

ХІМІЯ. ХІМІЧНА, БІОЛОГІЧНА ТА ХАРЧОВА ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.928.9

В.Куц, канд.техн.наук; О.Марціяш; Я.Ярош

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ДОЦІЛЬНІСТЬ І ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ ЦИКЛОНА З СТУПЕНЕВИМ ВІДВЕДЕННЯМ ТВЕРДОЇ ФАЗИ

Обґрунтовується можливість підвищення ефективності пиловловлюючого обладнання шляхом вдосконалення конструкції найпоширенішого апарата відцентрової очистки – циклона.

Розширення обсягів господарської діяльності людства загострює проблему утилізації відходів, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, збереження флори і фауни планети.

Серед питань попередження забруднення атмосферного повітря технологічними і вентиляційними викидами важливе місце належить створенню нових ефективних методів і апаратів очистки, вдосконаленню діючого газопиловловлюючого обладнання.

Вибір методів і апаратів очистки часто обумовлюється не лише ступенем виділення частинок пилу з них, але і вартістю процесу пиловловлювання. Так, апарати сухої очистки пилогазових потоків знайшли широке застосування в значній мірі саме завдяки меншій вартості процесу очистки в них в порівнянні з апаратами мокрої очистки, які хоч і забезпечують вищий ступінь очистки, але потребують додаткових затрат на утилізацію шламів, які при цьому утворюються.

Найхарактернішими представниками сухих інерційних пиловловлювачів є циклони, які завдяки незначній вартості і простоті будови і експлуатації, порівняно невеликому опору і високій продуктивності є найпоширенішим типом сухого механічного пиловловлювача. Вони мають такі переваги [1]:

- 1) відсутність рухомих частин в апараті;
- 2) надійне функціонування при температурах газів до 500°C без яких-небудь конструктивних змін (якщо передбачається застосування вищих температур, то апарати можна виготовляти із спеціальних матеріалів);
- 3) можливість вловлювання абразивних матеріалів при захисті внутрішніх поверхонь циклона спеціальними покриттями;
- 4) пил вловлюється в сухому вигляді;
- 5) гідравлічний опір апаратів майже постійний;
- 6) апарати успішно працюють при високих тисках газів;
- 7) пиловловлювачі досить прості у виготовленні;
- 8) ріст запиленості газів не приводить до зниження фракційної ефективності очистки.

Правильно спроектовані циклони можуть надійно експлуатуватись протягом багатьох років.

Розрізняють прямотечійні і протитечійні циклони.

Типаж циклонів, що застосовуються в промисловості, дуже різноманітний, причому багато конструкцій створено без теоретичних розрахунків і експериментів. В апаратах, створених в результаті більш-менш серйозних досліджень, конструктори прагнули досягнути двох основних цілей: якнайдовше зберегти структуру циклонного вихору, який має тенденцію до “розмивання”, втрати спіралеподібної форми і усунути

вторинне захоплення газом частинок, відсепарованих з потоку. Проводились також дослідження по зниженню гідравлічного опору циклона.

Як показав досвід, переважна більшість задач циклонного вловлювання може вирішуватись в рамках трьох їх основних типів: прямотечійного циклона ЦКТИ, циклонів НИИОГаз малої і середньої ефективності (ЦН-24, ЦН-15, ЦН-11) і циклонів НИИОГаз високої ефективності (СДК-ЦН-33, СК-ЦН-34, СЦН-40) [2].

Хоч за масштабами застосування, ступенем і глибиною досліджень процесу очистки і впливу на нього режимних і конструктивних параметрів протитечійні циклони значно переважають прямотечійні, при розгляді можливих шляхів вдосконалення циклонних апаратів необхідно розглядати циклони обох типів, адже лише на основі детального аналізу переваг і недоліків апаратів обох типів можна намітити шляхи їх вдосконалення, шляхом поєднання кращих сторін кожного з них усунути окремі недоліки.

Прямотечійні циклони, або вихрові пиловловлювачі, незважаючи на незначні розміри, дозволяють пропускати дуже великі об'єми газів. Їх можна експлуатувати при швидкості газу в 1,8-2,0 рази вищій за швидкість, характерну для протитечійних циклонів. Однак, внаслідок великих швидкостей газового потоку, в них спостерігається значна кількість захоплених частинок: завихрення, що утворюються біля стінок, сприяють відскоку частинок назад в основний газовий потік.

