

ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЧНА КІБЕРНЕТИКА

УДК 628.517

В. В. Кухарчук, д. т. н, проф.;

В. В. Богачук, к. т. н, доц.;

В. Ф. Граняк, студ.

ФІЗИЧНИЙ МЕТОД ОЧИСТКИ ПРОМИСЛОВИХ ПИЛОГАЗОВИХ СУМІШЕЙ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВІТРОТУРБИНИ

Запропоновано метод фізичного очищення промислових пилогазових сумішей від забруднення дисперсною фазою з можливістю повернення частини недовикористаної енергії у технологічний цикл.

Вступ

Однією з основних проблем, яка стоїть перед промисловим виробництвом, є обмеженість енергоресурсів. Пошук шляхів її розв'язання визначає основний напрямок розвитку світового виробництва.

Існують два напрямки вирішення цієї проблеми. Це застосування енергоощадних технологій, які дозволяють раціональніше використовувати наявне мінеральне паливо, а також — використання альтернативних джерел енергії.

Проте, широке застосування енергоощадних технологій з використанням сучасних високотехнологічних систем приводить до значного підвищення вартості основних виробничих фондів, а використання альтернативних джерел енергії потребує додаткових капітальних вкладень, пов'язаних із впровадженням у виробничий процес новітнього обладнання та агрегатів. Як наслідок, зниження енергоємності виробленої продукції потребує значних фінансових витрат, та далеко не завжди дає можливість вирішити іншу, не менш нагальну екологічну проблему. А так як ступінь екологічності роботи сучасних підприємств є одним з визначальних факторів, що забезпечує відповідність виробництва сучасним вимогам [1], то впровадження заходів для зменшення антропогенного тиску на навколишнє середовище є необхідною умовою прозорої роботи основної маси промислових об'єктів.

Натомість використання класичних методів очистки, у тому числі і газових викидів сухими пиловловлювачами, пов'язані з розсіюванням недовикористаної енергії мінерального палива у системах очищення [1].

Зокрема у разі використання гравітаційних пилоосаджувальних камер осаджування дисперсної фази відбувається за рахунок примусового зменшення кінетичної енергії відпрацьованої суміші. При цьому, згідно із законом збереження енергії, втрачена кінетична енергія після низки перетворень розсіюється у навколишнє середовище, що також, призводить до теплового забруднення. Аналогічна ситуація спостерігається і з використанням інерційних камер, так як унаслідок зміни напрямку руху газового потоку, згідно зі законом збереження імпульсу, сумарний втрачений імпульс молекул газопилової суміші передається молекулам стінок заслінки, що призводить до їх нагрівання, та, як наслідок, розсіювання надлишкової кінетичної енергії у вигляді тепла [2].

Постановка задачі

Актуальною задачею є розробка та використання принципово нових методів очищення, які б давали можливість не лише видаляти з промислових відходів небезпечні та шкідливі речовини (у тому числі й такі, що містяться у газових викидах у вигляді дисперсної фази), а й забезпечувати повернення надлишкової недовикористаної енергії з метою її подальшого використання у технологічному процесі. Проте забезпечення описаного вище процесу повторного використання енергії пов'язане з певними практичними труднощами, подолання яких ускладнюється, з одного боку, необхідністю

якісного очищення промислових викидів, а з іншого — економічною рентабельністю побудови та експлуатації таких систем.

Отже, розробка систем очищення, які б забезпечували повернення недовикористаної енергії у промисловий цикл за високої ефективності очищення та низької собівартості, є перспективним напрямком сучасного промислового розвитку.

Аналіз шляхів розв'язання задачі

На сьогоднішній день існує низка найпоширеніших промислових методів очищення пилогазових сумішей від забруднення твердою дисперсною фазою [1, 3], які ґрунтуються на фізичних явищах гравітаційного та інерційного осідання, хоча й забезпечують достатній ступінь очистки, проте не передбачають можливості повернення у промисловий цикл відібраної у цьому процесі енергії.

