

УДК 621.928.9

В.Куц, канд.техн.наук, О.Марціяш

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЦИКЛОНА ЗІ СТУПЕНЕВИМ ВІДВЕДЕННЯМ ПИЛУ

Висвітлюється суть методики визначення економічної ефективності використання пиловловлюючого обладнання (дана методика була застосована для створеного авторами нового пиловловлюючого апарата) і техніко-економічної оптимізації систем пиловловлювання із застосуванням цього пиловловлювача.

Умовні позначення

K_n – нормативний коефіцієнт окупності капітальних вкладень;

A – річний об'єм виробництва, $\frac{\text{од}}{\text{рік}}$;

C_1 і C_2 – собівартість одиниці продукції до і після проведення заходів, $\frac{\text{грн}}{\text{од}}$;

U_1 і U_2 – питома шкода господарству до і після проведення заходів, $\frac{\text{грн}}{\text{од}}$;

K_1 і K_2 – питомі капітальні вкладення до і після проведення заходів, $\frac{\text{грн}}{\text{од}}$;

K' – капітальні вкладення для проведення заходів зі зниження викидів, грн;

σ – безрозмірний показник, що характеризує місцевість, для якої проводиться розрахунок;

f – безрозмірна поправка на розсіювання викидів в атмосфері;

M – приведена маса річного викиду забруднюючої речовини із джерела, $\frac{\text{ум.т}}{\text{рік}}$;

$D_{\text{ц}}$ – діаметр циклона, м;

w_{η} - швидкість газу в циклоні, м/с;

N – число циклонів в установці;

q – витрата газу через циклонну установку, м³/с;

$K_{к.з.}$ – коефіцієнт капітальних затрат;

E – енергозатрати, грн.;

C_e – ціна електроенергії, $\frac{\text{грн}}{\text{кВт.год}}$;

ξ – коефіцієнт опору циклона.

При створенні нового пиловловлюючого обладнання поряд з визначенням його технологічних показників – ефективності пиловловлювання і гідравлічного опору – необхідно визначити і його техніко-економічні показники, які у комплексі з технологічними дають відповідь про доцільність чи недоцільність застосування створеного апарата в даних умовах.

Оцінена ефективність використання пиловловлюючого обладнання може бути декількома методами, однак більшість з них враховують те, що воно, як правило, не дає прибутку, використання вловленого продукту лише частково окупує його спорудження. Повне врахування факторів, які впливають на показники ефективності застосування цього обладнання, можна провести, виходячи із аналізу економічних втрат від забруднень, а саме: вплив викидів на клімат і природні умови, втрати цінних продуктів і напівфабрикатів, соціальні втрати, шкода, що наноситься сільському господарству.

Кількісна оцінка шкоди, яка наноситься забрудненням повітря, і оцінка економічної ефективності заходів охорони повітря, що витікає з неї, є задачею, яка до цих пір не знайшла переконливого вирішення. Головною перешкодою є те, що розмежувати шкоду, яка наноситься забрудненням повітря та іншими природними чи антропогенними факторами, можна лише в рідкісних випадках [1].

З аналізу робіт [2-6], в яких переважають порівняння техніко-економічних показників різних схем газоочистки, можна зробити лише той висновок, що сучасна газоочистка коштує дорого – від 10 до 40-50% вартості обладнання основного виробництва.

Економічний ефект від проведення заходів з охорони повітря автори [7] пропонують розраховувати за формулою:

$$E = [(C_1 + Y_1 + K_n K_1) - (C_2 + Y_2 + K_n K_2)] A, \quad (1)$$

а термін окупності капітальних вкладів в ці заходи - за формулою:

$$\tau^{ok} = \frac{K'}{(C_1 + Y_1) - (C_2 + Y_2)} \cdot \quad (2)$$

Неважко побачити, що величина економічного ефекту E при розрахунках за формулою (1) може бути від'ємною. Це можливе при недоврахуванні всіх статей шкоди, що наноситься господарству до проведення заходів.

Недосконалою є і методика, викладена в [8]. Її основу складає формула

$$Y = v \sigma f M. \quad (3)$$

Значення константи v при оцінці викидів після 1985 р. становить $2,4 \frac{\text{крб}}{\text{ум.т.т}}$.

В цій методиці дається орієнтовна диференціація викидів за шкідливістю їх дії, але охоплює чи не соту частку всіх викидів промисловості, в ній не відображений той факт, що багато викидів мають обширний і складний комплекс властивостей, які необхідно враховувати.

