



Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції  
«Екологія. Людина. Суспільство» (м. Київ, Україна, 7 грудня 2023 р.)

Handbook of the XXIII International Science Conference  
«Ecology. Human. Society» (December 7, 2023 Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2023.291621>

УДК 631.8

## ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЦИКЛОНУ ДЛЯ ВЛОВЛЮВАННЯ ПОЛІДИСПЕРСНИХ ТВЕРДИХ ВКЛЮЧЕНЬ ТА ПАРІВ ВОДИ

Андрій ДМИТРУК, Андрій СТЕПАНЮК

*Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського*  
просп. Берестейський, 37, м. Київ, 03056, Україна

e-mail: [arstepaniuk@gmail.com](mailto:arstepaniuk@gmail.com)

Сьогоднішній розвиток промисловості потребує значних енергетичних та людських зусиль і великих грошових затрат на очищення викидів, що генеруються при виробництві необхідних суспільству продуктів. Найбільше це стосується промислових виробництв, які в технологічному циклі використовують процеси сушіння. Використання таких процесів генерує значну кількість твердих дрібнодисперсних викидів та водяної пари. Тому існує необхідність очищення повітря від викидів з одночасним рециклінгом вловлених компонентів у технологічний процес.

Метою роботи є пошук апаратного оформлення та методів вловлювання високодисперсних твердих частинок і водяної пари і аналіз основних методів модернізації застосованих апаратів та методів їх розрахунків.

Найпростішими апаратами, які називаються циклонні апарати, є апарати, що використовують розділення неоднорідних газових та полідисперсних твердих включень є процеси розділення в полі відцентрових сил. Конструкції апаратів для сухої та мокрої очистки визначаються конкретними умовами.

Запропоновані модернізації конструкції циклонів можна розділити на декілька напрямів:

- Модернізація пристроїв підведення газової суміші.
- Модернізація пристроїв вловлювання газової суміші.
- Модернізація пристроїв відведення очищених галів.
- Модернізація пристроїв вловлених відходів.

### **Модернізація пристроїв підведення газової суміші.**

Дослідниками [1-5] запропоновано для відцентрової сили збільшення швидкості на вході в циклон або встановлення різноманітних турбулізаторів потоку, наприклад труби Вентурі [4] (Рисунок 1), які покращують продуктивність апаратів. Вплив технологічних та геометричних параметрів, швидкість на вході, довжину та діаметр апарату на розподіл швидкостей і ефективність класифікації дрібнодисперсних порошків у циклонних апаратах усі автори досліджували за допомогою чисельного моделювання.

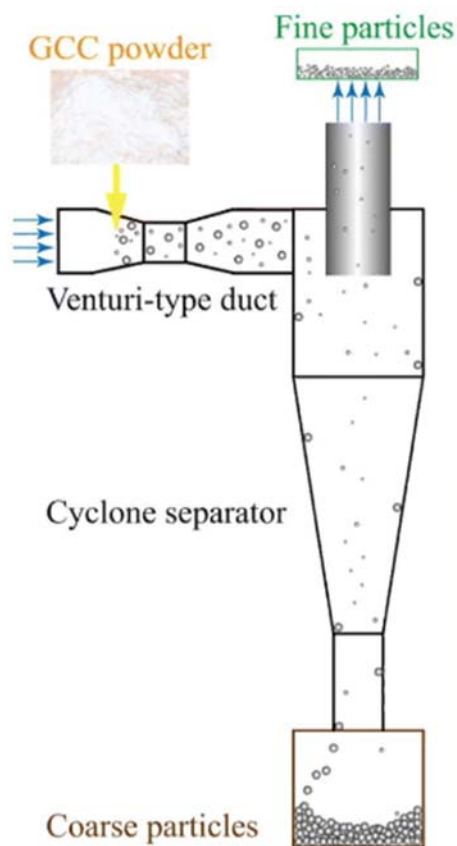


Рис. 1 – Встановлення труби Вентурі, як турбулізатора потоку.

В роботі [23] були запропоновано та досліджено циклон з чотирма входами наведений на рисунку 2.

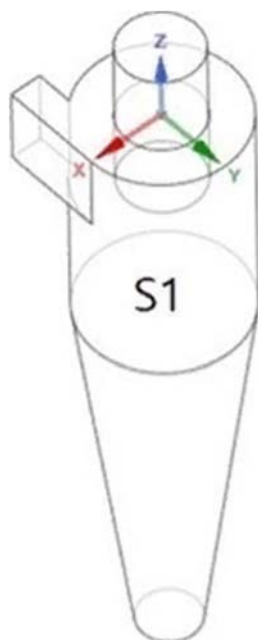


Рис. 2 – Циклон з чотирма входами

### Модернізація пристроїв вловлювання газової суміші.

Автори досліджень [6-16] пропонують різноманітні конструкції корпусів апаратів, наприклад вдосконалення циклонних апаратів шляхом оптимізації їхніх геометричних параметрів.

