

цьому залежність від інтенсивності і частоти ультразвукового впливу включена в вираз, описує вірогідність зіткнень частинок.

Отримано залежності ефективності осадження від частоти і амплітуди ультразвуку.

За допомогою асимптотичного аналізу отримані вирази для оптимальної частоти акустичного впливу.

Показано, що зі зменшенням розмірів частинок оптимальна частота впливу (з точки зору коагуляції частинок) збільшується.

### Список використаних джерел

1. Волощук, В.М. Кинетическая теория коагуляции [Текст] / В.М. Волощук. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 284 с.
2. Хмелев, В.Н. Комплексное исследование акустической коагуляции мелкодисперсного аэрозоля [Текст] / А.В Шалунов, Р.Н. Голых, К.В. Шалунова // Ползуновский вестник. – 2010. – № 3. – С. 303–309.
3. Балабеков, О.С. Очистка газов в химической промышленности. Процессы и аппараты [Текст] / О.С. Балабеков, Л.Ш. Балтабаев. - М.: Химия, 1991. - 256 с.
4. Кудряшова, О.Б. Физико-математическая модель коагуляции субмикронных аэрозолей с учетом испарения и осаждения при ультразвуковом воздействии [Текст] / А.А. Антонникова, С.С. Титов // Теплофизика и аэромеханика. – 2013. – Т. 20, № 3. – С. 389-392.
5. Розенберг, Л.Д. Физические основы ультразвуковой технологии [Текст] / Л.Д. Розенберг. – М.: Наука, 1970. – 689 с.
6. Бабков, В.С. Анализ математических моделей распространения примесей от точечных источников [Текст] / В.С. Бабков, Т.Ю. Ткаченко // Наукові праці ДонНТУ. – 2011. – Вип. 13(185). – С. 147 – 155.

*Стаття надійшла до редакції 01.04.2016 р.*

УДК 544.733.422

**В.С. Козьяков**, к.т.н., доц., **М.В. Лугових**, студ. (НТУУ «КПІ»)

### ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ КОАГУЛЯЦІЇ АЕРОЗОЛІВ В ПРОМИСЛОВОСТІ

---

**V. Koziakov, M. Lugovykh** (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

### PRACTICAL APPLICATION ULTRASOUND COAGULATION AEROSOL INDUSTRY

---

*Розглянуто варіант практичного застосування ультразвукової (УЗ) коагуляції для очищення промислових газів, застосування якого може стати ефективним способом підвищення ефективності роботи газоочисного устаткування (циклони різних конструкцій, осаджувальні камери, пилові мішки), оскільки дозволяє в рази збільшувати розміри аерозольних часток, що безпосередньо впливає на ступінь їх уловлювання. Отримані результати говорять про високу ефективність УЗ коагуляції аерозолів і про можливість її промислового застосування для очищення газів, що відходять або уловлювання корисних речовин з газової фази.*

**Ключові слова:** коагуляція аерозолу; ультразвукова дія; ефективність ультразвукової коагуляції; швидкість повітряного потоку; звуковий тиск.

*Рассмотрен вариант практического применения УЗ коагуляции для очистки промышленных газов, применение которого может стать эффективным способом повышения эффективности работы газоочистного оборудования (циклоны различных конструкций, осадительные камеры, пыльные мешки), поскольку позволяет в разы увеличивать размеры аэрозольных частиц, непосредственно влияет на степень их улавливания.*

*Полученные результаты говорят о высокой эффективности УЗ коагуляции аэрозолей и о возможности ее промышленного применения для очистки отходящих газов или улавливания полезных веществ из газовой фазы.*

**Ключевые слова:** коагуляция аэрозоля; ультразвуковое воздействие; эффективность ультразвуковой коагуляции; скорость воздушного потока; звуковое давление.

*The variant of practical application of ultrasonic coagulation for treatment of industrial gases, the use of which can be an effective way of improving the efficiency of gas-cleaning equipment (cyclones of various designs, precipitation camera, dust bags) because it allows several times to increase the size of aerosol particles directly affects the degree of capture.*

*The obtained results show the high efficiency of ultrasonic coagulation of aerosols and the possibility of its use for treating industrial waste gases or capture nutrients from the gas phase.*

**Keywords:** aerosol coagulation; ultrasonic action; effectiveness of ultrasonic coagulation; air velocity; sound pressure.

