06.05.2004 US 20120103831 A1, 03.05.2012 UA 63001 C2, 15.05.2002 WO 2014058407 A1, 17.04.2014 EP 1741677 A1, 10.01.2007</p>
--	---

## (54) СПОСІБ ОБРОБКИ РІДИН І ТЕКУЧИХ ПРОДУКТІВ

### (57) Реферат:

Винахід належить до способу обробки, що застосовується в харчовій промисловості, виноробстві, при виробництві соків, молока і молочних продуктів і т.д., у фармацевтичній промисловості, сільському господарстві, для підготовки, очищення, мікробіологічного знезараження води та ін.

Запропоновано спосіб обробки рідин і текучих продуктів за допомогою сильних імпульсних електричних полів у проточних робочих камерах. У відповідності до винаходу обробку продуктів ведуть імпульсами в навантаженні у вигляді  $n \geq 2$  електрично паралельно включених проточних робочих камер, через які послідовно протікає оброблюваний продукт, при цьому кожний імпульс у навантаженні має тривалість  $t_i < 5 \times 10^{-8}$  с і тривалість  $t_f$  фронту  $t_f < 5 \times 10^{-9}$  с, яка забезпечена  $n \geq 2$  загострювачами фронту імпульсів, що підключені по одному до кожної робочої камери з одного боку і до виходу генератора високовольтних імпульсів через  $n \geq 2$  передавальних ліній з електричною довжиною  $l_e > 10^{-9}$  с кожна з іншого боку, причому  $t_f \leq 0,2 \times t_i$ , створює в навантаженні поле з амплітудою напруженості  $E_{\text{доп1}} < E \leq E_{\text{доп2}}$ , де  $E_{\text{доп2}}$  - допустима амплітуда напруженості при укороченій тривалості імпульсу  $t_i < 5 \times 10^{-8}$  с, імпеданс  $Z_{\text{п.р.к.}}$  продукту в кожній з робочих камер задовольняє співвідношенням:

$$Z_{\text{п.р.к.}} \leq 0,1 \times Z_{\text{м.к.}},$$

де  $Z_{\text{м.к.}}$  - імпеданс харчового продукту, що протікає між сусідніми робочими камерами,

$$(Z_{\text{п.р.к.}}/n) \geq (Z_{\text{п.л.}}/n) \geq Z_r,$$

де  $Z_{\text{п.л.}}$  - хвильовий опір передавальної лінії,  $Z_r$  - внутрішній імпеданс - хвильовий опір генератора високовольтних імпульсів.

Текучий продукт може протікати паралельно через всі  $n \geq 2$  робочі камери.

UA 113592 C2

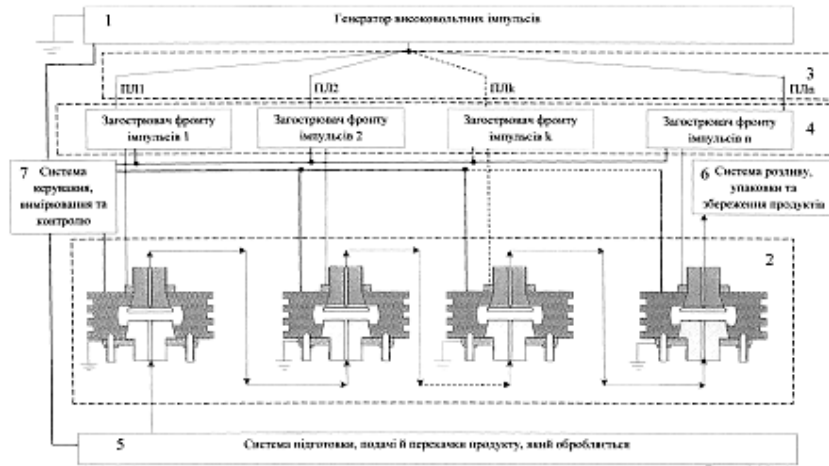


Fig. 1

Винахід належить до способу обробки, що застосовується в харчовій промисловості, виноробстві, при виробництві соків, молока і молочних продуктів і т.д., у фармацевтичній промисловості, сільському господарстві для підготовки, очищення, мікробіологічного знезараження води та ін.

