

ДОСЛІДЖЕННЯ АЕРОДИНАМІКИ ЦИКЛОНА В CFD-ПАКЕТИ SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Виконано моделювання аеродинаміки циклонного пиловловлювача в CFD-пакеті SolidWorks Flow Simulation. Отримано розподіл тисків, швидкостей запиленого потоку, твердих частинок та повітря на виході з циклонного фільтра типу МЦ-У.

Ключові слова: CFD-моделювання, циклон, гідродинаміка, потік.

Abstract

The simulation of the aerodynamics of the cyclonic dust collector was carried out in the SolidWorks Flow Simulation CFD package. The distribution of pressures, dust flow velocities, solid particles and air at the outlet of the МЦ-У type cyclone filter was obtained.

Key words: CFD modeling, cyclone, hydrodynamics, flow.

Вступ. Постановка задачі

Циклон – різновид найбільш поширеного пиловловлювального обладнання, фільтр, який використовується в усіх галузях промисловості для очищення повітря від завислих частинок. Принцип роботи циклонних пиловловлювачів заснований на дії відцентрової інерційної сепарації. Такий пиловловлювач під впливом відцентрової сили, що виникає під час обертання повітряного потоку в корпусі апарату, відокремлює частинки пилу з газового середовища (рис. 1). Запилений повітряний потік 1 вводиться в циклон через патрубок 2. Здійснюючи обертальний рух по спіралі частинки пилу притискаються до стінок пиловловлювача, втрачають швидкість, скочуються вниз і через пиловідвідний отвір 3 потрапляють в пиловий бункер, де відбувається їх осадження і накопичення. Очищений повітряний потік 4 з центральної зони гвинтоподібно піднімається вгору і через трубу 5 виходить назовні. Бункер в разі його повного або часткового заповнення розвантажується від пилу.

Ефективність очищення газів в циклонах залежить від дисперсного складу частинок пилу у газі, що поступає на очищення (чим більший розмір часток, тим ефективніше очищення) та конструкції циклона. Форма, розміри та конструкція циклона впливають на аеродинаміку руху повітряних потоків та процес сепарації пилу [1].

Мета роботи – дослідити аеродинамічні показники циклона під час його експлуатації та ефективність очищення газів.

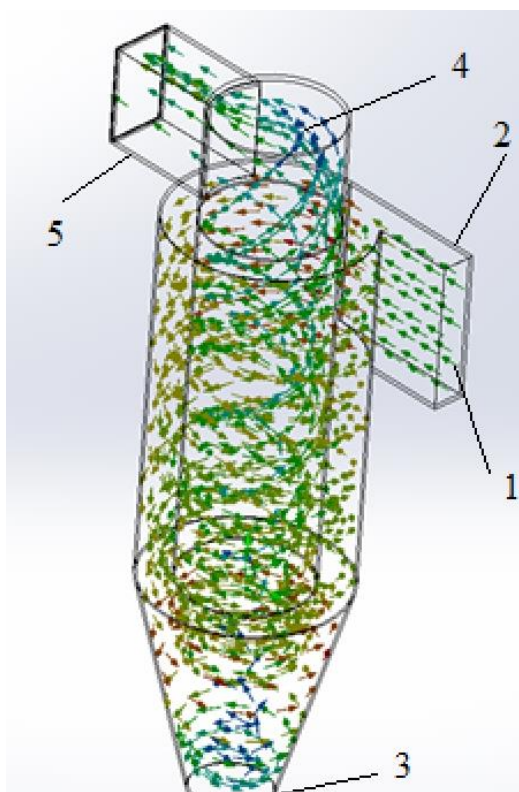


Рисунок 1 – Модель циклона

Результати досліджень

На сьогодні актуальними є розрахунки задач аеродинаміки, теплопередачі, міцності з використанням CAD/CAE систем, які дають можливість аналізувати процеси в обладнанні під час його експлуатації.

Авторами виконано моделювання руху потоків твердих частинок та повітря у циклоні типу МЦ-У [2], який застосовується для очищення відхідних газів твердопаливних котлів, в CFD-пакеті Solidworks Flow Simulation. Спрощена геометрична модель циклона без теплообмінної поверхні розроблена засобами тривимірного твердотілого моделювання в системі автоматизованого проектування SolidWorks.

Під час розв'язання задачі виконані наступні етапи:

1. Тривимірне моделювання циклона в CAD системі.
2. Розміщення моделі в розрахунковій області для внутрішньої задачі.
3. Введення початкових даних та граничних умов для потоку. Текуче середовище – повітря, як модельна речовина; тиск 101325 Па; об'ємна витрата запиленого потоку на вході 0,9 м³/с; температура потоку – 160 °С.
4. Формування цілей – повний тиск на вході в циклон та на виході з циклона, різниця повний тисків.
5. Вибір типу та розмірів твердих частинок для розрахунку ефективності циклона. Оскільки циклон встановлюється для очищення відхідних газів котлів, що спалюють деревину, в якості твердих частинок вибрано матеріал – wood wool slab. Розміри частинок 5...20 мкм. Масова витрата частинок 0,2 кг/с, кількість частинок 50...100.
6. Візуалізація результатів через траєкторії потоку, картини в перерізі, поверхневі параметри (рис. 2).