При впровадженні нового пилоочисного обладнання головною метою є досягнення найкращих техніко-економічних показників, тобто найменшого відношення приведених затрат до ефекту, який досягається, якщо його оцінювати за ступенем очистки. В останні роки переважає оцінка не за ступенем очистки η , а за ступенем недоочистки η' , тобто $\eta' = 1 - \eta$. В такому випадку перевага нового обладнання в порівнянні з обладнанням-аналогом виражається (грн/рік) формулою [1].

$$E_{\phi} = \frac{(ПЗ)_2}{\eta_2'} - \frac{(ПЗ)_1}{\eta_1'} \quad (4)$$

Приведені затрати (ПЗ) формуються на основі структури техніко-економічних показників, до яких належать:

- 1) потужність обладнання (річний об'єм газу, який очищається), тис.м³;
- 2) річна кількість вловлених речовин, тис.м;
- 3) вартість виготовлення, в тому числі вартість будівельно-монтажних робіт, тис.грн.;
- 4) річна вартість вловлених речовин, тис.грн.;
- 5) річна собівартість очистки газів, тис.грн.;
- 6) річна вартість утилізованих вторинних ресурсів, тис.грн.;
- 7) річна потреба очисного обладнання в електроенергії (або інших видах енергії). тис.грн.;
- 8) річні приведені затрати, тис.грн.;
- 9) питомі приведені затрати, $\frac{\text{тис.грн}}{\text{тис.м}^3 \text{газу}}$;
- 10) питомі капітальні вкладення, $\frac{\text{тис.грн}}{\text{тис.м}^3 \text{газу} \cdot \text{год}}$;
- 11) витрата основних будівельних матеріалів (цементу, сталі, лісоматеріалів та ін.).

Два останніх пункти є деталізацією, що сприяє розкриттю формування приведених затрат.

Порівняння нового створеного обладнання з обладнанням-аналогом, створеним раніше, є далеко не кращим методом оцінки його досконалості. Пиловловлююче обладнання постійно зростає в ціні, і це робить таке порівняння малопереконливим. Але, на жаль, через відсутність достовірної оцінки ефективності очисних споруд щодо навколишнього середовища, доводиться користуватись цим малопереконливим методом.

Обладнання, яке приймається як аналог, повинно відповідати таким вимогам:

1. Бути функціонально близьким до створеного.
2. Воно повинно бути приведені в придатний для порівняння вигляд. Наприклад, з нього повинні бути вилучені занадто довгі пилогазопроводи, наявність яких зумовлена специфічними місцевими умовами.
3. Не можна порівнювати обладнання-аналог і створене обладнання, якщо вони мають різну компоновку (по вертикалі чи горизонталі).
4. Приведені затрати обладнання-аналога і створеного обладнання повинні бути тільки питомими, тобто віднесеними до тис.м³ газу, який очищається.

Техніко-економічне обґрунтування двох об'єктів доцільне лише тоді, коли приведені затрати співставляються з ефектом, який досягається. Щодо газоочисного обладнання, то ефект краще виражати не ступенем очистки, а ступенем недоочистки до 100%. Наприклад, при ступені очистки 99,5% збільшення її на 0,2%, означає зниження залишкового викиду на 40%. Це знайшло відображення у формулі (4).

При спорудженні нового обладнання необхідно знаходити оптимум (або хоч би наближатись до нього), який полягає в тому, що сумарні приведені затрати на очисне обладнання і обладнання, яке з ним пов'язане, наприклад, розсіююча труба, повинні бути мінімальними.

В останні роки практикується розробка нових проектів газоочисних споруд на основі базових техніко-економічних показників. Прийнятий в інституті Гипрогазоочистка і його філіях список базових показників включає такі показники:

1. Річний режим роботи, год/рік;
2. Річний об'єм газу, який очищується, тис м³/рік;
3. Початковий вміст домішок, що вловлюються, г/м³;
4. Кінцевий вміст домішок, що вловлюється, г/м³;
5. Ступінь очистки, %;
6. Ступінь недочистки до 100%, %;
7. Кошторисна вартість будівництва, в тому числі вартість будівельно-монтажних робіт, тис. грн.;
8. Собівартість очистки 1000 м³ газу, $\frac{\text{грн}}{\text{тис.м}^3}$;
9. Чисельність обслуговуючого персоналу, чел./год;
10. Термін окупності капітальних вкладень, рік;
11. Річна потреба в енергоресурсах:
 - електроенергія, тис. кВт. год;
 - пара, тис.т при тиску... МПа;
 - стиснене повітря, тис.м³ при тиску... МПа;
12. Трудомісткість будівництва, чел.-дні;
13. Витрати основних матеріалів:
 - сталь, т;
 - цемент, т;
 - лісоматеріали, м³;
14. Рівень автоматизації виробництва, %;
15. Основні апарати газоочистки (тип, марка, кількість).