5 Відомий спосіб мікробіологічної інактивації текучих продуктів [1] за допомогою імпульсного електричного поля. Цей спосіб полягає в тому, що використовується наведене імпульсне електричне поле в діелектричній (скляній, фторопластовій) трубці без застосування електродів, в якій протікає оброблюваний продукт, і загострення фронту імпульсів поля до наносекунд за рахунок використання магнітного стиснення оброблюючих імпульсів в часі за допомогою 10 дроселів з кільцевими сердечниками, які одягнуто на вказану ізоляційну трубку з текучим продуктом. Недоліком даного способу є неможливість отримання в ізоляційній трубці з текучим продуктом напруженостей наведеного електричного поля з амплітудою  $E > 10^7$  В/м. Пояснимо це. Напруженість наведеного імпульсного електричного поля направлена вздовж осі ізоляційної 15 трубки з продуктом. Магнітна система з формуючими дроселями, яка надіта на ізоляційну трубку з продуктом, в осьовому напрямку фізично не може мати розмір  $l$  менше 3 см при амплітуді  $E_{p.c.}$  наведеної е.р.с, відповідно до закону електромагнітної індукції (Фарадея), 300 кВ, тобто отримуємо  $E = E_{p.c.}/l \leq 10^7$  В/м. Але головне, що наведена е.р.с. і відповідне їй падіння 20 напруги на ізоляційній трубці прикладається уздовж поверхні розділу середовищ (уздовж поверхні ізоляційної трубки як всередині, так і зовні), де пробивна напруженість (електрична міцність), а, отже, і допустима напруженість, завжди менше, ніж допустима напруженість наскрізь в оброблюваному продукті.

Відомий спосіб обробки рідин і текучих продуктів, що описаний в [2]. Він включає обробку продуктів принаймні в одній робочій камері імпульсним електричним полем з амплітудою напруженості від 5 кВ/см до 200 кВ/см  $= 2 \times 10^7$  В/м і тривалістю імпульсів від 50 нс до 1 мс. 25 Недоліком способу є відсутність зв'язку між амплітудою напруженості імпульсного електричного поля в продукті і його (продукту) електричною міцністю. При зазначеній тривалості імпульсів електрична міцність продуктів може виявитися менше 200 кВ/см. Зі зменшенням тривалості імпульсів електрична міцність діелектричних рідин збільшується [3-5]. Тому слід прагнути до 30  $t_i < 5 \times 10^{-8}$  с. Тривалість  $t_i$  у винаході не ув'язана з тривалістю фронту  $t_f$  імпульсів, яка, у свою чергу, пов'язана з резистивною фазою  $t_k$  часу комутації [6, 7]. Якщо амплітуда напруженості електричного поля в продукті досягне його електричної міцності, то відбудеться електричний пробій в ньому, який зробить продукт непридатним для вживання в їжу через значне (неприпустиме) погіршення його харчової цінності, органолептичних властивостей. Недоліком 35 способу є також відсутність зв'язку між характеристиками джерела імпульсів електричного поля (наприклад, його внутрішнім опором, про який взагалі не згадується) і кількістю робочих камер. Крім того, не вказано як робочі камери з'єднані електрично. Якщо камери з'єднані паралельно, це може призвести до суттєвого зменшення напруги на камерах і, отже, до істотного зниження амплітуд напруженостей в продукті всередині камер. Умови, за яких цього не станеться, не 40 вказані. Якщо камери з'єднані послідовно, то це гарантовано призводить до істотного зниження амплітуди напруженості в кожній робочій камері.

Зазначений у даному способі діапазон тривалості імпульсів від 50 нс до 1 мс містить великі тривалості (від 100 нс до 1 мс), які призводять до збільшення енерговитрат (у тому числі 45 питомих енерговитрат) на обробку рідин і текучих продуктів, а також до появи небажаного процесу електролізу, що знижує біологічну та харчову цінність оброблюваного продукту.

При використанні винаходу в промислових масштабах велику роль відіграє досяжна частота проходження імпульсів від генератора в навантаження у пристрої, що здійснює спосіб [8].

Найбільш близьким, по суті і досягнутим результатам, до запропонованого винаходу є спосіб мікробіологічної знезаражувальної обробки рідин і текучих продуктів, який описано в [9, 50 10]. Спосіб дозволяє вести обробку рідин і текучих продуктів імпульсами електромагнітного поля тривалістю менше  $10^{-7}$  с і амплітудою напруженістю електричного поля більше  $10^7$  В/см. В описі до цього винаходу зазначено, що запропонований у ньому спосіб здійснюється за допомогою пристрою, що містить джерело імпульсів електромагнітного поля, системи 55 полеутворення, яка складається принаймні з однієї робочої камери, системи вимірювання, системи підготовки оброблюваних продуктів, подачі їх в обробну систему полеутворення і післяобробного переміщення, систему розливу, пакування та зберігання оброблених продуктів, систему керування і контролю. Температура  $t_p^\circ$  продукту після обробки перевищує критичну температуру  $t_{kd}^\circ$ , вище якої при проходженні через продукт імпульсів електричного поля з вказаною амплітудою напруженості  $E$  має місце необоротна інактивація мікроорганізмів; при 60 цьому дотримується умова

$$t_{кр}^{\circ} < t_n^{\circ} < t_T^{\circ},$$

де  $t_T^{\circ}$  - температура традиційної пастеризації або теплової стерилізації.