**Вступ.** Атмосферне повітря безперервно піддається забрудненню. Повітря виробничих приміщень забруднюється викидами технологічним устаткування або при проведенні технологічних процесів без локалізації відведених речовин. Вентиляційне повітря, що видаляється з приміщення може стати причиною забруднення атмосферного повітря промислових майданчиків і населених місць. Якість повітря виробничих приміщень, його вплив на організм людини, а також, у багатьох випадках, вплив на устаткування в значній мірі обумовлені вмістом в ньому зважених часток, головним чином, пилу. Присутність пилу безпосереднім чином позначається на здоров'ї людини, що знаходиться в приміщенні. У зв'язку з щорічним зростанням рівня професійної захворюваності працівників шкідливих галузей, де присутні аерозольні забруднення, особливої актуальності набуває охорона їх здоров'я і створення безпечних умов праці. Звідси виникає необхідність проведення досліджень по створенню методу ефективною нейтралізації шкідливих викидів, зокрема, осадження аерозолів.

В даний час для нейтралізації промислових аерозолів використовуються різноманітні пристрої (наприклад, циклони, фільтри, пиловловлювачі, осаджувальні камери). Однак вони володіють значними недоліками: складність пристрою; неможливість уловлювання дрібнодисперсних аерозолів; неможливість використання в агресивних і вибухонебезпечних газах; необхідність очищення або заміни фільтруючого елемента, що призводить до значного обмеження сфери застосування подібних засобів для очищення газових середовищ [1].

Можливим рішенням зазначеної проблеми є укрупнення і подальше осадження частинок під дією автономних акустичних джерел (ультразвукових).

Запропонований спосіб осадження (вплив ультразвуку) має ряд істотних переваг в порівнянні з традиційними методами уловлювання та осадження промислових аерозолів: простота конструкції; компактність в розміщенні; застосовність до агресивних і вибухонебезпечних газів; можливість роботи при високому тиску і температурах.

Таким чином, великий практичний інтерес представляє додаткове введення дрібнодисперсного аерозолу з характерним розміром частинок близько 1-5 мкм.

**Мета роботи** – розглянути варіанти практичного застосування ультразвукової коагуляції (УЗК) для очищення промислових газів, застосування яких може стати ефективним способом підвищення ефективності роботи газоочисного устаткування (циклони різних конструкцій, осаджувальні камери, пилові мішки), оскільки дозволяє в рази збільшувати розміри аерозольних часток, що безпосередньо впливає на ступінь їх уловлювання.

**Результати дослідження.** Одним з варіантів можливого використання ультразвукового устаткування є монтаж випромінювача в існуючі системи пиловловлювання (наприклад, в конструкцію циклона, сепаратора та ін). Введення в конструкцію джерела ультразвукових коливань дозволить підвищити ефективність процесу уловлювання аерозолів за рахунок ультразвукової коагуляції.

Запропоновані чотири ультразвукові коливальні системи та їх технічні характеристики. Фотографії та технічні характеристики використовуваних систем наведені на рис. 1 і в табл. 1 відповідно [2].

При проведенні розрахунків початкову концентрацію аерозолів візьмемо  $20 \text{ г/м}^3$ . Тоді ефективність УЗК буде розраховуватися за формулою:

$$\eta = \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right) \cdot 100\% \quad (1)$$

де  $\eta$  – ефективність УЗК, %;  $n_1$  – концентрація аерозолу на початку дослідження,  $\text{г/м}^3$ ;  $n_2$  – концентрація аерозолу в кінці дослідження,  $\text{г/м}^3$  [3].