Базові показники визначаються на основі аналога, приведеного в придатний для порівняння вигляд, причому показники аналога множаться на коефіцієнт прогресивності (1,1- 1,3), який враховує відставання аналога від сучасного рівня розвитку газоочисної техніки.

Оскільки створений циклон з ступеневим відведенням пилу [9] передбачається в більшості випадків використовувати як попередній ступінь пилоочисних систем, в зв'язку з поліваріантністю технічних рішень постає проблема оптимізації, суть якої можна продемонструвати таким прикладом. Нехай проектується двоступенева система: циклон з ступеневим відведенням пилу плюс електрофільтр. Виникає природне запитання, що економічно вигідніше: вловити основну масу пилу в циклоні (при відповідних затратах енергії), а як другий ступінь використати відносно невеликий електрофільтр для доочистки, або ж вловити в циклоні (при незначних затратах) лише грубі фракції пилу, а після цього використати багатопольний електрофільтр, в якому проходить основний процес вловлювання. Ще гостріше ці питання стоять, коли очисна система складається із трьох або чотирьох ступенів. В загальному розумінні мова йде про те, як найвигідніше розподілити технологічне навантаження між ступенями.

Шлях до вирішення цієї проблеми полягає в побудові в математичній формі техніко-економічних моделей об'єктів, які оптимізуються, тобто рівнянь, в яких були б зв'язані в одне ціле конструктивно-технологічні і техніко-економічні параметри. В колишньому СРСР така модель побудована тільки стосовно циклонних установок [1].

Оскільки створений циклон з ступеневим відведенням пилу за конструкцією близький до циклонів НИИОГаз, цілком закономірним є рішення застосувати основні положення вказаної моделі для вирішення питань оптимізації систем очистки з використанням цього пиловловлювача.

У відповідності до вимог цієї моделі спочатку визначається базисний параметр, який визначає типорозмір циклона, а саме умовний час осадження $\tau_{ум}$:

$$\tau_{ум} = \frac{D_{ц}}{w_{ц}}. \quad (5)$$

Умовний час осадження визначається за номограмами. Для побудови техніко-економічної моделі необхідний показник, який характеризує вартість циклона. На основі виконаного в інституті Ленгипрогазоочистка аналізу майже півтори тисячі циклонів діаметром від 0,4 до 3,0 м в різних варіантах установки (від одного апарата до груп із восьми апаратів, з врахуванням вартості бункерів і збірників чистого газу) була виведена формула для визначення вартості циклонної установки (КЗ):

$$(КЗ) = K_{К.З} \cdot D_{ц}^2 \cdot N. \quad (6)$$

Коефіцієнт капітальних затрат $K_{К.З}$ приводиться в [1].

У відповідності з прийнятою техніко-економічною оцінкою промислових об'єктів приведені капітальні затрати (ПЗ) визначаються як:

$$(ПЗ) = E + (КЗ) \cdot K_n. \quad (7)$$

Швидкість газу може бути виражена через базисний параметр:

$$w_{ц} = \frac{D_{ц}}{\tau_{ум}}. \quad (8)$$

Після підстановки відповідних величин, приймаючи, що середнє число роботи в рік складає 7000 год., коефіцієнт запасу вентилятора рівний 1,2, а ККД електроприводу рівний 0,8, виходить що:

$$(ПЗ) = \left\{ \frac{5,25 \cdot \rho \cdot \xi \cdot C_e \cdot D_{ц}^2}{\tau_{ум}^2} + \frac{1,27 \cdot K_{К.З} \cdot K_n \cdot \tau_{ум}}{D_{ц}} \right\} \cdot q. \quad (9)$$

Рівняння (9) є шуканою техніко-економічною моделлю циклонної установки: в ній приведені затрати, зв'язані із ступенем вловлювання (через базисний параметр $\tau_{ум}$), характеристикою газу (ρ), показником енергомісткості (ξ), вартісним показником ($K_{К.З}$), зовнішніми економічними факторами (C_e, K_n) і продуктивністю установки (q).