Однак, недоліком цього винаходу є те, що в ньому не вказується як саме електрично повинні бути з'єднані між собою робочі камери і які характеристики повинно мати джерело імпульсів електромагнітного поля, щоб забезпечити подальше збільшення амплітуди напруженості імпульсного електричного поля більше  $10^7$  В/см, яка в будь-якому випадку обмежена зверху пробивною напруженістю оброблюваного продукту. Про пробивну напруженість продукту в описі і формулі винаходу нічого не сказано. Тому виникає хибне враження, що зверху амплітуда напруженості поля нічим не обмежена. Використання більш, ніж однієї робочої камери може призвести як до збільшення, так і до зменшення допустимої амплітуди напруженості імпульсного електричного поля в оброблюваному продукті. Тому потрібно вказати за яких умов використання більш, ніж однієї робочої камери з оброблюваним продуктом призведе до збільшення амплітуди допустимої напруженості імпульсного електричного поля - основного діючого фактора при обробці продуктів комплексом високовольтних імпульсних дій. Цього не тривалості імпульсу імпульсного електричного поля з тривалістю його фронту. При вкороченні тривалості імпульсу  $t_i < 10^{-7}$  с ця тривалість може виявитися рівною або навіть меншою (наприклад, за напіввисотою), ніж тривалість його фронту, що неминуче зменшує амплітуду імпульсів напруженості електричного поля на навантаженні. Зазначені недоліки призводять до недостатнього ступеня обробки продуктів і зменшених термінів їх зберігання.

В основу винаходу поставлена задача істотного збільшення інактивуєчої дії на мікроорганізми в рідинах і текучих продуктах основного діючого фактора - напруженості сильного електричного поля за рахунок збільшення її амплітуди при скороченні імпульсів при електрично паралельному з'єднанні (включенні)  $n \geq 2$  робочих камер. В цьому випадку при потрібному ступені інактивуєчої дії зменшуються питомі енерговитрати на обробку продуктів, збільшуються терміни їх зберігання.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі обробки рідин і текучих продуктів, що включає обробку їх імпульсами електромагнітного поля з тривалістю  $t_i$  кожного імпульсу  $t_i < 10^{-7}$  с і амплітудою напруженості  $E$  електричного поля в текучих продуктах  $10^7$  В/м  $< E \leq E_{доп1}$ , де  $E_{доп1}$  - допустима амплітуда напруженості при даній тривалості імпульсу, при цьому температура  $t_n^{\circ}$  продукту після обробки перевищує критичну температуру  $t_{кр}^{\circ}$ , вище якої при проходженні через продукт імпульсів електричного поля з указаною амплітудою напруженості  $E$  має місце необоротна інактивація мікроорганізмів; при цьому дотримується умова

$$t_{кр}^{\circ} < t_n^{\circ} < t_T^{\circ},$$

де  $t_T^{\circ}$  - температура традиційної пастеризації або теплової стерилізації, відповідно до винаходу обробку продуктів ведуть імпульсами в навантаженні у вигляді  $n \geq 2$  електрично паралельно включених проточних робочих камер, через які послідовно протікає оброблюваний продукт, при цьому кожен імпульс у навантаженні має тривалість  $t_i < 5 \times 10^{-8}$  с і тривалість  $t_{ф}$  фронту  $t_{ф} \leq 5 \times 10^{-9}$  с, забезпечену  $n \geq 2$  загострювачами фронту імпульсів, підключеними по одному до кожної робочої камері з одного боку і до виходу генератора високовольтних імпульсів через  $n \geq 2$  передавальних ліній з електричною довжиною  $l_e \geq 10^{-9}$  с кожна з іншого боку, причому  $t_{ф} \leq 0,2 \times t_i$ , створює в навантаженні поле з амплітудою напруженості  $E_{доп1} < E < E_{доп2}$ , де  $E_{доп2}$  - допустима амплітуда напруженості при укороченій тривалості імпульсу  $t_i < 5 \times 10^{-8}$  с, імпеданс  $Z_{п.д.к.}$  продукту в кожній з робочих камер задовольняє співвідношенням:

$$Z_{п.д.к.} \leq 0,1 \times Z_{м.к.},$$

де  $Z_{м.к.}$  - імпеданс харчового продукту, що протікає між сусідніми робочими камерами,

$$(Z_{п.д.к./n}) \geq (Z_{п.л./n}) \geq Z_r,$$

де  $Z_{п.л.}$  - хвильовий опір передавальної лінії,  $Z_r$  - внутрішній імпеданс - хвильовий опір генератора високовольтних імпульсів.

Текучий продукт може протікати паралельно через усі  $n \geq 2$  робочі камери.