Наприклад у роботі [13] досліджується ефективність запропонованих нових циклонів з випуклими конічними ділянками. Розглядається п'ять різних конфігурацій циклонів з радіусом вигину, що дорівнює 1,5, 1,25, 1,0, 0,75 та 0,5 м (Рисунок 3). Проведено симуляційний експеримент.



Рис. 3 – Залежність ефективності збору від розміру вигину

Автори [12] пропонують секцію, яка складається з двох циклонів 2D2D та 1D3D, які розташовані в послідовно. Результатами експериментів підтверджено числовим моделюванням (Рисунок 4).

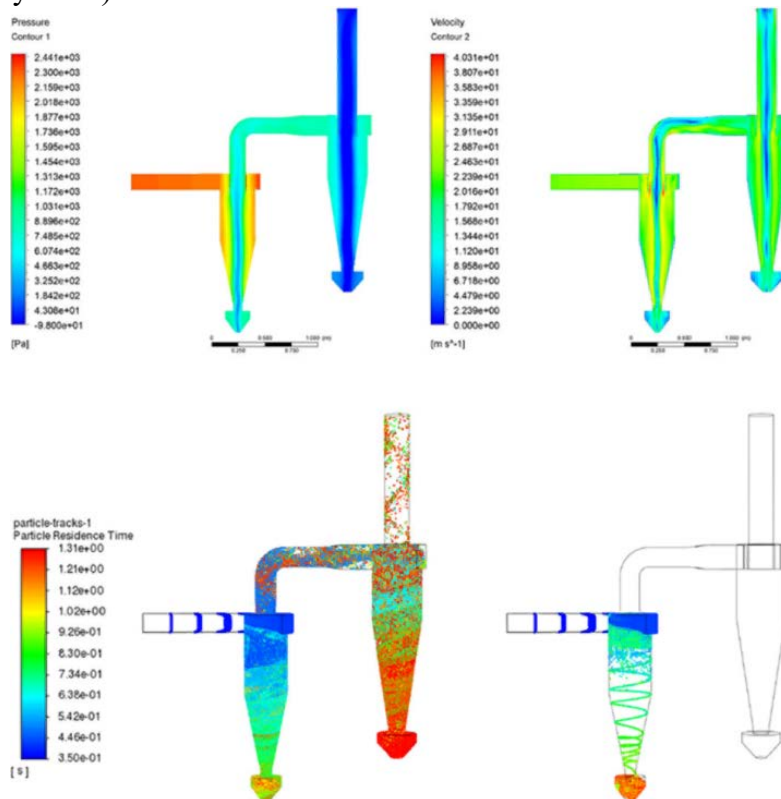


Рис. 4 – Результати дослідження

Автори досліджень пропонують різноманітні конструкції пристроїв для виведення очищених газів [17–20], наприклад вдосконалення циклонних сепараторів шляхом оптимізації їхніх геометричних параметрів та використання чисельного моделювання для досягнення кращої продуктивності і ефективності сепарації.

Наприклад автори [17] пропонують жалюзійний відвід, що на їх думку дає покращення ефективності вловлювання (рисунок 5).

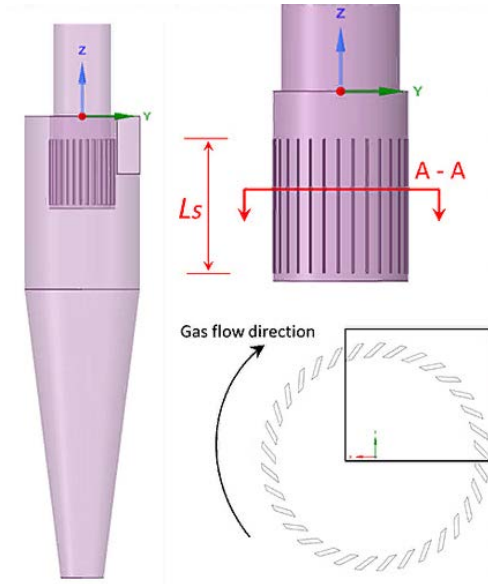


Рис. 5 – Циклон із жалюзійним відводом

Автори досліджень пропонують різноманітні конструкції пристроїв для виведення продуктів вловлювання [21, 22], наприклад у статті [21] пропонує вдосконалення встановленням внутрішнього конуса та використання чисельного моделювання для досягнення кращої продуктивності і ефективності сепарації (Рисунок 6).