Дослідження рівняння (9) показало, що приведені затрати є функцією діаметра циклона і графічно виражаються сімейством кривих що мають загальну ознаку – точку мінімуму. Диференціювання (ПЗ) за діаметром при постійності інших величин дає такий результат:

$$\frac{d(ПЗ)}{dD_{ц}} = \left\{ \frac{10,5 \cdot \rho \cdot \xi \cdot C_e \cdot D_{ц}}{\tau_{ум}^2} - \frac{1,27 \cdot K_{К.З} \cdot K_n \cdot \tau_{ум}}{D_{ц}^2} \right\} \cdot q. \quad (10)$$

Для знаходження мінімуму (ПЗ) похідна прирівнюється до нуля, і рівняння вирішується відносно $D_{ц}$:

$$D_{ц}^{opt} = 0,49 \cdot \tau_{ум}^3 \sqrt{\frac{K_{К.З} \cdot K_n}{\xi \cdot C_e \cdot \rho}}. \quad (11)$$

Як стверджує автор [1], дана методика відкриває шлях до побудови техніко-економічних моделей для апаратури інших типів, а далі – для систем очистки для двох і більше апаратів. За його даними, оптимізовані варіанти циклонних установок дають економію для приведених затрат в розмірі 10% в порівнянні з неоптимізованими.

Висновки

Позитивні результати експериментальних досліджень створеного циклона з ступеневим відведення пилу є підставою для практичного застосування таких апаратів в конкретних умовах виробництва.

Так, на двох підприємствах як перший ступінь систем очистки використані циклони з ступеневим відведенням пилу продуктивністю 1700 м³/год. Слід зазначити, що пил, від якого очищається повітря, різний: на одному підприємстві – це пил, що утворюється при завантажуванні-розвантажуванні будівельних матеріалів (пісок, цемент, щебінь), а на іншому – пил, що утворюється при обробці деревини – виготовленні паркету. Як другий ступінь очистки в обох випадках використані рукавні фільтри. В обох випадках досягається необхідний ступінь очистки, і очищене повітря відповідає вимогам нормативних документів.

Розрахунок економічної ефективності застосування вказаних пиловловлювачів проводився на основі описаної вище методики Гипрогазоочистки з внесенням відповідних коректив на специфіку підприємств. Річний економічний ефект, згідно з розрахунками економістів підприємств, складає відповідно 38 тис. і 43 тис. гривень.

Для обох апаратів проведена оптимізація згідно з описаною методикою. Оскільки умови експлуатації апаратів на підприємствах різні, отримані результати є особливо важливими для оцінки достовірності використаної методики.

В обох випадках оптимальні значення діаметра апарата близькі до 0,4м. Як обладнання-аналог в обох випадках були циклони НИИОГаз такої ж продуктивності.

Here presented the essence of methods by determining the technical and economical optimalization of dust catching device and economical effectiveness of using dust catching equipment, which was applied by authors of an improved dust catcher device.

Література

1. Белевицкий А.Н. Проектирование газоочистительных сооружений. – Л.: Химия, 1990. – 288 с.
2. Дубинская Ф.Е., Алексеева Е.Д. Очистка газов в производстве минеральных удобрений. – М.: ЦИНТИХИМ-НЕФТЕМАШ, 1983. – 38 с.
3. Шве́ц Н.М. Техничко-економические исследования схем очистки газов от пыли в черной металлургии: Экспресс-информация. – М.: 1967, Сер.2, Вып.1. – 16 с.
4. Бродский Ю.Н. Современные методы очистки дымовых газов от сернистого ангидрида и их экономика. – М.: ЦНИИТЭНЕФТЕХИМ, 1973. – 58 с.
5. Дубчак Р.В. Переработка отходов алюминиевого производства за рубежом. – М.: ЦВЕТМЕТИНФОРМАЦИЯ, 1978. – 30 с.
6. Бережинский А.И., Хомутильников П.С. Утилизация, охлаждение и очистка конвекторных газов. – М.: Металлургия, 1967. – 216 с.
7. Экономика обезвреживания газовых выбросов. – М.: НИИТЕХИМ, № 6 (25), 1979. – 26 с.
8. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 15 с.
9. Пат.62320А Україна, 7 ВО4С3/06. Циклон підвищеної ефективності з ступеневим відведенням пилу: Пат.62320А Україна, 7 ВО4С3/06/ Куц В.П., Марціянш О.М., Ярош Я.Д. Заявл. 04.03.03; Опубл. 15.12.03. Бюл.12. – 2 с.

Одержано 01.03.04 р.