Застосоване електрично паралельне з'єднання  $n \geq 2$  робочих камер дозволяє істотно (у  $n \geq 2$  разів) зменшити тривалість ( $t_i \sim C_r \times Z_{п.д.к./n}$ ,  $t_i < 5 \times 10^{-8}$  с,  $C_r$  - електрична ємність генератора) імпульсів електромагнітного поля в оброблюваних продуктах в камерах і, тим самим, істотно збільшити пробивну напруженість (електричну міцність) оброблюваних продуктів і, отже, допустиму амплітуду напруженості імпульсного електричного поля в оброблюваних продуктах. Зазначеного збільшення допустимої амплітуди напруженості імпульсного електричного поля можна досягти тільки при дотриманні наступних умов:

$$(Z_{п.д.к./n}) \geq (Z_{п.л./n}) \geq Z_r, (1)$$

де імпеданс  $Z_{п.р.к.}$  продукту в кожній з робочих камер,  $Z_{п.л.}$  - хвильовий опір передавальної лінії,  $Z_r$  - внутрішній імпеданс - хвильовий опір генератора високовольтних імпульсів. Якщо умови (1) не будуть дотримані, то матиме місце неприпустиме падіння напруги на хвильових опорах передавальних ліній і генератора (джерела вихідних високовольтних імпульсів), яке призводить до зменшення амплітуди напруженості імпульсного електричного поля у робочих камерах з оброблюваним продуктом. Передавальні лінії з електричною довжиною  $l_e \geq 10^{-9}$  с потрібні для того, щоб здійснити часову розв'язку між моментами спрацьовування загострювачів фронту імпульсів, які підключені по одному до кожної робочої камери, з урахуванням того, що розкид в спрацьовуванні загострювачів не перевищує  $10^{-9}$  с. Загострювачі фронту імпульсів забезпечують вкорочення фронту імпульсів на робочих камерах  $t_{\phi} \leq 5 \times 10^{-9}$  с і дотримання умови  $t_{\phi} \leq 0,2 \times t_i$ , що дозволяє уникнути зменшення амплітуди напруги і величини напруженості імпульсного електричного поля на робочих камерах через близькість значень тривалості імпульсів і їх фронтів.

При послідовному протіканні оброблюваного продукту через  $n$  однакових проточних камер дотримується умова

$$Z_{п.р.к.} \leq 0,1 \times Z_{м.к.} \quad (2)$$

де  $Z_{м.к.}$  - імпеданс харчового продукту, що протікає між сусідніми робочими камерами. Умова (2) забезпечує виділення електричної енергії від генератора саме в робочих камерах, а не між камерами, де напруженість електричного поля в продуктах набагато менше, ніж у робочих камерах, і тому виділення електричної енергії між камерами неефективно.

При послідовному протіканні оброблюваного продукту через  $n$  однакових проточних камер і подачі на них кожного високовольтного імпульсу кожна частка продукту обробляється в  $n$  раз більшою кількістю імпульсів, ніж при протіканні через одну таку камеру, при однаковій енергії, яка виділена у разі  $n \geq 2$  камер у всіх камерах сумарно і у випадку однієї камери. Це має місце тому, що у разі  $n \geq 2$  камер, тривалість кожного імпульсу зменшується (коротшає) в  $n$  раз у порівнянні з однією такою камерою. Крім того, вкорочення імпульсу дозволяє збільшити допустиму напруженість  $E$  імпульсного електричного поля в робочій камері - основний діючий фактор для мікробіологічної знезаражувальної обробки харчових продуктів. Тому запропонований винахід дозволяє істотно збільшити ступінь мікробіологічного знезараження продуктів при зменшенні питомих енерговитрат на обробку.

При паралельному протіканні продукту через  $n \geq 2$  камер тривалість імпульсів, як і у випадку послідовного протікання, зменшується в  $n \geq 2$  разів. Однак, кожна частка продукту обробляється тільки в одній камері. При цьому продуктивність при обробці продукту зростає в  $n \geq 2$  разів, а кількість енергії, що вводиться в кожен частку продукту, зменшується в  $n \geq 2$  раз за інших рівних умов в порівнянні з варіантом послідовного протікання продукту через  $n \geq 2$  робочих камер.

Виконання навантаження (системи полеутворення) у вигляді однієї робочої камери з імпедансом, рівним імпедансу  $Z_{п.р.к.}/n$  електрично включених паралельно  $n \geq 2$  робочих камер з імпедансом  $Z_{п.р.к.}$  кожна має той принциповий недолік, що поперечні розміри такої камери неприпустимо великі, в експлуатації вона незручна, вихід її з ладу означає вихід з ладу всього навантаження, заміну всього навантаження. Крім того, при протіканні продукту між робочими камерами можлива його додаткова обробка іншими способами, наприклад, за допомогою випромінювання від іскрових розрядів у загострювачах фронту імпульсів або за допомогою ультрафіолетового опромінення. Ще одним недоліком використання однієї (еквівалентної) робочої камери з імпедансом  $Z_{п.р.к.}/n$  є збільшений час  $\tau_k$  комутації розрядника в загострювачі фронту імпульсів, а, отже, і збільшена тривалість  $t_{\phi}$  фронту імпульсів на робочій камері, в порівнянні з варіантом з електрично включеними паралельно  $n \geq 2$  робочими камерами з імпедансом  $Z_{п.р.к.}$  кожної камери. Дійсно, згідно з емпіричною формулою Джона Кристофера Мартіна [6, 7]:

$$\tau_k = 8,8 \times 10^{-8} \times z^{-1/3} \times E^{-4/3} \times (\rho/\rho_0)^{1/2}, \text{ с,}$$