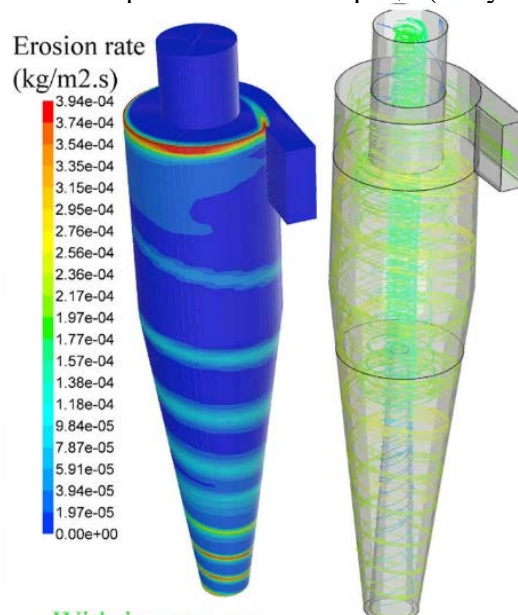


Рис. 6 –Циклон з внутрішнім конусом

**Автори досліджень пропонують різноманітні конструкції пристроїв для розділення твердих або рідких, краплеподібну фракцій та газових потоків [26–25], наприклад дослідниками [25] пропонується місцеве зношування стінок циклону.**

Дослідники розглядали вплив місцевого зношування стінок циклонного сепаратора на його продуктивність, використовуючи математичні обчислення для аналізу та передбачення ерозії в циклоні

### **Висновки.**

Спільною рисою всіх цих статей є розгляд аспектів оптимізації та вдосконалення роботи циклонів, які широко використовуються в промислових процесах для відокремлення частинок або краплин від газу, усі автори застосовують чисельне моделювання та експерименти для аналізу та оптимізації їхньої роботи.

Проте на сьогоднішній день відсутні дослідження по конденсації парів в циклонних апаратах з подальшим вловлюванням сконденсованих парів та розчинених в парах солей.

### **Література:**

1. Multi-objective optimization of a novel vortex finder for performance improvement of cyclone separator. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032591022007392>
2. Performance analysis of the cyclone separator with a novel clean air inlet installed on the roof surface. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032591023006332>
3. Effects of the inlet particle spatial distribution on the performance of a gas-solid cyclone separator. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1674200123000986>
4. Effects of operational and geometrical parameters on velocity distribution and micron mineral powders classification in cyclone separators. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032591022005034>
5. Numerical investigation on the performance and flow pattern of two novel innovative designs of four-inlet cyclone separator.
6. Performance analysis of a novel cyclone separator using RBFNN and MOPSO algorithms. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032591023004473>
7. Investigating the effects of temperature on the performance of novel cyclone separators using large-eddy simulation. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032591022010944>
8. Unconventional desalination: The use of cyclone separators in HDH desalination to achieve zero liquid discharge. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916422003873>
9. A brief review on improving materials particulates using cyclone separator by geometrical and turbulence factors. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221478532205341X>
10. An overview of novel geometrical modifications and optimizations of gas-particle cyclone separators. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586623020440>
11. Square Cyclone Separator: Performance Analysis Optimization and Operating Condition Variations Using CFD-DPM and Taguchi Method. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032591023005739>
12. The effect of inlet velocity, gas temperature and particle size on the performance of double cyclone separator. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0255270123002064>
13. Performance analysis of cyclone separators with bulged conical segment using large-eddy simulation. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032591023003686>
14. Numerical analysis on the influence of vortex motion in a reverse Stairmand cyclone separator by using LES model. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1995822621001436>

15. Numerical study of gas–solid flow in a cyclone separator.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X06000291>
16. Numerical study on gas-solid flow characteristics of ultra-light particles in a cyclone separator.
17. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S003259101831091X>
18. Numerical investigation on the swirling vortical characteristics of a Stairmand cyclone separator with slotted vortex finder.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032591023000207>
19. Numerical simulation on structure optimization of escape-pipe of cyclone separator with downward outlet. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S003259102200482X>
20. Parametric analysis and optimization of gas-particle flow through axial cyclone separator: A numerical study. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921883123000225>
21. Improvement of the cyclone separator performance by the wedge-shaped roof: A multi-objective optimization study.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0009250922009897>
22. Numerical investigation of effects of inner cone on flow field, performance and erosion rate of cyclone separators. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586617335591>
23. An alternative for the collection of small particles in cyclones: Experimental analysis and CFD modeling.
24. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586616323024>
25. Numerical analysis of a novel cascading gas–liquid cyclone separator.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000925092300074X>
26. Design and performance study of a two-stage inline gas-liquid cyclone separator with large range of inlet gas volume fraction.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0920410522010701>
27. Effect of local erosion on the flow field and separation performance of the cyclone separator.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032591022008889>