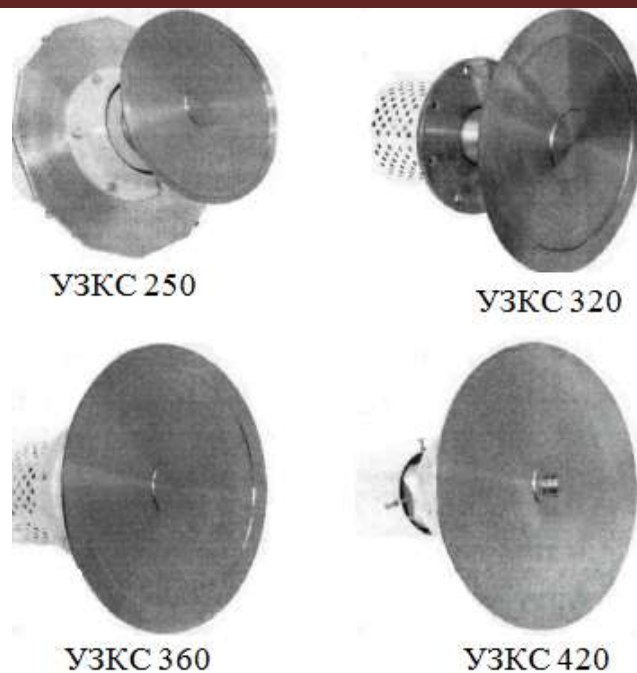


Рис.1. Фотографії ультразвукових випромінювачів

Таблиця 1

## Технічні характеристики ультразвукових апаратів

Найменування параметру	УЗКС 250	УЗКС 320	УЗКС 360	УЗКС 420
Діаметр випромінювача дискового типу, мм	250	320	360	420
Максимальна споживана потужність, Вт	200	350	450	600
Діапазон регулювання потужності, %	10-100	10-100	10-100	10-100
Габаритні розміри, мм;	270x290x120	270x290x120	270x290x120	270x290x120
Маса, кг	4	5	5	5
Рівень звукового тиску, дБ	140	144	146	150
Частота механічних коливань, кГц	21±0,5	32,1-0,5	25±0,5	27±0,5

Результати розрахунку з дослідження ефективності газоочистки при ультразвуковому впливі і без нього представлені на рис. 2.

Отримані результати говорять про високу ефективність УЗК аерозолів і про можливість її промислового застосування для очищення відхідних газів або уловлювання корисних речовин з газового середовища при наявності повітряних потоків, наприклад, в газоходах і осаджувальних камерах [4].

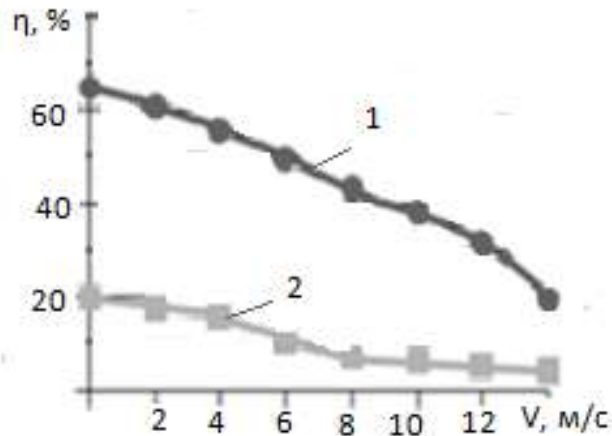


Рис. 2. Залежність ефективності УЗК (1) і без (2) неї аерозолів від швидкості повітряних потоків

Випромінювачі працюють на різних частотах (21-32 кГц). Володіють різною площею поверхні, що випромінює і забезпечують різний рівень звукового тиску (від 140 до 150 дБ).

Розглянемо можливі конструктивні схеми розміщення ультразвукових випромінювачів у відомих системах пиловловлення. Для підвищення ефективності пиловловлення була запропонована на основі циклону камера з резонансним посиленням, що містить в своєму складі джерело ультразвукових коливань (рис. 3).

Запропонована конструкція повинна складатися з герметичного корпусу, основними елементами якого є верхній 1 і нижній 6 відбивачі циліндричної коагуляційної камери 3, що формують в просторі рівномірне акустичне поле. ультразвукові хвилі за рахунок двократного відображення від стінок відбивача (стінки являють собою усічений конус з нахилом 45°) забезпечують рівномірний розподіл ультразвукового поля по всьому об'єму коагуляційної камери 3. У центрі верхнього відбивача коагуляційної камери повинен бути розміщений випромінювач ультразвукових коливань дискового типу 5 [5].

Видно, що резонансні розміри камери забезпечують рівень звукового тиску не менше 150 дБ практично у всьому обсязі. Це дозволяє говорити про високу ефективність розробленої конструкції. Розміри коагуляційної камери повинні бути обрані таким чином, щоб забезпечувався режим стоячої хвилі (використання найбільшої енергії звукової хвилі) і забезпечувався необхідний час перебування частинок в камері (залежно від конкретного технологічного процесу швидкості аерозолу на вході, його дисперсного складу та ін.). Крім того, стосовно коагуляції при встановленні в камері стоячих хвиль слід очікувати, що звуковий тиск змусить частки сконцентруватися поблизу пучностей, створюючи тим самим високі концентрації частинок. Це сприяє значному збільшенню ефективності коагуляції внаслідок збільшення ймовірності зіткнення частинок.