де  $E$  напруженість електричного поля, МВ/м;  $z$  - опір розрядного контуру, Ом;  $\rho/\rho_0$  - відношення початкової густини газу в розрядному проміжку комутатора (розрядника) до густини повітря при нормальних умовах.

З цієї формули випливає, якщо використовувати одну еквівалентну робочу камеру з імпедансом  $Z_{п.р.к.}/n$  і  $n=8$  робочих камер з імпедансом  $Z_{п.р.к.}$  кожна, то час комутації, і, отже, тривалість  $t_{\phi}$  фронту у разі використання  $n=8$  робочих камер буде приблизно в  $8^{1/3}=2$  рази коротше при основному внеску в опір розрядного контуру опору робочих камер.

В імпульсній енергетиці та електроніці, в прискорювальній техніці, фізиці діелектриків використовуються сильні імпульсні електричні поля з амплітудою  $E=10^7-10^9$  В/м [3-5]. У винаході, що пропонується, на відміну від відомих способів використання сильних імпульсних

електромагнітних полів, імпульси тривалістю  $t_i < 5 \times 10^{-8}$  с при тривалості фронту імпульсів  $t_{\phi} \leq 5 \times 10^{-9}$  с, причому  $t_{\phi} \leq 0,2 \times t_i$ , з амплітудою напруженості  $10^7$  В/м  $< E_{\text{доп1}} < E \leq E_{\text{доп2}}$  вперше використовуються для збільшення ступеня інактивації мікроорганізмів при обробці рідких і текучих продуктів, збільшення термінів їх зберігання при збереженні високої вихідної харчової та біологічної цінності без збільшення питомих енерговитрат на обробку. За даними [3, с. 143-144] електрична міцність дистильованої води (багато продуктів є водовмісними) в сантиметровому проміжку в однорідному електричному полі при тривалості  $t_i$  імпульсів  $t_i = 10^{-8}$  с становить  $2 \times 10^8$  В/м = 200 кВ/мм. Це означає, що  $E_{\text{доп2}}$  може становити за величиною  $10$  В/м  $\leq E_{\text{доп2}} < 2 \times 10^8$  В/м, що істотно перевершує відомі величини допустимих напруженостей при обробці рідин і текучих продуктів сильними імпульсними електричними полями. При напруженості  $E = 10^8$  В/м напруга на оброблюваному продукті в робочій камері з сантиметровим зазором складає  $10^6$  В = 1 МВ, для забезпечення якої (напруги) потрібний генератор мегавольтних імпульсів. Там же [3, с. 143-144] вказується, що при тривалості імпульсу в декілька наносекунд електрична міцність навіть технічно чистих рідин перевершує  $1$  МВ/см =  $10^8$  В/м.

Слід зазначити, що імпульсне магнітне поле, яке є супутнім до вказаного імпульсного електричного поля, чинить додаткову благотворну омагнічуючу дію на мікрочастинки оброблюваної рідини, текучого продукту.

Заявнику (авторам) невідомі приклади використання імпульсів електромагнітного поля для знезаражуючої, знешкоджуючої від мікроорганізмів обробки рідин і текучих продуктів в  $n \geq 2$  робочих камерах при укороченій тривалості імпульсів  $t_i \leq 5 \times 10^{-8}$  с і тривалості фронту імпульсів  $t_{\phi} \leq 5 \times 10^{-9}$  с, причому  $t_{\phi} \leq 0,2 \times t_i$ , з амплітудою напруженості електричного поля, яка обмежена зверху тільки пробивною напруженістю (електричною міцністю) самих продуктів при цій (укороченій) тривалості імпульсів з крутим фронтом.

На фіг. 1 представлена схема пристрою для здійснення способу в разі послідовного протікання продукту через робочі камери; а на фіг. 2 представлена схема пристрою для здійснення способу в разі паралельного протікання продукту через робочі камери; на фіг. 3 - варіант виконання робочої камери;  $n$  таких робочих камер з оброблюваним продуктом утворюють навантаження генератора високовольтних імпульсів, у якому виділяється електрична енергія імпульсів, переходячи в теплову енергію.

