

Интенсификация процесса сушки гидратационных осадков должна проводиться в двух основных направлениях: повышение качества готовой продукции и увеличение единичной мощности аппарата. На интенсивность процесса сушки влияет температура греющей поверхности, избыточное давление в аппарате, вязкость, плотность и температура нагрева продукта. Перед сушкой температура гидратационного осадка должна составлять примерно 358...363 К, что способствует интенсивному испарению влаги в первой зоне сушки аппарата. Это может привести к сокращению длины аппарата, что позволяет снизить металлоемкость аппарата.

На основании вышеизложенных способов получения высококачественных фосфатидных концентратов можно констатировать, что перед сушкой наиболее целесообразно проводить нагрев продукта для интенсификации процесса сушки.

Разработанная конструкция аппарата позволяет интенсифицировать процесс сушки и получить качественные фосфатидные концентраты. Данный метод основан на применении предварительного нагрева продукта с последующей его сушкой в новом горизонтальном коническом роторно-пленочном сушильном аппарате с поверхностью нагрева 2,5 м². Методика испытания и аппаратура для его осуществления разработаны на основе результатов лабораторных экспериментальных исследований.

Технологическая схема процесса сушки фосфатидных концентратов состоит из саморазгружающегося сепаратора; секторного шестеренчатого насоса для откачки влажных фосфатидных концентратов; камеры нагрева; нового горизонтального конического роторно-пленочного аппарата с поверхностью теплообмена 2,5 м²; емкостей для сбора и слива готового высушенного фосфатидного концентрата и весов.

Анализ современных технологий и техник производства фосфатидных концентратов растительных масел, сопоставление различных методов предварительной обработки сырья перед сушкой показали преимущество и перспективность применения метода предварительного нагрева продукта.

В процессе исследования теоретически и экспериментально обоснован способ подготовки фосфатидных концентратов подсолнечных масел к сушке; установлены оптимальные режимы и закономерности процесса сушки фосфатидных концентратов подсолнечных масел; разработаны математические описания процесса сушки фосфатидных концентратов подсолнечных масел. Предложены расчетные зависимости для определения скорости и длительности процесса сушки; разработана новая технологическая схема реализации процесса нагрева и сушки фосфатидных концентратов с улучшенными качественными показателями с применением новой прогрессивной конструкции конических роторно-пленочных аппаратов непрерывного действия для выпаривания жидкостей и сушки вязких, термолабильных фосфатидных концентратов растительных масел.

Выявлено определяющее влияние начальной обработки сырья на интенсификацию процесса сушки и улучшение качества готового продукта. Обоснованы рациональные параметры предварительного нагрева фосфатидных концентратов растительных масел.

Установлено, что интенсификация процесса сушки сырья предложенным способом в коническом роторно-пленочном аппарате сокращает энергозатраты на 10-15 %, сохраняя качественные показатели готового продукта.

УДК 66.084.8

УЛЬТРАЗВУКОВИЙ КАВІТАЦІЙНИЙ ЕКСТРАКТОР ДЛЯ РІДИННО-ДИСПЕРСНИХ СЕРЕДОВИЩ

Луговський О.Ф., д.т.н., професор

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ

Берник І.М., здобувач

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця

Розглянуто принципово нову конструкцію ультразвукового кавітаційного екстрактора проточно-го типу для обробки технологічного рідинно-дисперсного середовища у тонкому шарі.

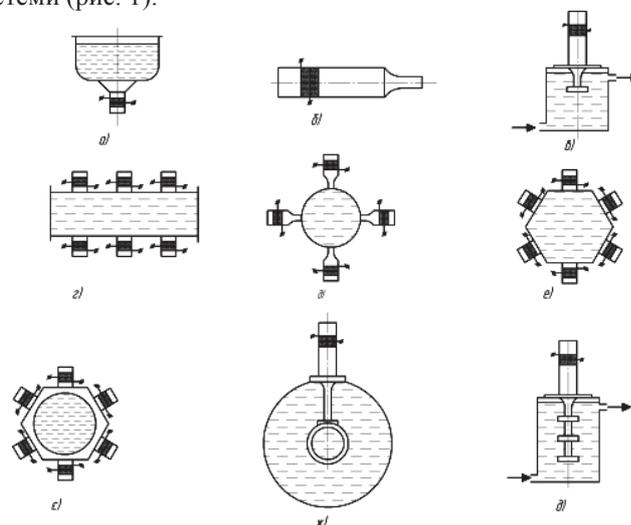
Considered radically new design of ultrasonic cavitation flow-type extractor for processing technology liquid dispersion medium in a thin layer.