Аналізуючи роботу типової вітротурбіни, можна спостерігати, аналогічно системам гравітаційної очистки пилогазових сумішей, зменшення кінетичної енергії газового потоку, що в ідеальному випадку згідно з класичною теорією ідеального вітряка Н. Е. Жуковського може становити 59,3 %, а згідно з теорією ідеального вітряка Г. С. Сабініна – 68,7 %. Кінетична енергія газового потоку визначається як [4]

$$E_{\text{пот}} = \frac{mV^2}{2}, \quad (1)$$

де m — маса пилогазової суміші, що пройшла через турбіну; V — швидкість газового потоку:

$$\text{Підставивши у (1) вираз} \quad m = \rho FV, \quad (2)$$

де ρ — густина пилогазової суміші; F — сила, з якою потік діє на лопаті турбіни, отримаємо:

$$E_{\text{пот}} = \frac{\rho FV^3}{2}. \quad (3)$$

З рівняння (3) випливає, що згідно з теорією ідеального вітряка Н. Е. Жуковського мінімальна швидкість газопилового потоку на виході вітроустановки становитиме

$$V_{\text{вих}} = 0,741 V_{\text{вх}}, \quad (4)$$

де $V_{\text{вих}}$ — швидкість газового потоку після проходження через вітроколесо; $V_{\text{вх}}$ — швидкість газового потоку до проходження через вітроколесо.

Аналогічно, за теорією ідеального вітряка Г. С. Сабініна матимемо:

$$V_{\text{вих}} = 0,679 V_{\text{вх}}. \quad (5)$$

За умови, коли такого зменшення швидкості недостатньо, доцільним є використання каскаду вітроколес, кожне з яких буде забезпечувати зменшення швидкості газопотоку у порівнянні зі швидкістю на виході попереднього колеса.

Проте, використання з цією метою найпоширеніших пропелерних установок не дає можливості у достатній мірі забезпечити зміну напрямку вектора швидкості пилогазового потоку [4]. Це, у свою чергу, унеможлиблює реалізацію додаткової очистки за принципом інерційної камери [1], що приводить до зменшення загального коефіцієнта очищення. З викладеного вище очевидно, що за необхідності забезпечення більш високого рівня очистки таких агрегатів необхідно збільшувати кількість вітроколес. А це, у свою чергу, збільшує габарити та вартість конструкції та не приносить суттєвого збільшення енерговіддачі системи, так як потужність кожного наступного вітрогенератора закономірно зменшується зі зменшенням швидкості вхідного газового потоку [4].

Прийнятніші результати для реалізації поставленої задачі можна спостерігати у разі використання вітротурбіни з вертикальною віссю, реалізованою за принципом ротора Дар'є (рис.), яка, згідно з експериментальними висновками [5], може забезпечувати той самий коефіцієнт використання енергії вітру (тобто той же ефект від гравітаційного очищення). Причому мінімальний розмір дисперсних частинок, які будуть повністю осаджені за допомогою гравітаційної очистки у горизонтальній частині трубопроводу (рис.), можна знайти з виразу [1]

$$d_r = \frac{Q_r \mu_r}{g \rho_{\text{ч}} L_k B_k}, \quad (6)$$

де Q_r — витрата газу, $\text{м}^3/\text{с}$; μ_r — динамічна в'язкість, $\text{Па}\cdot\text{с}$; g — прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$; $\rho_{\text{ч}}$ — густина частинок, $\text{кг}/\text{м}^3$; L_k — довжина камери, м ; B_k — ширина камери, м .

Основними перевагами такої конструкції у порівнянні з конструкцією на пропелерних вітроколесах є:

1. Можливість роботи на вертикальному газовому потоці, що значно спрощує процес монтажу установки.

2. Під час проходження через вітротурбіну з вертикальним потоком пилогазової суміші відбувається багаторазова зміна напрямку вектора швидкості потоку [4]. Це забезпечує інерційне очищення відпрацьованих викидів усередині турбіни.