Здійснення способу проводиться за допомогою пристрою, що містить генератор високовольтних імпульсів 1, навантаження 2 у вигляді  $n \geq 2$  електрично паралельно включених проточних робочих камер, систему 3 з  $n \geq 2$  передавальними довгими лініями, що передають енергію від генератора 1, систему 4, що складається з  $n \geq 2$  загострювачів фронту імпульсів, які (загострювачі) комутують енергію від генератора 1, яка проходить через систему 3 передавальних ліній, і синхронно спрацьовують, систему 5 підготовки, подачі і перекачування оброблюваного продукту, систему 6 розливу, пакування та зберігання обробленого продукту, систему 7 управління, вимірювання та контролю. Генератор 1 має низький внутрішній опір (одиниці Ом і менше). Енергопровід генератора може являти собою довгу лінію з низьким хвильовим опором (одиниці Ом і менше).

Навантаження 2 генератора 1 містить  $n \geq 2$  робочих камер. Камера являє собою осесиметричну конструкцію і містить два електроди з отворами для протікання рідин і текучих продуктів: низьковольтний електрод 8 і високовольтний електрод 9, що закріплені в ізоляційному корпусі 10 з робочим об'ємом 11. Високовольтний електрод 9 виконаний з різьбою і закріплений в корпусі 10 за допомогою гайки 12 і шайби 13. Обидва електроди 9 і 8 вставляються в корпус 10 через отвір для низьковольтного електрода 8: спочатку електрод 9, а потім - електрод 8. Низьковольтний електрод 8 закріплений в корпусі 10 за допомогою притискної пластини 14 з отворами, шпильок 15, які вкручено в глухі різьбові отвори в корпусі 10, і гайок 16. Шпильки 15 можуть бути виконані як ізоляційними, так і металевими. Стрілками вказано напрямки протікання оброблюваної рідини, текучого продукту через робочу камеру.

Спосіб здійснюється наступним чином.

Оброблювана рідина, текучий продукт поміщається в систему 5 підготовки, подачі і перекачування продукту. Потім включається система 7 управління, контролю та вимірювання, яка запускає в роботу систему 5, в якій забезпечується підготовка продукту до обробки його імпульсами сильного електричного поля, в тому числі, можливий попередній підігрів до температури нижче критичної  $t_{\text{кд}}^{\circ}$  різними способами. Після цього система 7 управління, контролю та вимірювання здійснює подачу оброблюваного продукту в робочі камери навантаження 2 генератора 1, який разом з системою 3 передавальних ліній і системою 4 загострення фронту імпульсів система 7 включає синхронно з подачею продукту в робочі камери для чистової обробки сильним імпульсним електричним полем з амплітудою

напруженості  $10^7 \text{ В/м} < E_{\text{доп1}} < E \leq E_{\text{доп2}}$ . Енергія імпульсів від генератора 1 виділяється в робочих камерах навантаження 2 генератора 1. В результаті цього температура  $t_n^{\circ}$  продукту після обробки в робочих камерах перевищує критичну температуру  $t_{\text{кр}}^{\circ}$  (не залежно від того, послідовно або паралельно протікає продукт через  $n \geq 2$  робочі камери), що забезпечує при  
 5 спільній дії з вказаною напруженістю імпульсного електричного поля необоротну інактивацію мікроорганізмів. При цьому дотримується умова  $t_{\text{кр}}^{\circ} < t_n^{\circ} < t_{\text{т}}^{\circ}$  за рахунок контролю температури в робочих камерах системою 7. Після обробки продукту в робочих камерах за допомогою системи 5 він перекачується в систему 6 розливу, пакування та зберігання продуктів в асептичних умовах.

10 При послідовному проходженні оброблюваного продукту через робочі камери продукт при виході з останньої  $n$ -ї камери має температуру  $t_{\text{кр}}^{\circ} < t_n^{\circ} < t_{\text{т}}^{\circ}$ . Послідовне з'єднання робочих камер може здійснюватися цілим рядом варіантів, основний з яких наведено на фіг. 1. При паралельному проходженні оброблюваного продукту через робочі камери продукт при виході з кожної робочої камери має температуру  $t_{\text{кр}}^{\circ} < t_n^{\circ} < t_{\text{т}}^{\circ}$ .

15 Частота проходження (повторення) високовольтних імпульсів від генератора, якими ведеться обробка продуктів, може варіюватися від одиночних імпульсів до 10000 імпульсів в секунду в залежності від необхідної продуктивності при обробці. При частотах проходження порядку 1000 імпульсів в секунду ( $\text{с}^{-1}$ ) і більш високих як комутатори в загострювачах фронту імпульсів замість іскрових розрядників, які допускають частоту проходження імпульсів не більше  
 20  $1000 \text{ с}^{-1}$ , слід використовувати потужні високовольтні напівпровідникові ключі, наприклад, SOS-діоди (SOS-Semiconducting Opening Switches - напівпровідникові комутатори, що розмикають), збірки з біполярних транзисторів з ізольованим затвором (Insulated Gate Bipolar Transistors-IGBT), польові транзистори [3, 8]. При використанні напівпровідникових ключів, що розмикають, схема загострювачів фронту імпульсу зміниться в порівнянні з варіантом, при якому як комутатори використовуються іскрові розрядники, які є комутаторами, що замикають.