В прямотечійному циклоні з нерухомим імпелером (рис. 1) витяжний вентилятор в більшості випадків встановлюють на виході очищеного повітря, щоб зменшити ерозію лопатей вентилятора. Тому в пилоосаджувальній камері, розміщеній за нерухомими лопатями, створюється понижений тиск в порівнянні з газом, що підходить до імпелера. Отже, необхідно передбачити додаткове відсмоктування в лінії забрудненого газу (концентрованого пилу) для запобігання зворотного підсмоктування частинок пилу, що видаляються [3].

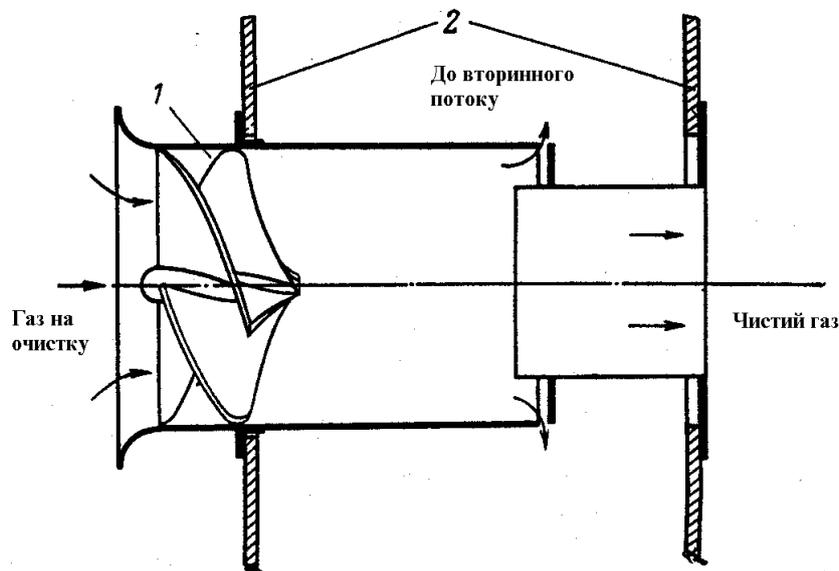


Рис. 1. Прямотечійний циклон з нерухомим імпелером:
1 – нерухомі лопаті; 2 – пилосбірник.

Крім зображеного на рис.1 апарата, використовують прямотечійні циклони з тангенціальним входом.

Відрізняються прямотечійні циклони нижчим гідравлічним опором і меншою в порівнянні з циклонами інших типів ефективністю пиловловлювання. Їх недоліком є необхідність відсмоктування частини газів через бункер для відводу пилу, що сприяє їх абразивному зносу.

Що стосується недоліків звичайних, протитечійних циклонів, то тут слід відмітити зменшення ефективності пиловловлювання в них із збільшенням їх діаметра, а, отже, продуктивності (так же, як і для прямотечійних), і винос частинок пилу, особливо найдрібніших фракцій, потоком очищеного газу, що рухається, обертаючись, з нижньої частини апарата в вихлопну трубу.

Перший недолік усувається шляхом створення установки із декількох циклонів (не більше восьми) меншого діаметра або створення батарейних циклонів, що складаються із багатьох (іноді декілька десятків) циклонів діаметром не більше 250 мм.

Що стосується усунення іншого недоліку – виносу частинок пилу із апарата потоком очищеного газу, то в більшості випадків вирішення цієї проблеми шукають у вдосконаленні конструкції циклона. Це може бути зменшення ширини вхідного патрубку, зміна відношення діаметра вихлопної труби до діаметра циліндричної і конічної частини апарата, зміна глибини занурення вихлопної труби і інші конструктивні зміни.

Досить вдалим в плані покращання аеродинамічної обстановки в циклоні є рішення виконувати нижню частину вихлопної труби не суцільною, а у вигляді жалюзійної решітки з випуклими пластинами, направленими своєю випуклістю назустріч пилогазовому потоку, що обертається. Знизу жалюзійна решітка закривається глухим конічним днищем [4]. В такому апараті очищене повітря попадає у вихлопну трубу через бокову поверхню жалюзійної решітки рівномірно по всій її висоті, а не знизу. При цьому усуваються характерні для циклонів турбулізація потоку при зміні напрямку його руху і засмоктання частинок пилу при вході у вихлопну трубу знизу. Крім того, в такому апараті створюються умови для додаткового розділення пилогазового потоку при проходженні через жалюзійну решітку. Все це сприяє підвищенню ефективності очистки в таких апаратах. Гідралічний опір таких пиловловлювачів нижчий, ніж в циклоні, за рахунок застосування жалюзійного відводу повітря, адже швидкість проходження повітря через бокову поверхню решітки менша ніж у горловині вихлопної труби циклона, так як площа живого перерізу бокової поверхні решітки більша, ніж площа поперечного перерізу горловини вихлопної труби.

