

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РОТОРА В ЦИКЛОННОМ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕ

КУЗЬМИН В. В.

Белорусский государственный технологический университет

Повышение эффективности очистки газовых потоков от твердой дисперсной фазы в циклонах и других пылеуловителях, как правило, приводит к увеличению энергозатрат на проведение процесса [1]. Наиболее существенные потери в циклоне, как известно [2], обусловлены потерями энергии вращательного движения газового потока в выхлопной трубе и на выходе из нее. Для использования этого вращательного движения в предлагаемой конструкции модифицированного циклона применен лопастный ротор, установленный вместо выхлопной трубы на выходе газа из аппарата и вращающийся в одном направлении с потоком. Поскольку максимум тангенциальной скорости в циклоне находится во внутренней части потока, а периферийные слои вращаются с меньшей интенсивностью [1], посредством ротора происходит перераспределение скоростей (энергий): приосевой, покидающий циклон вихрь замедляется, отдавая часть своей энергии ротору, а периферийный, получая дополнительную энергию, наоборот, ускоряется. Дополнительная закрутка наружных слоев газа способствует смещению их к внутренней стенке пылеуловителя и образованию периферийного обратного потока, уносящего с собой частицы, отсепарированные как ротором, так и во внутреннем восходящем вихре, что приводит к повышению эффективности сепарации [3]. Уменьшение крутки на выходе из циклона, как известно [2], должно также способствовать снижению его гидравлического сопротивления.

Исследования [3] подтвердили положительное влияние ротора на эффективность сепарации. Для определения энергоэффективности предложенной конструкции и проверки выдвинутых выше положений было проведено сравнение удельных энергозатрат в стандартном циклоне ЦН-15 и выполненном на его основе циклонно-роторном пылеуловителе. Опыты проводились с ротором, имеющим прямые, расположенные перпендикулярно плоскости колеса лопатки, наружным диаметром, равным 0,92 диаметра цилиндрической части корпуса циклона.

Гидравлическое сопротивление пылеуловителя Δp , зависящее как от среднерасходной скорости газового потока в аппарате w , так и от частоты вращения ротора n , несколько снизилось по сравнению с циклоном обычной конструкции (рис. 1). Повышение частоты вращения ротора увеличивало общее гидравлическое сопротивление пылеуловителя, причем зависимость Δp для каждого значения n можно аппроксимировать следующим выражением:

$$\Delta p = \Delta p^* + k w^c,$$

где Δp^* – постоянная при данном числе оборотов ротора величина, описываемая уравнением типа $\Delta p^* = bn^2$, где значение b для разных n лежит в

диапазоне 0,11...0,12; k и c – постоянные коэффициенты, опытные значения которых изменялись соответственно от 49,2 и 2,07 при $n = 10$ об/с до 54,7 и 1,98 при $n = 48$ об/с.

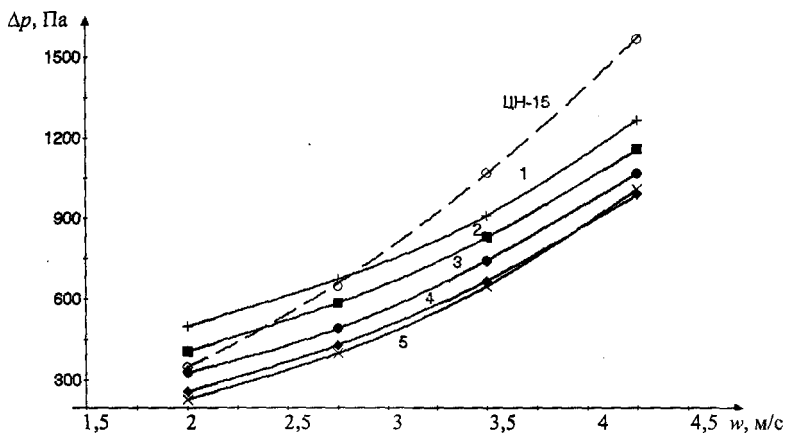


Рис. 1. Зависимость Δp от средней скорости w при разных значениях n : 1 – 48 об/с; 2 – 40; 3 – 30; 4 – 20; 5 – 10 об/с

Энергозатраты на вращение ротора (рис. 2) определялись по мощности N , потребляемой приводным электродвигателем. Величина N , как и гидравлическое сопротивление пылеуловителя, существенно зависела от значений n и w , причем увеличение среднерасходной скорости газового потока в аппарате приводило к снижению N . При небольших числах оборотов и, наоборот, высоких значениях скорости w потребление ротором мощности прекращалось, и он продолжал вращение за счет энергии закрученного потока. Отрицательные значения N свидетельствуют о положительной работе, совершаемой при этом газом (рис. 2).