25 Здійснення запропонованого способу дозволяє істотно збільшити інактивуючу дію на мікроорганізми через посилення незворотного пороутворення в мембранах клітин мікроорганізмів і посилення незворотного впливу на внутрішньоклітинний вміст - ДНК, РНК, органели і цитоплазму. Крім того, істотно посилюються поляризаційні процеси в мікроорганізмах, які містяться всередині оброблюваних продуктів, при збільшенні амплітуди напруженості діючого імпульсного електричного поля з укороченою довжиною  $t_f < 5 \times 10^{-8} \text{ с}$  з крутим фронтом  $t_{\text{ф}} < 5 \times 10^{-9} \text{ с}$ . Посилені поляризаційні процеси також приводять до збільшення ступеня інактивації мікроорганізмів і зменшення питомих енерговитрат на їх інактивацію, лізис.

30 Запропонований спосіб є енергозберігаючим і може використовуватися в різних галузях промисловості, у тому числі харчовій промисловості, при виробництві соків, вин, напоїв, обробці та переробці молока, при виробництві молочних продуктів, у фармакології і т.д.

Джерела інформації:

1. Патент США US6746613, кл. А23L 3/32, опубл. 06.05.2004.
- 40 2. Патент на винахід CA2755858A1, кл. А23L 3/32, опубл. 14.10.2012.
3. Месяц Г.А. Импульсная энергетика и электроника / Г.А. Месяц. - М.: Наука, 2004, 704 с.
4. Желтов К.А. Пикосекундные сильноточные электронные ускорители. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 120 с.
5. Орешкин П.Т. Физика полупроводников и диэлектриков. Учеб. пособие для специальности  
 45 "Полупроводники и диэлектрики" вузов. М.: Высшая школа, 1977. - 448 с.
6. Ковальчук Б.М., Кремнев В.В., Поталицын Ю.Ф. Сильноточные наносекундные коммутаторы. - Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1979. - 175 с.
7. Кремнев В.В., Месяц Г.А. Методы умножения и трансформации импульсов в сильноточной электронике. - Новосибирск: Наука, 1987. - 226 с.
- 50 8. Москатов Е.А. Электронная техника. Начало. - 3-е изд., перераб. и доп. - Таганрог, 204 с., ил.
9. Патент України № 19400, кл. C02F 1/48, опубл. 25.12.1997.
10. Патент РФ № 2085508, кл. C02F 1/48, опубл. 27.07.1997.

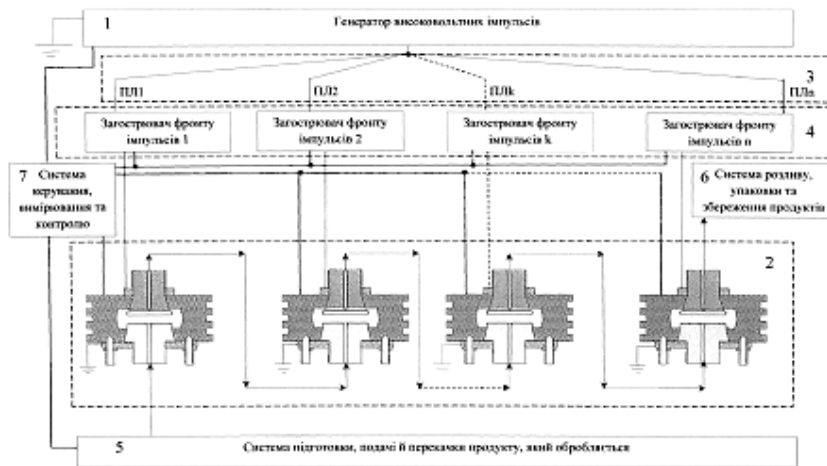
#### 55 ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб обробки рідин і текучих продуктів, що включає обробку їх імпульсами електромагнітного поля з тривалістю  $t_i$  кожного імпульсу  $t_i < 10^{-7} \text{ с}$  і амплітудою напруженості  $E$  електричного поля в текучих продуктах  $10^7 \text{ В/м} < E < E_{\text{доп1}}$ , де  $E_{\text{доп1}}$  - допустима амплітуда напруженості при даній тривалості імпульсу, при цьому температура  $t_n^{\circ}$  продукту після обробки  
 60

