

УДК 637.141.3

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПАСТЕРИЗАЦІЇ МОЛОКА В УСТАНОВЦІ З ГІДРОДИНАМІЧНИМ НАГРІВАЧЕМ

В.Б. Сєнік, інж.

Одеський державний аграрний університет

В основу пастеризатора молока покладено гідродинамічний нагрівач – пристрій, який перетворює енергію турбулентного затопленого струменя рідини в теплову енергію (нагрівання молока), який забезпечує знищення бактерій і вірусів всіх форм, одночасно здійснює кавітаційну обробку молока для підвищення харчової цінності молока.

Ключові слова: гідродинамічний нагрівач, кавітатор, молоко, бульбашки, турбулентність.

Вступ. Термін “кавітація” і “бульбашки кавітацій” ми дуже часто використовували [3,7]. Але до цих пір не змогли розібратися, що ж таке кавітація і яка її роль в гідродинамічному випромінювачі. Кавітація (від латинського слова cavitas – порожнеча) – це порушення сплошності усередині рідини, тобто утворення в ній порожнин, заповнених парою, газом або їх сумішшю (так званих бульбашок кавітацій). Вони виникають в результаті місцевого пониження тиску в рідині нижче за критичне значення, яке приблизно рівному тиску насиченої пари цієї рідини при даній температурі. Коли пониження тиску відбувається унаслідок місцевого підвищення швидкості в потоці рідини, то такий вид кавітації називають гідродинамічною.

Проблема. Згідно існуючим уявленням, більшість бульбашок кавітацій майже відразу після їх виникнення стрімко руйнуються під впливом тиску навколишнього середовища. При цьому в них в кінці руйнування на короткий час розвиваються дуже високий тиск парогазової суміші, що заповнює бульбашку. А коли бульбашка прилягає до твердої поверхні, то в ній при руйнуванні виникає мікроскопічний кумулятивний струмінь з рідини, що руйнує матеріал цієї поверхні [3,6,7,8]. Коли ж бульбашка утворюється в ультразвуковому полі при акустичній кавітації далеко від твердої поверхні, то він може існувати досить довго, періодично стискаючись і розширюючись, найчастіше з частотою цих ультразвукових коливань.

Аналіз останніх досліджень. Гідродинамічний нагрівач працює під тиском рідини (в даному випадку молоко), яке створюється насосною станцією [1]. Насосна станція складається з насосу, що серійно випускають підприємства України, електродвигуна, контрольно-вимірювальної арматури. Вона вмонтована в конструкцію пастеризатора у вигляді блокової модульної системи, може бути уніфікованою. На рис. 1 представлена схема пропонованої гідродинамічної установки для дослідження процесу пастеризації молока, яка

має: ємність для молока та води; крани; термометр; манометр; гідродинамічного нагрівача; насоса; охолоджувача; об'ємного лічильника молока; молочного насоса. Гідродинамічна установка пастеризатора молока працює в двох режимах: накопичення молока в ємність установки, та пастеризації молока [4,9,10]. У режимі накопичення молока в ємність 14 установка працює таким чином. При включенні приводного електродвигуна починає обертатися насос 19 і всмоктує молоко із зовнішнього джерела в магістраль до відкритого крана 2 і потрапляє у всмоктуючу магістраль насоса 19, при цьому крани 17, 3 повинні бути відкритими. Краном 2 регулюємо режим наповнення молока до заданого рівня ємності 14 установки. Робочий тиск контролюємо манометром 5.

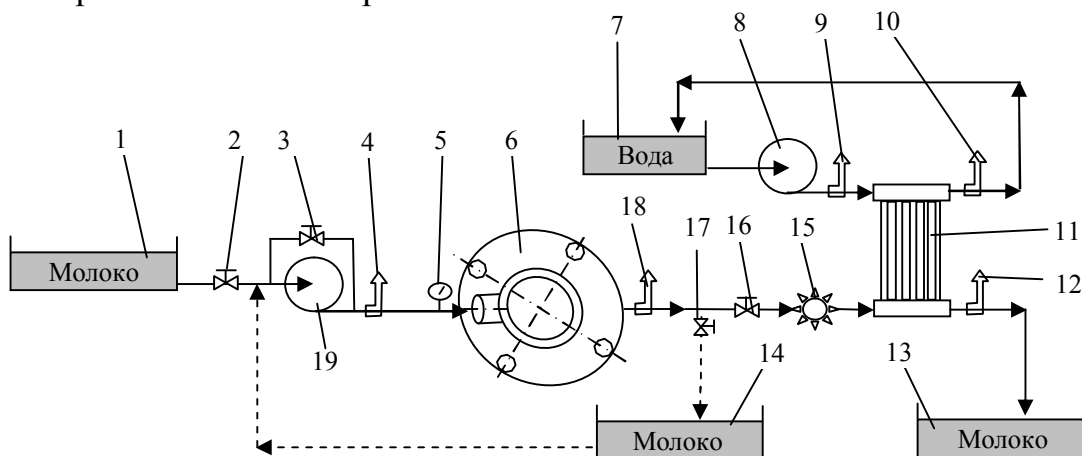


Рис. 1. Схема гідродинамічної установки для дослідження процесу пастеризації молока

1,13,14 – ємність для молока; 2,3,16,17 – крани; 4,9,10,12,18 – термометри; 5 – манометр; 6 – гідродинамічний нагрівач; 7 – ємність для води; 8 – насос; 11 – охолоджувач; 15 – об'ємний лічильник молока; 19 – молочний насос.