Однак в такому апараті, як і в циклонах, спостерігається стік повітря по всій висоті апарата до його осі. Радіальні доцентрові складові швидкості перешкоджають сепараційному руху частинок до периферії, визначаючи своєю величиною крупність частинок, які будуть вловлюватись в апараті.

Для усунення негативного впливу радіального стоку на процес очистки необхідно зменшувати концентрацію твердих частинок біля корпусу апарата, куди вони відкидаються відцентровою силою і звідки вони можуть потрапляти в зону, близьку до осі апарата, де можуть бути захоплені потоком очищеного повітря, що виходить із апарата.

В пошуках шляхів вдосконалення конструкції відцентрово-інерційного пиловловлювача з жалюзійним відводом повітря з метою зменшення негативного впливу радіального стоку на процес очистки в ньому був проведений аналіз вирішення цієї проблеми в інших пиловловлюючих апаратах відцентрової дії.

Позитивні результати створення і досліджень циклона з проміжним відведенням осадженого пилу [5, 6], основою конструкції якого є циклон ЦН-15, послужили підставою для вдосконалення таким же чином відцентрово-інерційного пиловловлювача з жалюзійним відводом повітря [4]. Як було сказано вище, цей апарат за показниками ефективності і гідралічного опору переважає циклони. Зменшення негативного впливу радіального стоку в ньому також повинно сприяти, в першу чергу, збільшенню його ефективності. Тому створення такого пиловловлювача є оправданим і доцільним технічним рішенням.

Створений пиловловлювач показаний на рис. 2. Він складається із циліндро-конічного корпусу 1, жалюзійної решітки 2, тангенціального патрубка вводу пилогазового потоку 3, патрубка виводу очищеного газу 4, випускного клапана 5,

букера 6. Між конічною і циліндричною частинами корпусу передбачений зазор, ширина якого регулюється від 5 до 15 мм. Другий кільцевий зазор передбачений на половині висоти конічної частини апарата. Випускний клапан 5 із сферичною верхньою частиною може переміщатись вздовж осі апарата, перекриваючи пиловпускний отвір із зазором від 5 до 40 мм.

Через тангенціальний патрубок 3 пилогазовий потік попадає в кільцевий канал між корпусом апарата 1 і жалюзійною решіткою 2, де обертаючись, опускається вниз. Під дією відцентрової сили тверді частинки відкидаються до стінки корпусу і опускаються вниз. При переході циліндричної частини корпусу в конічну вони через кільцевий зазор попадають в бункер 6. Це частинки найбільших розмірів, які виділились з потоку у верхній частині апарата. При обертвовому русі пилогазового потоку в конічній частині апарата відцентрова сила збільшується за рахунок зменшення радіусу обертання.