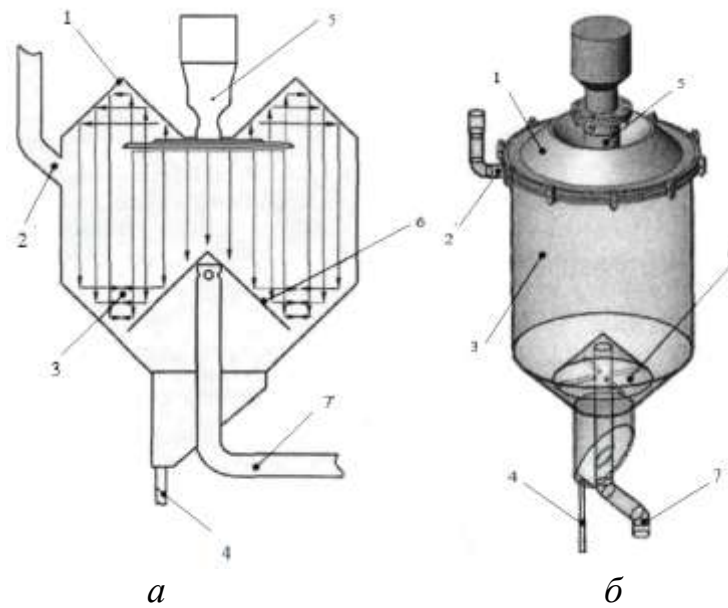


Рис. 3. Конструкція циклону з ультразвуковим випромінювачем:

*а* – структурна схема циклону з ультразвуковим випромінювачем; *б* – 3D-модель циклону з ультразвуковим випромінювачем; 1 – верхній відбивач; 2 – вхідний патрубок; 3 – корпус циклону; 4 – відвід до бункеру; 5 – ультразвукова коливальна система; 6 – нижній відбивач; 7 – вихідний патрубок

Розподіл рівня звукового тиску, створюваного в коагуляційній камері (висота 1,5 м, діаметр 1 м; випромінювач 420 мм), показано на рис. 4.

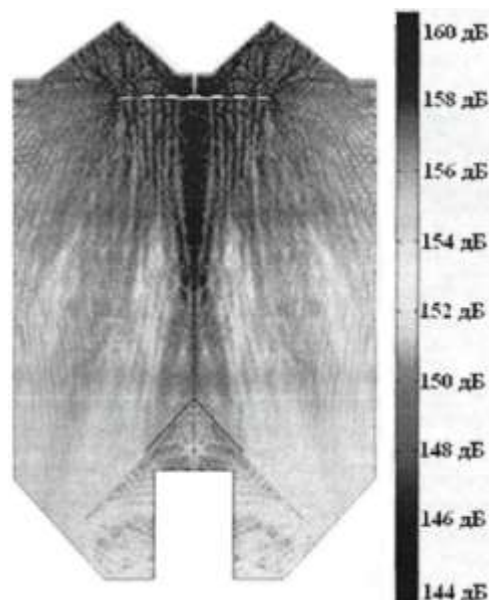


Рис.4. Розподіл рівня звукового тиску в коагуляційній камері

Коагулюючий аерозоль надходить в камеру за допомогою тангенційно встановленого вхідного патрубку 2 (забезпечує завихрення вхідного потоку), а для виведення очищеного газу призначений центрально встановлений вихідний патрубок 7. Частинки аерозолу, багаторазово збільшуються в масі за рахунок їх коагуляції під дією відцентрової сили завихрення газового потоку, зміщуються до зовнішньої стінки коагуляційної камери і відводяться до бункера через патрубок 4 [6].

Для забезпечення можливості роботи в високотемпературних агресивних середовищах до матеріалу, з якого виготовляється камера, повинні пред'являтися такі вимоги: хімічна стійкість до впливу агресивних газів і високий коефіцієнт відбиття ультразвукових хвиль.

