

# CAVITATION REGIMES IN THE HEAT PUMP SYSTEM

A.O. Chahayda

National University of Food Technologies

---

## Key words:

gas-liquid environment,  
energy,  
environment,  
vapor phase,  
the machine-cavitator,  
power potential,  
the activation medium.

## Article history:

Received 12.03.2014  
Received in revised  
form 21.06.2014  
Accepted 28.09.2014

## Corresponding author:

tmipt\_xp@ukr.net

---

## ABSTRACT

The article deals with cases of cavitation regimes processing environments in heat pump system. The example of the technological apparatus with liquid phase in which the dispersed gas phase generated by the proposed scheme, the device cavitator that is able to change the pressure in the serial reduction and its future growth. These incremental physical phenomenon of cavitation, accompanied and thermodynamic processes in a closed circulation circuit protection device for heat treatment without primary pair, and the possibility of using devices, cavitator.

Implementation of the proposed system processing environments possible at different absolute pressures in the system. This means that they may be lower than atmospheric and much more. What matters is the depth of occurrence of unbalanced thermodynamic state and the ability to handle both thermally labile environments and those undergoing transformation at elevated temperatures.

---

# КАВІТАЦІЙНІ РЕЖИМИ В СИСТЕМАХ З ТЕПЛОВИМИ НАСОСАМИ

A.O. Чагайда, канд. техн. наук, доцент

Національний університет харчових технологій

*В статті розглянуто випадки організації кавітаційних режимів обробки середовищ в системах з тепловим насосом. На прикладі технологічного апарата з рідинною фазою, в якій генерується диспергована газова фаза запропонована схема апарата-кавітатора, що має можливість здійснювати зміну тиску в режимах послідовного його зменшення та подальшого зростання. Наведені поетапні фізичні явища кавітації, що супроводжуються і термодинамічними процесами у замкнутому циркуляційному контурі середовища апарата за теп-лової обробки без участі первинної пари, та можливості застосування апаратів-кавітаторів.*

**Ключові слова:** газорідинне середовище, енергія середовища, парова фаза, апарат-кавітатор, енергетичний потенціал, активація середовища.

**Вступ.** Кавітаційні явища стосуються парорідинних або газорідинних систем і є наслідком змінних тисків в них. Їх виникнення і перебіг пов'язуються з енергетичними трансформаціями.

**Мета та методика досліджень.** Газорідинне середовище (з твердою фазою в тому числі) за рахунок накопиченого теплового потенціалу вводиться в режим адіабатного кипіння. починається перехідний процес утворення диспергової перової фази, об'єм середовища збільшується, зростає його потенціальна енергія. За деякий час  $\tau_{(к)}$  утворюється маса пари  $m_n$ , одна частина якої виходить за межі середовища, а друга — в режимі динаміки знаходиться в ньому. Тоді кількість енергії середовища, витраченої на генерування парової фази буде дорівнювати:

$$E_{r.n.} = m_n r, \quad (1)$$

а температура його знизиться на величину  $\Delta t$  за умови припинення подавання первинної пари:

$$\Delta t = \frac{E_{r.n.}}{m_{сер.с}}, \quad (2)$$

де  $c$  — теплоємність середовища.

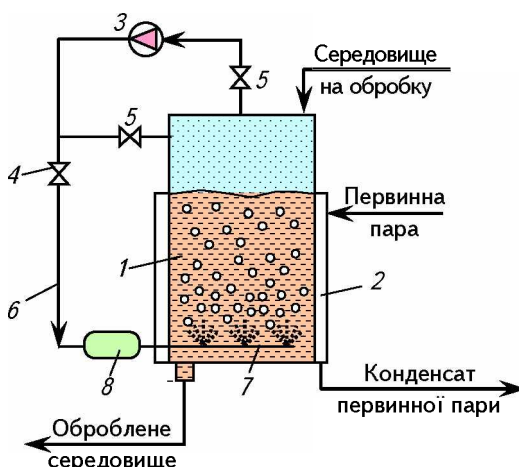
Остання залежність записана без врахування зміни маси середовища  $m_{сер.}$ , а уточнена залежність прийме форму:

$$\Delta t = \frac{E_{r.n.}}{(m_{сер.} - m_n) c}. \quad (3)$$

Таким чином, на деякий момент часу  $\tau_{(к)}$  маємо дві складові парової фази. Розглянемо два випадки в організації кавітаційних режимів обробки середовищ. Нехай у першому до числа завдань технологічного процесу обробки середовищ не входить випарювання рідинної фази. Це означає можливість повернення матеріального потоку і енергетичного потенціалу тієї частини вторинної пари, яка вийшла за межі середовища.

Однак таке повернення потребує її термодинамічної трансформації для створення рушійних параметрів у взаємодії з середовищем. На рис. 1 наведено схему, що відповідає цьому випадку.

На ній зображено технологічний апарат з рідинною фазою, в якій генерується диспергована газова фаза. Принцип роботи апарата-кавітатора ґрунтується на відомому фізичному явищі колапсу диспергованої в рідинній фазі парової фази. Виникнення останньої є наслідком змін тиску в локальних зонах рідинних середовищ або в таких же локальних потоках. Частіше явище кавітації і колапсу супроводжує обтікання потоками рідинної фази твердих тіл з наслідками мікроруйнувань останніх.



**Рис. 1. Схема апарата-кавітатора:**

- 1 — технологічний апарат; 2 — парова сорочка; 3 — компресор вторинної пари;  
 4, 5 — запірно-регулювальна арматура; 6 — трубопроводи вторинної пари;  
 7 — барботажний розподільник вторинної пари; 8 — ресивер

Таким чином, першопричиною названих явищ є змінні тиски. В локальних зонах зі знизеними тисками утворюються бульбашки диспергованої газопарової фази, а потрапляння останньої в зони підвищених тисків означає порушення умов термодинамічної рівноваги

парової і рідинної фаз. Перехід до нового стану рівноваги в системі «парова і рідинна фази» відбувається в режимі колапсу парової фази з усіма відомими наслідками.

До числа останніх відносяться локальні кумулятивні потоки і ударні хвилі трансформації теплової енергії у суто механічні і гідродинамічні впливи з турбулентними режимами приблизно 140000—280000 Re. Наслідком останніх є поглиблене руйнування структур рослинного походження для активації технологічних процесів.

В запропонованій схемі апарата-кавітатора заплановано здійснення змін тиску в режимах їх послідовного зменшення з наступним зростанням.

Якщо за номінальних значень термодинамічних параметрів обробки середовищ має місце термодинамічна рівновага, то різке зниження тиску в паровій фазі приводить до початку адіабатного утворення диспергованої парової фази. При цьому важливо, що це стосується всього об'єму середовища. таким чином виконується перша складова явища кавітації — утворення парової диспергованої фази в рідинному середовищі. Ефективність і швидкоплинність перехідного процесу утворення парової фази залежать від швидкості падіння тиску в паровій фазі і, очевидно, від фізико-хімічних властивостей середовища. Динаміка зниження тиску визначається компресором 3 вторинної пари, який відсмоктує її з парового об'єму апарата і стискає до рівня, який перевищує номінальний. При цьому спрямування стиснутої пари здійснюється в двох етапах. На першому засувка 5 закрита (рис. 3.23), засувка 4 — відкрита і пара трубопроводом 6 повертається в барботажний розподільник 7 і в середовище.

На другому етапі одночасно закривається засувка 4 і відкривається засувка 5 і стиснута вторинна пара подається в паровий простір апарата. Оскільки останній має обмежений об'єм порівняно з загальним об'ємом апарата-кавітатора, то швидкість зростання тиску є високою і досягнення ним номінального значення супроводжується повним колапсом диспергованої парової фази. Окрім відомих фізичних явищ кавітація супроводжується і термодинамічними явищами, температура середовища підвищується на 5—7 °С за рахунок у тому числі і конденсації вторинної диспергованої пари.