Ключові слова: ультразвукова обробка, екстрактор, рідинно-дисперсне середовище, кавітація, пектин

Ультразвукова обробка унікальна та ефективна, широко використовується для реалізації більшості технологічних процесів хімічної та харчової промисловості. Аналогічних ефектів не можливо досягти

при використанні інших способів та їх поєднань. Необхідні результати можливо отримати при створенні та підтриманні у середовищі, що обробляється, режиму розвиненої кавітації. При цьому інтенсивність ультразвуку справляє основний вплив на ефективність технологічних процесів та якість отриманих продуктів.

Основним фактором досягнення інтенсифікації технологічних процесів при використанні ультразвукових коливань є явище ультразвукової кавітації. Акустичні хвилі інтенсивністю вище $2-5 \text{ Вт/см}^2$ здатні розривати хімічні зв'язки. Оскільки вплив ультразвукової кавітації відбувається на рівні хімічних реакцій виділено особливий клас технологічного обладнання, що отримав назву – ультразвукові хімічні реактори [1, 2]. Принципові схеми лабораторних хімічних реакторів відрізняються інтенсивністю обробки середовища та проточністю системи (рис. 1).



а – кавітаційна ванна з малоамплітудним приводом-випромінювачем на донній поверхні; б – високоамплітудний привід-випромінювач; в – проточна кавітаційна камера з високоамплітудним приводом-випромінювачем; г, д – проточна циліндрична кавітаційна камера з приводами-випромінювачами на зовнішній твірній поверхні; е – багатогранна фокусуюча кавітаційна камера з плоскими поверхнями; є – багатогранна фокусуюча кавітаційна камера з циліндричною або сферичною внутрішньою поверхнею; ж – проточна циліндрична кавітаційна камера з високоамплітудним приводом і кільцевою поверхнею випромінювання; з – проточна кавітаційна камера з високоамплітудним приводом та розвинутою поверхнею випромінювання

Рис. 1 – Приклади схемних рішень ультразвукових кавітаційних апаратів

Існуючі ультразвукові апарати через низку причин не можуть бути з максимальною ефективністю використані у технологічному процесі кавітаційної обробки рідинно-дисперсної суміші рослинного походження. Перш за все, вони призначені для обробки в об'ємі технологічних рідин з незначними поглинальними, щодо ультразвуку, властивостями. А також не можуть обробляти технологічні рідини в режимі розвиненої кавітації в проточному шарі, що необхідно в разі обробки технологічних рідин з суттєвими поглинальними властивостями.

Реалізувати обробку таких середовищ та підвищити продуктивність процесу можливо лише за умови реалізації проточної схеми обробки у тонкому шарі і відсутності місць, де б могла накопичуватися та застоюватися дисперсна фракція суміші. Збільшити об'єми одночасно оброблюваної рідини можливо за рахунок використання узгодженої роботи декількох ультразвукових коливальних систем, що працюють на одну кавітаційну камеру, але при цьому треба вирішувати питання взаємного впливу коливальних систем.

Таким чином, ультразвукові кавітаційні апарати для обробки рідинно-дисперсних середовищ у промислових умовах повинні відповідати низці вимог, зокрема:

- безперервний потік середовища;
- відсутність застійних зон;
- рівномірна обробка всього об'єму в режимі розвиненої кавітації;
- висока об'ємна щільність ультразвукової енергії за рахунок її концентрації при оптимальному значенні інтенсивності;
- забезпечення високої продуктивності процесу.

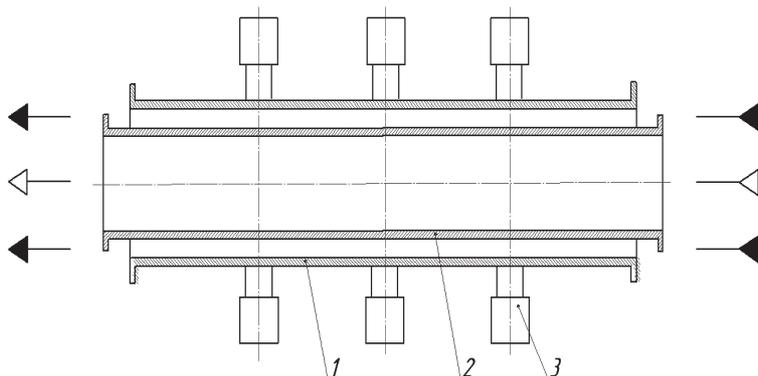
Для підвищення інтенсивності обробки рідинно-дисперсних середовищ було розроблено конструкцію ультразвукового кавітаційного екстрактора [3].

До складу ультразвукового кавітаційного екстрактора (УЗКЕ) входять:
проточна кавітаційна ультразвукова резонансна камера;
ультраузвуковий генератор електричних коливань.