### **Висновки**

Таким чином, запропонований варіант удосконалення циклону за рахунок введення в конструкцію джерела ультразвукових коливань і забезпечення резонансного режиму повинен значно підвищити ефективність процесу уловлювання аерозолів за рахунок додаткового ефекту УЗК.

Показана ефективність УЗК аерозолів в потоці повітря. Встановлено, що акустичний вплив в ультразвуковому діапазоні частот дозволяє коагулювати аерозолі в потоці повітря, тим самим збільшуючи ступінь їх очищення від 3 до 6 разів залежно від швидкості потоку.

### **Список використаних джерел**

1. Шалунов, А.В. Управление процессом ультразвукового распыления вязких жидкостей [Текст] / А.В. Шалунов, В.Н. Хмелев, А.Н. Сливин і. т. ін // Известия Тульского государственного университета. Серия «Технологическая системотехника». - Тула: ТулГУ, 2006. Вып. 8. - С. 12-19.
2. Хмелев, В.Н. Применение ультразвуковых колебаний высокой интенсивности для интенсификации процессов в газовых средах [Текст] / В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, С.Н. Цыганок і. т. ін // Химическая техника.- 2010. - № 1. - С.23-28.
3. Хмелев, В.Н. Экспериментальное исследование эффективности ультразвуковой коагуляции аэрозолей [Текст] / В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, К.В. Шалунова // Современные проблемы технической химии: материалы докладов Всероссийской научно-технической и методической конференции. Секции 1-4. - Казань: Изд-во Казан, гос. технол. ун-та, 2009. - С. 255-262.
4. Балабеков, О.С. Очистка газов в химической промышленности. Процессы и аппараты [Текст] / О.С. Балабеков, Л.Ш. Балтабаев. - М.: Химия, 1991. - 256 с.

5. Голямина, И.П. Ультразвук. Маленькая энциклопедия [Текст] / И.П.Голямина.-М.: Издательство «Советская энциклопедия», 1979. - 400 с.

6. Розенберг, Л.Д. Физические основы ультразвуковой технологии [Текст] / Л.Д. Розенберг. – М.: Наука, 1970. – 689 с.

*Стаття надійшла до редакції 01.04.2016 р.*

УДК 662:336.0/5

**А.В. Бодюк**, к.е.н., с.н.с.(Київський університет управління та підприємництва)

## **ГІРНИЧІ ОБ'ЄКТИ І ПРОЦЕСИ ДЛЯ НАРАХУВАННЯ НАДРО-ФІСКАЛЬНОГО ДОХОДУ**

**A.V. Bodiuk** (Kyiv university of management and enterprise)

### **MOUNTAIN OBJECTS AND PROCESSES ARE FOR THE EXTRA CHARGE OF SUBSOIL-FISCAL INCOME**

*Обґрунтовані поняття гірничих об'єктів і процесів, надро-фіскального доходу, об'єкта господарського надрокористування, ресурсного об'єкта господарського надрокористування, фіскального і нефіскального надро-ресурсного продукту, платника надро-фіскального доходу.*

**Ключові слова:** *гірництво; надра; корисні копалини; дохід; надро-ресурсний продукт; гірничий відвід; надрокористувач; фіскальний платіж.*

*Обоснованы понятия горных объектов и процессов, надро-фискального дохода, объекта хозяйственного надропользования, ресурсного объекта хозяйственного надропользования, фискального и нефискального надро-ресурсного продукта, плательщика надро-фискального дохода.*

**Ключевые слова:** *горное дело; надра, полезные ископаемые; доход; надро-ресурсный продукт; горный отвод; надропользователь; фискальный платеж.*

*Substantiated notion of mountain objects and processes subsoil-fiscal income of the business subsoil, subsoil resources of the business, fiscal and fiscal resource subsoil product, taxpayer subsoil -fiscal income.*

**Keywords:** *series of mining; subsoil; mineral resources; income; product geological; mining allotment; subsoil users; fiscal payment/*

**Вступ.** Гірничу економіку необхідно розглядати як інтегровану наукову галузь поєднаного виробництва, оскільки вона досліджує всі етапи гірничого виробництва: геологічну розвідку і видобування корисних копалин, їх транспортування, первинну переробку і реалізацію мінеральної сировини. Гірничу економіку пов'язана з геологією, технікою і технологією вивчення і розробки родовищ корисних копалин, технікою будівництва нових,