Замкнений циркуляційний контур, в який входять середовище апарата, його паровий простір, компресор, трубопроводи, арматура і барботажний розподільник, поповнюється енергією стискання вторинної пари, хоча головна частина перетвореного енергетичного потенціалу стосується фазових переходів пароутворення і конденсації.

Таким чином, енергетичний потенціал, який має бути задіяним для реалізації кавітаційної обробки середовищ, стосується роботи компресора. Ресивер 8 вторинної пари використовується для регулювання співвідношень часу першого і другого етапів та частоти здійснення кавітаційних імпульсів. Окрім того частота спрацювань визначається частотою пусків компресора.

**Результати досліджень.** За наведених умов існування замкнутого енергетичного циркуляційного контуру подальша тепла обробка здійснюється без участі первинної пари, яка лише в обмеженій кількості використовується для компенсації втрат в навколишнє середовище. Відмічені механічні трансформації середовищ, пов'язані з утворенням і колапсом парової фази не приводять до втрат теплового енергетичного потенціалу, оскільки всі механічні впливи завершуються дисипативними явищами і поповненням теплової енергії системи.

Позитивні наслідки активації середовищ і процесів в них, які є наслідком кавітаційних явищ, доповнюються пульсаціями в парорідинних системах за рахунок змінних тисків.

Загальну оцінку потужності впливу кавітаційних явищ на рідинне середовище можливо визначити через потенціал диспергованої парової фази. Якщо її масовий потік через середовище становить величину  $m'_n$  (кг/с), то потужність його з врахуванням теплоти пароутворення

$$N = m'_n r.$$

Разом з тим масовий потік диспергованої парової фази залежить від глибини введення середовища у незрівноважений стан. Останнє означає зростання масового потоку диспергованої парової фази у зв'язку зі збільшенням різниці тисків початкового і зниженого в системі завдяки роботі компресора.

**Висновки.** 1. Реалізація запропонованої системи обробки середовищ можлива за різних абсолютних тисків в системі. Це означає, що вони можуть бути нижчими порівняно з

атмосферним або помітно більшими. Значення має глибина входження системи в незрівноважений термодинамічний стан і можливість обробки як термолабільних середовищ, так і тих, що проходять трансформації за підвищених температур.

2. Можливим застосуванням апаратів-кавитаторів могли б бути заторні апарати пивоварної галузі, системи приготування замісів спиртової галузі, екстракційні системи різного призначення, системи для одержання розчинів і сушіння речовин тощо.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Шиян П.Л. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика. / П.Л. Шиян, В.В. Сосницький, С.Т. Олійнічук. — К.: Видавничий дім «Асканія», 2009. — 424 с.
2. Бродянский В. Эксергетический метод и его приложения. / В. Бродянский, В. Франтишек, К. Михалек. — М.: Энергоиздат, 1988. — 288 с.
3. Соколенко А.І. Інтенсифікація тепло-масообмінних процесів в харчових технологіях. / А.І. Соколенко, А.А. Мазаракі, О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний, В.О. Сукманов. — К.: Феникс. 2011. — 536 с.

## КАВИТАЦИОННЫЕ РЕЖИМЫ В СИСТЕМАХ С ТЕПЛОВЫМИ НАСОСАМИ

**А.О. Чагайда**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье рассмотрены случаи организации кавитационных режимов обработки сред в системах с тепловыми насосами. На примере технологического аппарата с жидкой фазой, в которой генерируется диспергованая газовая фаза предложена схема аппарата-кавитатора, который имеет возможность совершать изменение давления в режимах последовательного его уменьшения и дальнейшего увеличения. Приведены поэтапные физические явления кавитации, которые сопровождаются и термодинамическими процессами в замкнутом циркуляционном контуре среды аппарата во время тепловой обработки без участия первичной пары, а также возможности применения аппаратов-кавитаторов.*

**Ключові слова:** газожидкостная среда, энергия среды, паровая фаза, аппарат-кавитатор, энергетический потенциал, активация среды.