Технічні вимоги

- Частота коливань п'єзоелектричного перетворювача, кГц.....22;
- Амплітуда коливань робочої частоти пристрою, мкм5–20;
- Інтенсивність звуку, Вт/см²5–30;
- Автоматичне підтримання робочої резонансної частоти перетворювача;
- Напруга живлення ультразвукового генератора збудження, В...220;

Пристрій складається з циліндричної проточної камери у вигляді кавітаційно та корозійно стійкої труби, всередині якої каосіально встановлена додаткова труба, Радіальний зазор між якими дорівнює половині довжини хвилі деформації в рідині, що перекачується (рис. 2).



1 – труба; 2 – додаткова труба;
3 – ультразвукові випромінювачі

Рис. 2 – Схема пристрою для ультразвукової кавітаційної обробки рідинних середовищ у тонкому шарі в потоці

Уздовж труби розміщується декілька секцій з ультразвуковими випромінювачами, що дає можливість забезпечити необхідну потужність кавітатора. При встановленні декількох груп ультразвукових випромінювачів необхідно враховувати довжину хвилі пружних радіально-згинальних коливань. Труба має на торцях фланці, за допомогою яких апарат встановлюється в технологічну магістраль.

Обробка та транспортування технологічної суміші передбачено проводити під тиском крізь зазор між двома каосіально розміщеними товстостінними трубами. Ультразвукові випромінювачі, що розміщені вздовж зовнішньої труби та збуджуються від генератора, дозволяють

забезпечити необхідну потужність кавітатора. Система керування дозволяє регулювати інтенсивність випромінювання в межах 5–30 Вт/см².

Підведення акустичної енергії до зовнішньої труби здійснюється за допомогою ультразвукових випромінювачів, які щільно притискаються до її зовнішньої твірної поверхні. У такому випадку не порушується герметичність труби та досягається легкість в обслуговуванні і ремонті кавітаційного апарата. Ультразвукові випромінювачі розміщені в пучностях згинальної хвилі деформації.

В основі ультразвукового резонансного привода-випромінювача лежить напівхвильовий п'єзоелектричний перетворювач Ланжевена. Застосування в якості збуджувача ультразвукових коливань п'єзоелектричної кераміки доречно завдяки тому, що сучасний склад кераміки забезпечує їй майже в 2,5 рази більший ККД у порівнянні з магнітострикційними перетворювачами.

Напівхвильовий перетворювач (рис. 3), складається з послідовно механічно з'єднаних випромінюючої накладки, п'єзокерамічного пакета та демпфуючої накладки, призначеної для узгодження (зниження) частоти.

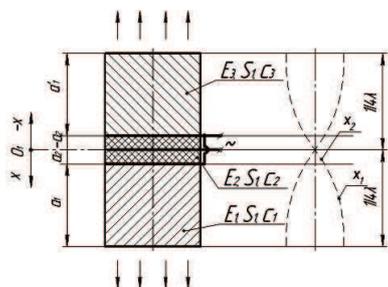


Рис. 3 – Схема напівхвильового складеного п'єзоелектричного перетворювача

Необхідне значення резонансної частоти коливань п'єзоелектричного перетворювача досягається вибором акустичних розмірів та властивостей матеріалу демфера та трансформатора швидкості.

Розрахунок резонансної частоти зовнішньої труби розраховували із залежності [4]:

$$f = \frac{1}{2\pi} \frac{c_3}{r_{сер}} \sqrt{1+i^2},$$

де i – кількість радіально-згинних хвиль у пере-

різі труби; $r_{сер}$ – середній радіус труби.

При збудженні резонансних приводів, розміщених в пучностях згідно із схемою (рис. 4), слід враховувати фазність підключення приводів до електричного генератора коливань. Рівень акустичної енергії визначається інтенсивністю ультразвукових коливань, розмірів випромінювачів та проточної камери.

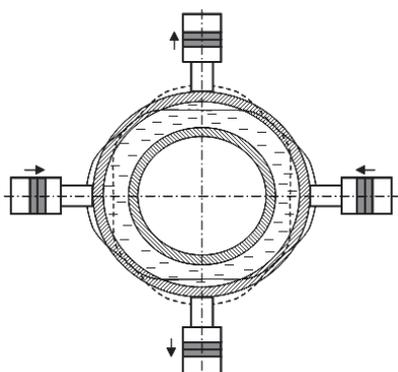


Рис. 4 – Схема розташування резонансних приводів по перерізу труби з урахуванням фазності їх підключення

інтенсивності за рахунок використання більшої кількості ультразвукових перетворювачів, які можуть бути розміщені по периметру технологічного об'єму та вздовж його осі, а також забезпечує можливість тривалого знаходження середовища в зоні ультразвукової кавітації.