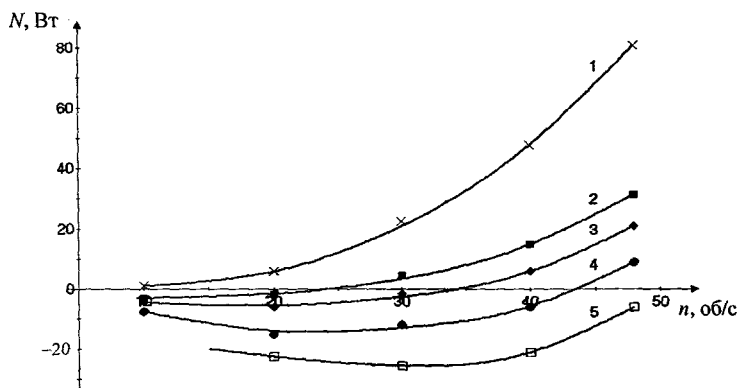


Рис. 2. Зависимость мощности N от частоты вращения ротора n при средней скорости w : 1 – 0 м/с; 2 – 2; 3 – 2,75; 4 – 3,5; 5 – 4,25 м/с

Суммарные удельные энергозатраты N' (кВт · ч на 1000 м³ очищаемого газа) на проведение сепарационного процесса определялись с учетом гидравлического сопротивления Δp и потребляемой ротором мощности N (рис. 3). При высоких значениях расхода величина N' для циклонно-

роторного пылеуловителя оказалась ниже, чем для обычного циклона. С уменьшением w , когда затраты мощности на подкручивание газового потока ротором возрастали, N' снижались менее интенсивно, чем в стандартном ЦН-15. В то же время в обычном циклоне фактор разделения, как и N' , определяется квадратом средней скорости, поэтому ее снижение сопровождается и соответствующим падением эффективности очистки. В циклонно-роторном пылеуловителе, где необходимый уровень крутки поддерживается с помощью ротора, снижение расхода приводит лишь к более длительному нахождению газопылевого потока в поле сепарационных сил и соответственно повышению эффективности разделения.

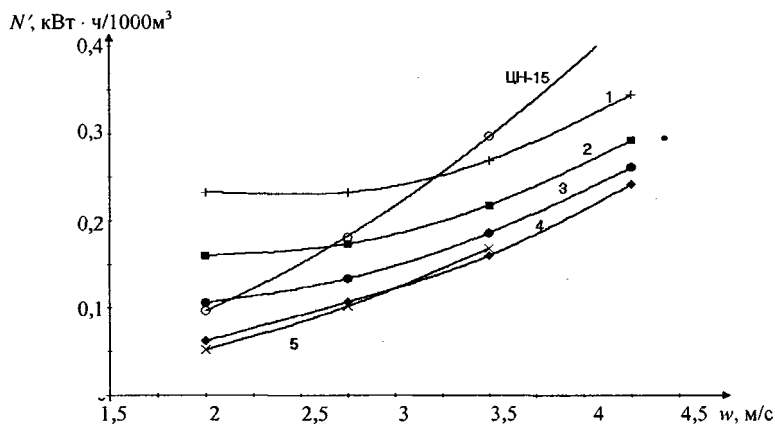


Рис. 3. Зависимость суммарных удельных энергозатрат N' , кВт·ч/1000 м³, от средней скорости w и частоты вращения ротора n : 1 – 48 об/с; 2 – 40; 3 – 30; 4 – 20; 5 – 10 об/с

В области номинальных для ЦН-15 расходов газового потока ($w \approx 3,5$ м/с) и высоких значениях n ($n = 40 \dots 50$ об/с) величина N' для циклонно-роторного пылеуловителя не превысила удельных затрат в обычном циклоне (рис. 3) при более высоком коэффициенте очистки. Данный факт свидетельствует, очевидно, о более рациональной с точки зрения эффективности использования энергии, организации сепарационного процесса в таком пылеуловителе.

ЛИТЕРАТУРА

1. П и р у м о в А. И. Обеспыливание воздуха. – М.: Стройиздат, 1981. – 296 с.
2. И д е л ь ч и к И. Е. Гидравлическое сопротивление циклонов, его определение, величина и пути снижения // Механическая очистка промышленных газов / НИИОГАЗ. – М.: Машиностроение, 1974. – С. 135–160.
3. К у з ь м и н В. В., М а р к о в В. А. Использование комбинированной схемы закручивания пылегазового потока в циклонном пылеуловителе // Химическая промышленность. – 2003. – № 8. – С. 12–14.

Представлена кафедрой
процессов и аппаратов
химических производств

Поступила 28.05.2004