3. Вихрове закручування газового потоку на виході з турбіни. Це дає можливість реалізувати очищення пилогазової суміші за рахунок зменшення енергії твердих частинок унаслідок зіткнення з внутрішніми стінками верхньої труби (аналогічно процесам, що реалізується у циклотронах) [1, 3, 4].

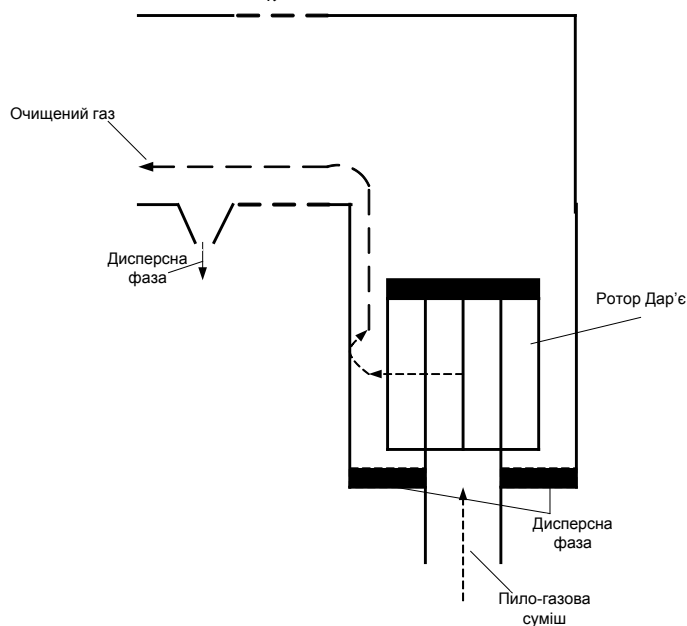


Схема очищувальної установки з використанням вітроколеса за схемою ротора Дар'є

Висновки

1. Запропоновано метод сухої очистки пилогазових викидів від дисперсної фази з можливістю побічної генерації електричної енергії за допомогою вітротурбіни. Це дозволило зменшити енергоємність виробництва за рахунок використання генератора вітроагрегату у якості додаткового джерела живлення для внутрішніх потреб підприємства.

2. Проаналізовано перспективи використання різних типів вітроагрегатів з метою виявлення конструкції, яка б забезпечувала максимальну очистку відпрацьованих газів з мінімальною кількістю вітроколес у каскаді. Найкращі результати забезпечує використання вітроколеса з вертикальною віссю, побудованого за принципом ротора Дар'є, що дає можливість забезпечити очистку як гравітаційним, так і інерційним методами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ратушняк Г. С. Технічні засоби очищення газових викидів / Г. С. Ратушняк, О. Г. Лялюк. — Вінниця : ВНТУ, 2005 р.
2. Сивухин Д. В. Общий курс физики : учеб. пос. для вузов / Д. В. Сивухин. — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005 г.
3. Калыгин В. Г. Экологическая безопасность и ресурсоснабжение / В. Г. Калыгин. — М. : МГАХЛ, 1996 г.
4. Фатеев Е. М. Ветродвижатели и ветроустановки / Е. М. Фатеев. — М. : Огиз-Сельхозгиз, 1948 г.
5. О перспективах ветроустановок типа Дарье. [Електронний ресурс] / В. С. Дудников. — Режим доступу : http://www.rusnauka.com/11._NPRT_2007/Tecnic/22187.doc.htm

Рекомендована кафедрою теоретичної електротехніки та електричних вимірювань

Надійшла до редакції 15.06.10
Рекомендована до друку 20.07.10

Кухарчук Василь Васильович — завідувач кафедри теоретичної електротехніки та електричних вимірювань;

Богачук Володимир Васильович — доцент кафедри відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів;

Граняк Валерій Федорович — студент Інституту електроенергетики та електромеханіки.

Вінницький національний технічний університет