Практичне використання

Експериментальні дослідження процесу диспергування-екстрагування в ультразвуковому полі [5], по-перше, підтвердило доцільність застосування ультразвукової кавітації в процесі вилучення пектину з рослинної сировини, а по-друге, дозволило встановити особливості розповсюдження ультразвукових хвиль в технологічній суміші рослинного походження. Дослідження показало, що у випадку застосування технологічної суміші, утвореної розчином яблучних вичавок у воді з концентрацією 15...30%, завдяки поглинальним та розсіювальним властивостям суміші ефективність процесу зберігається на відстані до 30 мм від вібруючої поверхні ультразвукового привода-випромінювача при інтенсивності ультразвукової хвилі в межах 2...10 Вт/см².

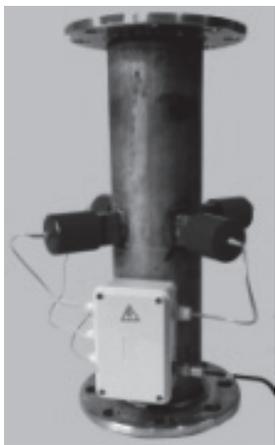


Рис. 5 – УЗКЕ для диспергування-екстрагування пектину з рослинної сировини

Ультразвуковий кавітаційний екстрактор працює наступним чином.

Підготовлене технологічне середовище надходить у простір між зовнішнім 1 та внутрішнім 2 циліндрами. Подача височастотної напруги спричиняє збудження механічних коливань у випромінювачах 3, які передають енергію ультразвукових коливань трубі 1. В останній збуджуються резонансні радіально-згинальні та поздовжньо-згинальні коливання, які спричиняють виникнення в об'ємі рідини між стінками проточної камери та поверхнею випромінювача рівномірно розвиненої кавітації необхідної інтенсивності. Прокачування суміші під тиском дозволяє підвищити інтенсивність кавітаційної обробки.

Запропонований УЗКЕ є складною резонансною коливальною системою, в якій водночас присутні радіально-згинні та поздовжньо-згинні коливання оболонки. Використання запропонованої схеми дозволяє вводити в об'єм коливання високої

інтенсивності за рахунок використання більшої кількості ультразвукових перетворювачів, які можуть бути розміщені по периметру технологічного об'єму та вздовж його осі, а також забезпечує можливість тривалого знаходження середовища в зоні ультразвукової кавітації.

Ультразвуковий кавітаційний екстрактор для вилучення пектину з рослинної сировини був змонтований та випробуваний на ТОВ "Продсервіс-ІР" та ВАТ "ВІННІФРУТ" (рис. 5).

Висновки

1. Існуючі схеми ультразвукового кавітаційного обладнання не забезпечують надійної та ефективної реалізації обробки рідинно-дисперсних середовищ, що пов'язано з особливостями вибору форми кавітаційної камери, з обмеженістю області розповсюдження коливань та нерівномірністю у технологічному об'ємі.

Запропоновано схему УЗКЕ для кавітаційної обробки технологічної суміші в шарі під підвищеним

тиском. Пристрій забезпечує високу ефективність кавітаційної обробки за рахунок збудження в циліндричній трубі кавітаційної камери резонансних радіально-згинальних та поздовжньо-згинальних коливань.

Завдяки викладеним конструктивним рішенням створено УЗКЕ для пектинового виробництва, що забезпечує рівномірну обробку всього об'єму рідини в тонкому шарі з розвиненою кавітацією та високим рівнем інтенсивності ультразвуку.

Література

1. Horst C. Design of ultrasound reactors for technical scale organometallic and electrochemical synthesis / C. Horst, A. Lindermeir, U. Hoffman // TU Hamburg-Harburg Reports on Sanitary Engineering 35. – 2002.
2. Design of Ultrasound Reactors: Choice of Working Conditions and Sound Fields for Precipitation, Particle Fragmentation and Organometal Reactions, Christian Horst, Yuh Shuh Chen, Jost Kruger, Ulrich Kunz, Andreas Rosenplinter and Ulrich Hoffmann, Plenary Lecture.
3. Патент 47865 Україна МПК С 02F 1/36, А 61 L 2/02 та С 02F 1/48 / Пристрій для ультразвукової кавітаційної обробки рідинних середовищ у тонкому шарі в потоці / О.Ф. Луговський, А.В. Мовчанюк, І.М. Берник; заявник та власник патенту Вінницький держ. аграрний ун-т – №200909432; заявл. 14.09.2009; опубл. 25.02.2010, Бюл. № 4/2010.
4. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле / С. П. Тимошенко, Д. Х. Янг, У Уивер / Пер. с англ. Л.Г Корнейчука / Под ред. Э.И.Григолоука.- М.: Машиностроение, 1985.- 424 с.
5. Берник І. М. Дослідження параметрів ультразвукового поля в технологічному процесі кавітаційного гідролізу-екстракції пектину / І. М. Берник, О. Ф. Луговський, А. В. Мовчанюк, А. В. Ляшок // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія машинобудування. – 2009. – №57. – С. 82–87.