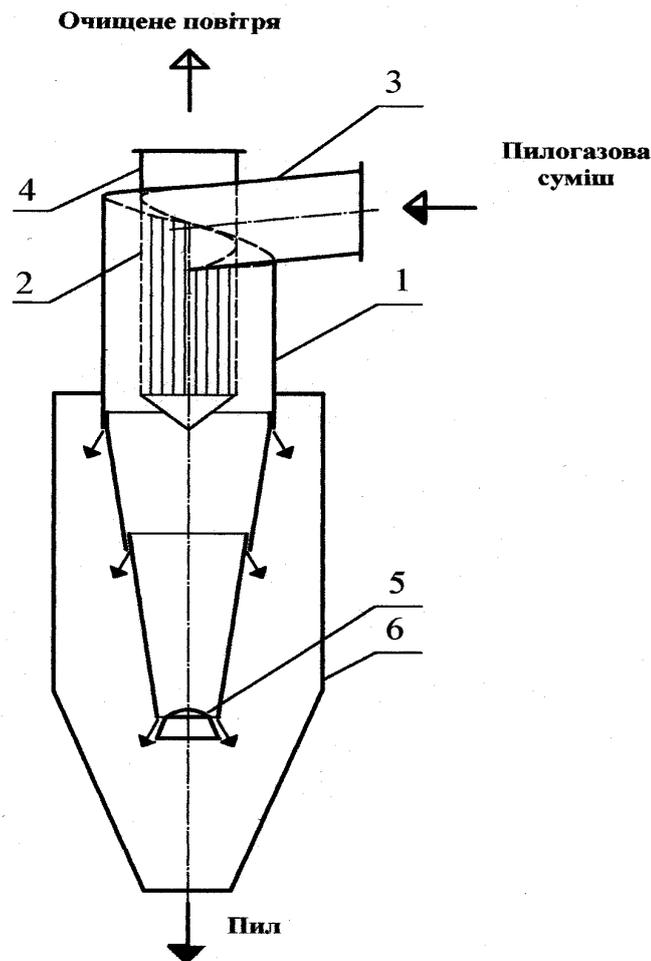


Рис. 2. Циклон з ступеневим відведенням твердої фази:
1 – циліндро-конічний корпус; 2 – жалюзійна решітка; 3 – патрубок вводу пилогазової суміші;
4 – патрубок виводу очищеного газу; 5 – випускний клапан; 6 – бункер.

На половині висоти конічної частини пиловловлювача передбачено другий кільцевий зазор, куди попадають частинки, що не виділились з потоку вище. Частинки найменших розмірів виділяються в нижній частині через зазор між випускним клапаном і пиловпускним отвором. Частина газу, що попадає в нижню частину апарата, відбиваючись від випускного клапана, піднімається вгору, омиває конічне днище жалюзійної решітки і проходить через її бокову поверхню у вихідний патрубок 4. Основна частина газу проходить через бокову поверхню жалюзійної решітки при обертанні навколо неї після попадання в кільцевий канал між корпусом апарата і жалюзійною решіткою. При цьому тверді частинки менших розмірів, що не були відкинені відцентровою силою до стінки апарата, попадають на пластинки решітки,

відбиваються від них і попадають в нижній частині апарата в основний потік пилу, що відділився.

Висновки

Аналіз конструкції і принципу роботи створеного пиловловлювача дає підстави сподіватися, що в апараті повинні ефективно очищатись пилогазові потоки з вмістом твердих частинок різних фракцій і значних концентрацій.

Частинки пилу найбільших розмірів повинні виділятися із загального потоку на першому ступені відбору – при переході циліндричної частини корпусу в конічну через кільцевий зазор. Частинки пилу менших фракцій попадають в бункер через другий ступінь відбору – кільцевий зазор в конічній частині корпусу. Решта пилу відокремлюється через зазор між пиловпускним отвором і випускним клапаном. Роль останнього полягає в запобіганні виносу пилу реверсним потоком газу із прийомного бункера при його максимальному наповненні, можливій розгерметизації апарата чи нестабільності вхідного потоку.

Перших два ступені відводу твердої фази повинні позитивно впливати на ресурс циклона при роботі з абразивним пилом, особливо при високих температурах, зменшуючи ймовірність залипання адгезійним пилом жалюзійної решітки, через бокову поверхню якої здійснюється відвід очищеного газу.

На відміну від циклона з проміжним відведенням осадженого пилу [5] в створеному апараті відбувається остаточна очистка пилогазових потоків, без відсмоктування частини газу разом з відділеним пилом, він значно простіший за конструкцією. Конструкція пиловловлювача захищена патентом України на винахід.

Для визначення технічних показників роботи створеного пиловловлювача і дослідження впливу на них режимних і конструктивних параметрів обов'язковим є проведення його експериментальних досліджень за загальноприйнятою для такого класу обладнання методикою. Порівняння цих показників з показниками інших пиловловлювачів і дасть остаточну відповідь про доцільність його створення.

Here is substantiated the possibility of increasing the effectiveness of dustsucker equipment by improving the design of the most circulated device of centrifugal purification-cyclone.

Література

1. Greenfield R.R. – Fltr.a./Sep., 1973, v.10, № 3, p. 304-309.
2. Белевицкий А.М. Проектирование газоочистительных сооружений. – Л.: Химия, 1990. – 288 с.
3. Страус В. Промышленная очистка газов. – М.: Химия, 1981. – 616 с.
4. Центробежно-инерционный пылеотделитель: А.С. 598623 .Чернявский А.И., Байлук В.А., Куц В.П. (СССР). 1978. – 2с.
5. Пат. 20235 А Україна, 6 В04С 5/103. Циклон: . Пат. 20235 А Україна, 6 В04С 5/103 / Дубинін А.И., Майструк В.В., Креховецький О.М. Заявл. 10.02.97; Опубл. 27.02.98; Бюл. “Промислова власність” № 1. – 2 с.
6. Майструк В.В. Розділення запиленних газів у циклонах з проміжним відведенням твердої фази; Дис... канд. техн. наук: 05.17.08. – Львів, 2000. – 161 с.

Одержано 16.08.2003 р.