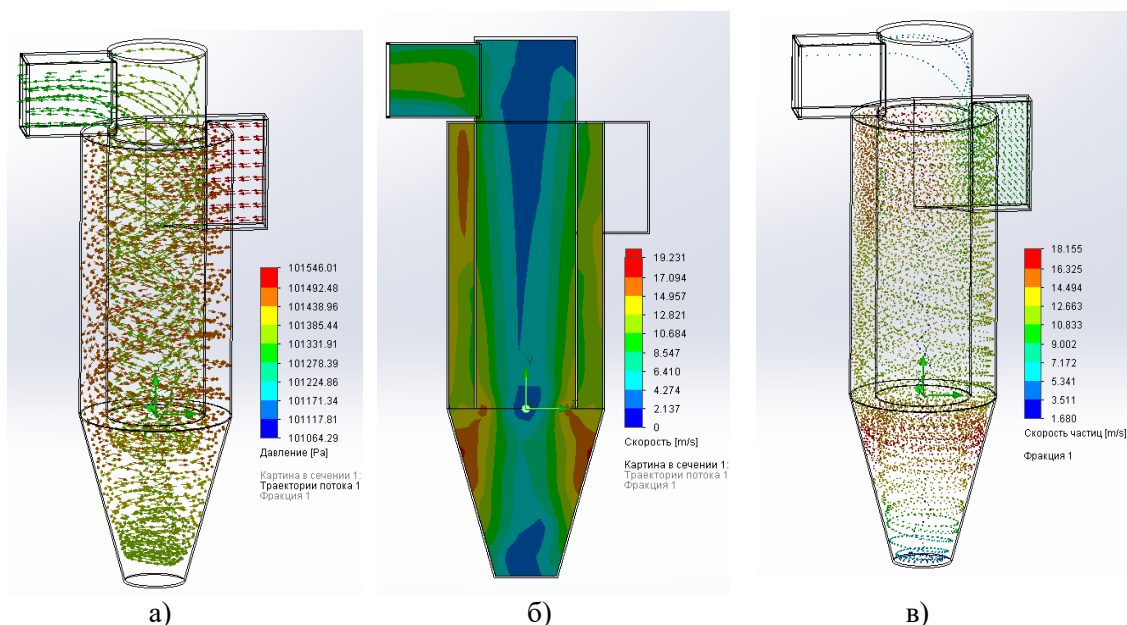


Рисунок 2 – Результати моделювання циклона МЦ-У в CFD-пакеті SolidWorks Flow Simulation.
а – розподіл тисків; б – розподіл швидкостей в потоці; в – швидкість частинок

За матеріалами довідкової літератури з проектування апаратів для очищення газів ефективність циклонів переважно визначається дисперсним складом, щільністю частинок, що вловлюються, температурою запиленних газів [3, 4]. Авторами виконано дослідження впливу розмірів дисперсних частинок та температури потоку на ефективність циклона МЦ-У. Отримані результати показали, що циклон має ефективність до 40% при вловлюванні частинок розміром менше 5 мкм. Зі збільшенням фракції частинок із 10 мкм до 20 мкм, ефективність

очищення збільшується з 64% до 99,9%, в разі збільшення температури потоку від 20 до 160°C ефективність зменшилася на 18% що збігається з результатами для циклону типу ЦН-11 [3].

Висновки

Під час моделювання отримано розподіл тисків, швидкостей запиленого потоку, твердих частинок та повітря на виході з циклонного фільтра типу МЦ-У.

Отримані результати можуть бути використані для подальшого вдосконалення конструкції циклона, зменшення його аеродинамічного опору та металоемності, а також для визначення його коефіцієнта ефективності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ляшеник А.В., Тисовський Л.О., Дорундяк Л.М., Дадак Ю.Р. Обґрунтування конструкції циклона для очищення повітря на підприємствах деревообробної галузі. Ринок енергетики: сучасні тенденції. Науковий вісник НЛТУ України, 2011, С. 119–126.
2. Циклон МЦ-У. URL: <https://kzot-kotel.com.ua/systemy-ochystky-dymovykh-haziv/systema-ochyshchennia-dymovykh-haziv-kzot-tsyklon-utylizator-mts-u-1500-1300-1500-kvt/> (дата звернення 17.11.2022).
3. Алиев Г. М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: справ. изд. Москва : Металлургия, 1986. 544 с.
4. Справочник по пыле- и золоулавливаю / М. И. Биргер и др. ; по общ. Ред. А. А. Русанова. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Энергоатомиздат, 1983. 312 с.

Резидент Наталія Володимирівна – к. т. н., доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, rezidentnv1@ukr.net

Степанова Наталія Дмитрівна – к. т. н., доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Stepanovand@i.ua

Кордонський Назар Володимирович – магістрант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, kordonskiinazar@ukr.net

Nataliia Rezydent – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, rezidentnv1@ukr.net

Stepanova Nataliya D., Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia, Stepanovand@i.ua

Nazar Kordonskyi – post-graduate student of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia National Technical University. Vinnytsia, kordonskiinazar@ukr.net