Другий, режим пастеризації працює при включенні приводного електродвигуна починає обертатися насос 19 і всмоктує молоко з ємності 14 по магістралі і потрапляє у всмоктуючу магістраль насоса 19, при цьому крани 2, 16 повинні бути закритими, а кран – 17 – відкритим. Краном 3 регулюємо попередній робочий тиск нагнітаючої магістралі, яке можна проконтролювати манометром 5. Молоко під тиском проходить по нагнітаючій магістралі і потрапляє в ГД нагрівач 6, де проходить нагрів молока. Коли молоко пройшовши по магістралі через ГД нагрівач потрапляє в ємність де глушиться сіткою. Таким чином цей режим виконуємо кілька разів для нагріву молока до певної температури, яку вимірюємо термометром 18. Використана установка для пастеризації молока забезпечує ефективність спрощення технології нагріву молока, зниження витрат енергії у декілька разів, зменшення металоконструкції і збільшення продуктивності устаткування, а також дозволяє повисити якість пастеризованого молока в умовах міні-цехів у фермерських господарствах.

Кавітація здійснюється в ГД нагрівачі в зоні *a* рис. 2. Розмір цієї зони

залежить від режиму роботи ГД нагрівача, який відноситься до групи гідродинамічних випромінювачів.

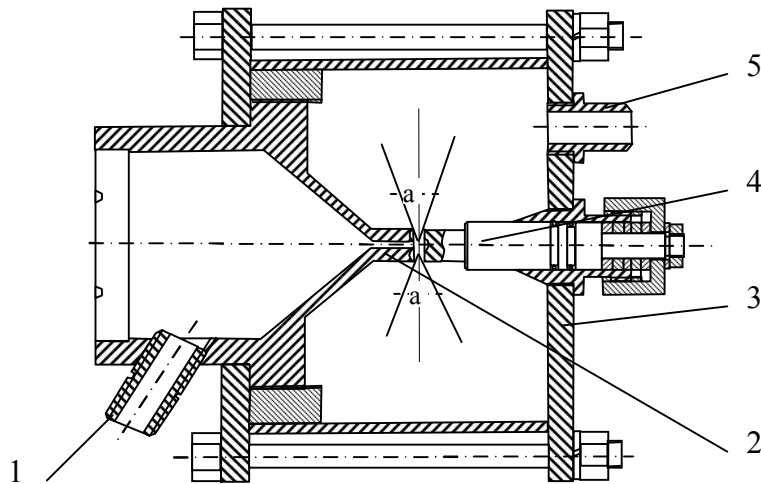


Рис. 2. Схема ГД нагрівача молока

1,5 – штуцери вводу та виводу молока; 2 – сопло; 3 – корпус; 4 – відбивач; а – зона кавітації

Найбільш доцільним є механізм гідродинамічного нагрівача за рахунок пульсації області кавітації, яка утворюється між соплом і відбивачем. Основні елементи такого випромінювача це конусно-циліндричне сопло, відбивач і резонансна коливальна система, розташованих уздовж утворюючих пазами. Відбиваючі поверхні можуть бути опуклими, плоскими і увігнутими. Краще в енергетичному відношенні є увігнутий відбивач у вигляді лунки, що забезпечує утворення області кавітації, вміст якої з певною частотою викидається із зони сопло - відбивач. При певних геометричних розмірах сопла і відбивача спостерігається періодичне різке хлопання в цій вихровій області, що породжує інтенсивну турбулізацію навколишнього середовища з супутнім імпульсами тиску. Частковий спектр виникаючих турбулентних пульсацій швидкості належить від середньої швидкості перебігу рідини в циліндровому каналі сопла, а також від відстані між торцем сопла і відбивачем. До теперішнього часу рівень вивчення отримань емульсій і процес кавітації не достатній для вирішення таких задач з належною точністю. Задача ще ускладнюється тим, що процес кавітації залежить від фізичних і хімічних параметрів початкового продукту (молока), які можуть змінюватись в широких межах. Не спрощує задачу і той факт, що енергія, яка потрібна для проведення цих процесів витрачається не тільки на розвиток між фазної поверхні, а і на подолання внутрішнього тертя і приведення рідини в рух. У зоні виходу рідини з сопла утворюється процес нагріву, що поєднує в собі кавітацію, яка приєднана у вигляді локалізованого вихору, і кавітацію, що рухається у вигляді парогазових пухирців. Причому, яка з них переважатиме, залежить від режиму течії і зовнішніх умов. При цьому у приєднаному вихору поверхня має мало

амплітудні високочастотні збурення. Парогазові бульбашки кавітації зносяться вниз по потоку рідини і в зоні підвищеного тиску руйнуються. В одному з механізмів закриття кавітаційних бульбашок відбувається з утворенням струменів рідини. Якщо така бульбашка знаходиться на межі розділяючої рідини, то частина однієї рідини, у вигляді струменя, що розпадається на бульбашки, проникає в іншу і тоді діаметр бульбашок буде змінюватись.