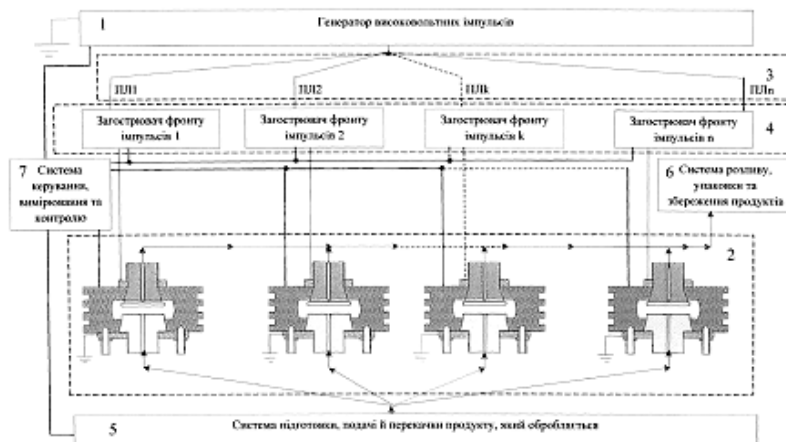
перевищує критичну температуру  $t_{кр}^{\circ}$ , вище якої при проходженні через продукт імпульсів електричного поля з вказаною амплітудою напруженості  $E$  має місце необоротна інактивація мікроорганізмів; при цьому дотримується умова

$$t_{кр}^{\circ} < t_{п}^{\circ} < t_{т}^{\circ},$$

- 5 де  $t_{т}^{\circ}$  - температура традиційної пастеризації чи теплової стерилізації, який **відрізняється** тим, що обробку продуктів ведуть імпульсами в навантаженні у вигляді  $n \geq 2$  електрично паралельно включених проточних робочих камер, через які послідовно протікає оброблюваний продукт, при цьому кожний імпульс у навантаженні має тривалість  $t_i < 5 \times 10^{-8}$  с і тривалість  $t_{ф}$  фронту  $t_{ф} < 5 \times 10^{-9}$  с, яка забезпечена  $n \geq 2$  загострювачами фронту імпульсів, що підключені по одному до кожної
- 10 робочої камери з одного боку і до виходу генератора високовольтних імпульсів через  $n \geq 2$  передавальних ліній з електричною довжиною  $l_e > 10^9$  с кожна з іншого боку, причому  $t_{ф} \leq 0,2 \times t_i$ , створює в навантаженні поле з амплітудою напруженості  $E_{доп1} < E \leq E_{доп2}$ , де  $E_{доп2}$  - допустима амплітуда напруженості при укороченій тривалості імпульсу  $t_i < 5 \times 10^{-8}$  с, імпеданс  $Z_{п.р.к.}$  продукту в кожній з робочих камер задовольняє співвідношенням:
- 15  $Z_{п.р.к.} \leq 0,1 \times Z_{м.к.}$ ,  
 де  $Z_{м.к.}$  - імпеданс харчового продукту, що протікає між сусідніми робочими камерами,  
 $(Z_{п.р.к.}/n) \geq (Z_{п.л.}/n) \geq Z_{г.}$ ,  
 де  $Z_{п.л.}$  - хвильовий опір передавальної лінії,  $Z_{г.}$  - внутрішній імпеданс - хвильовий опір генератора високовольтних імпульсів.
- 20 2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що текучий продукт протікає паралельно через всі  $n \geq 2$  робочі камери.

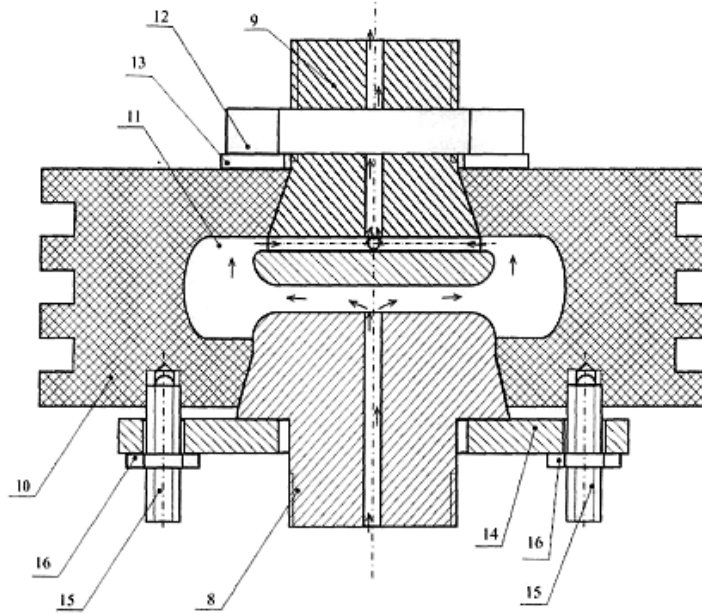


Фіг. 1



Фіг. 2





Фиг. 3

---

Комп'ютерна верстка О. Гергіль

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601