Діаметр і швидкість струменя залежить від розмірів парогазових бульбашок, що утворились в рідині. Розміри цих бульбашок можуть мінятися в широких межах, залежно від режиму перебігу рідини, проте, на їх максимальні граничні розміри можна впливати тим же режимом перебігу рідини і зовнішнім статистичним тиском. При створенні певних умов можна одержати бульбашки дисперсної фази майже одного розміру. В роботі акустичного інституту було встановлено, що бульбашки стають більшими, якщо діаметр отвору сопла і в'язкість збільшується. Це підтверджує той факт, що турбулентність і її масштаб впливає на розміри бульбашок, що виходять. Оскільки, з практичної точки зору нас не цікавить закінчення перших порцій молока в робочій установці при її включенні (що звичайно складає декілька секунд в порівнянні з декількома годинами її безперервної роботи), і виходячи з симетрії потоку рідини, розглядатися будуть тільки стаціонарні умови, тобто приймається, що усереднені характеристики процесу кавітації в зоні вільного руху залежить тільки від відстані до відбивача ГД нагрівача і не залежить від часу. Тоді розглядатимемо процес кавітації в рухомій системі координат, швидкість якої в кожній точці потоку рівна усередненій швидкості потоку відносно нерухомого середовища. Конструкція гідродинамічного нагрівача повинна забезпечувати співвісність сопла і відбивача не менше 0,2 мм, при регулюванні зазору, оптимальний зазор 2...3 мм і вільний вихід струменя в порожнину до стінок робочої камери.

Висновки. Гідродинамічна установка забезпечує не лише підвищення поживної цінності молока, але й забезпечує його стерилізацію.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пат. на корисну модель №21860. Україна, МПК (2006) А23С 3/00. Гідродинамічна установка кавітаційного пастеризатора молока /Топілін Г.Є., Сенік В.Б. Опубл. 10.04.2007; Бюл.№4
2. Резник Н.Е. Процесс воздействия звуковых и ультразвуковых колебаний в жидкости на микробиологические объекты / Н.Е. Резник // Теоретические и экспериментальные исследования аппаратов для обработки молока на фермах. - М., 1969. Вып. 59 - С. 91-119.
3. Сенік В.Б. Процес кавітації в теплогенераторі //Вісник аграрної науки Причорномор'я – 2007. – Вип. 2(41). С. 203-205.
4. Теоретические и экспериментальные исследования аппаратов для обработки молока на фермах. Сб. статей. - М.: ВИСХОМ, 1969. - 164 с.

5. Тихий В.А. Использование в сельскохозяйственном производстве аэродинамических теплогенераторов /В.А. Тихий, А.А. Буланцов // Механизация в животноводстве. - № 4. - 1988. - 27 с.
6. Фридман В.М. Ультразвуковая технологическая аппаратура. Зиз., М., 1976.
7. Эпштейн Л.А. Возникновение и развитие кавитации / Л.А. Эпштейн // Труды ЦАГИ, 1948. - № 655. - С. 41-118.
8. Эльпинер И.Е. Ультразвук. Физико-химическое и биологическое действие. М., 1963 .
9. Юсиров Ф.М. Совершенствование технологии и средств первичной обработки молока на доильно-молочной линии при привязном содержании коров в условиях Азербайджанской республики: дис. ... канд. техн. наук. - Гянджа, 1991. - 160 с.
10. Юсиров Ф.М. Результаты исследования охлаждения пастеризованного молока / Ф.М. Юсиров // Интенсификация агропромышленного производства на современном этапе. Тез. докл. IУ республик. конф. молодых ученых: II часть. - Баку, 1988. - С. 71.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПАСТЕРИЗАЦИИ МОЛОКА В УСТАНОВКЕ С ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ НАГРЕВАТЕЛЕМ

В.Б. Сенник

Резюме

Ключевые слова: гидродинамический нагреватель, кавитатор, молоко, пузырьки, турбулентность.

В основу пастеризатора молока положен гидродинамический нагреватель – устройство, которое превращает энергию турбулентной затопленной струи жидкости в тепловую энергию (нагревание молока), который обеспечивает уничтожения бактерий и вирусов всех форм, одновременно осуществляет кавитационную обработку молока для повышения пищевой ценности молока.

AN ANALYSIS OF PROCESS OF PASTEURIZATION OF MILK IS IN SETTING WITH HYDRODYNAMIC HEATER

V.B. Senik

Keywords: hydrodynamic heater, cavitator, milk, bubbles, turbulence.

Summury

A hydrodynamic heater – device which converts energy of the turbulent flooded stream of liquid into thermal energy (heating of milk) is fixed in basis of pasteurizer of milk, which provides complete displacement of bacteria and viruses of all of forms, simultaneously carries out cavitators treatment of milk for the increase of food value of milk.