

4. Власенко Ю.Е., Кузьменко В.И. О влиянии свойств упругости основания на осадки и повороты массивных сооружений // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, 2008. –№1–2. –С. 57–65.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Сдвіжковою О.О.
Надійшла до редакції 11.04.2013*

УДК 66.022.63:502.36

© Д.В. Рудаков, А.Д. Ляховко

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОЦИКЛОНА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ОБЪЕМОВ ПЫЛЕВЫХ ВЫБРОСОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ (НА ПРИМЕРЕ г. ДНЕПРОДЗЕРЖИНСКА)

Обосновывается применение модернизированного аппарата электроциклон для очистки выбросов агломерационного производства от пыли на примере ДМК им. Дзержинского. Оценен эколого-экономический эффект уменьшения выбросов пыли в масштабах города Днепродзержинска

Обґрунтовується застосування модернізованого апарату електроциклон для очищення викидів агломераційного виробництва від пилу на прикладі ДМК ім. Дзержинського. Оцінено еколого-економічний ефект зменшення викидів пилу в масштабах міста Дніпродзержинська.

The use of the upgraded device electrical cyclone for cleaning emissions from the production of sinter dust on the example of Dneprodzerzhinsk metallurgical plant named after Dzerzhinsky is justified. An ecological and economic effect of reducing dust emissions within the city Dneprodzerzhinsk is assessed.

Введение. Проблема защиты атмосферного воздуха является актуальной задачей в промышленно развитых регионах, одним из которых является Днепропетровская область. Особенно высокая степень загрязнения атмосферного воздуха характерна для Днепродзержинска – крупного промышленного центра, в котором расположены несколько десятков предприятий – источников загрязнения атмосферы вредными веществами и пылью. Суммарные выбросы пыли в атмосферу города в 2011 г составили 17,936 тыс. тонн [1]. Основным загрязнителем атмосферы г. Днепродзержинска пылью является Днепровский металлургический комбинат им. Дзержинского (табл. 1). При этом в структуре выбросов, как и на любом металлургическом производстве, на долю агломерационной фабрики приходится значительная часть – более 60% выбросов пыли всего комбината [3].

Большинство промышленных предприятий – загрязнителей атмосферы были построены в прошлом веке без учета экологической составляющей. Они расположены в правобережной части города, где проживает 2/3 его населения. В этой части Днепродзержинска сложилась напряженная экологическая обстановка: значение ПДК по пыли стабильно превышено в 2–3 раза [4].

Предприятия – основные загрязнители атмосферы пылью в
г. Днепродзержинске

Предприятие	Объем вы- бросов пыли, т/год	Объем от вы- бросов всего города, %	Оснащенность источников вы- бросов ГОУ, %	Эффективность работы ГОУ, %
ДМК	17351,107	96,7	66,5	85–98
Баглейкокс	132,194	0,7	8,56	85–98
ДКХЗ	81,145	0,5	46,8	90,8

ГОУ – газоочистные установки

Одним из выходов было бы закрытие вредных производств и перенос их за черту города. Однако эти предприятия являются градообразующими, и их закрытие повлечет за собой крупные социально-экономические проблемы. Ситуация усугубляется тем, что в условиях экономического кризиса предприятия не могут вкладывать необходимые средства в реконструкцию производства и замену морально и физически устаревшего технологического и пылеочистного оборудования.

Необходимо отметить, что большая часть применяемого пылеулавливающего оборудования было установлено еще в 1970–80 гг. и практически отработала свой ресурс. Имеющееся ГОУ не обеспечивает требуемые предельные нормы выбросов, что в промышленных масштабах приводит к тяжелым последствиям для окружающей среды и здоровья населения города.

Постановка задачи. Для решения этой проблемы в современных реалиях необходим надежный и технологичный аппарат с низкой металлоемкостью и высокой степенью очистки от пыли, который можно было бы изготовить или модернизировать непосредственно на производстве. В качестве альтернативы традиционным устройствам предлагается использование аппарата комбинированной очистки – электроциклона. Задача исследования состоит в оценке эколого-экономической эффективности предлагаемого аппарата и обосновании применения его на предприятиях, выбрасывающих большие объемы пыли.

Методика исследований. За основу разработки был взят стандартный циклон ЦН-15, в который добавлены элементы конструкции электрофильтра с минимальным внесением переделок в конструкцию [5]. Схема предлагаемого электроциклона представлена на рис. 1.

Для проверки обоснованности применения электроциклонов в производстве были использованы два критерия:

1. Эффективность очистки по сравнению с традиционными аппаратами (циклонами и электрофильтрами)
2. Объем выбросов пыли в масштабах города, который удастся уменьшить применяя данный аппарат.

Расчетные оценки выполнены на примере объемов выбросов и фракционного состава пыли аглофабрики ДМК им. Дзержинского [2,3,6].

Для оценки эффективности очистки газов от пыли предлагаемым электроциклоном необходимо определить массы всех фракций пыли, образующейся на агломерационном производстве металлургического комбината. Обозначим через M_{Σ} общую массу пыли, образующейся в организованных источниках, которая подлежит очистке. Тогда массы всех n фракций пыли M_i определяются по формуле

$$M_i = p_i M_{\Sigma}, i=1, \dots, n, \quad (1)$$

где p_i – массовые доли содержания каждой фракции пыли в ее общей массе до очистки, д. ед.

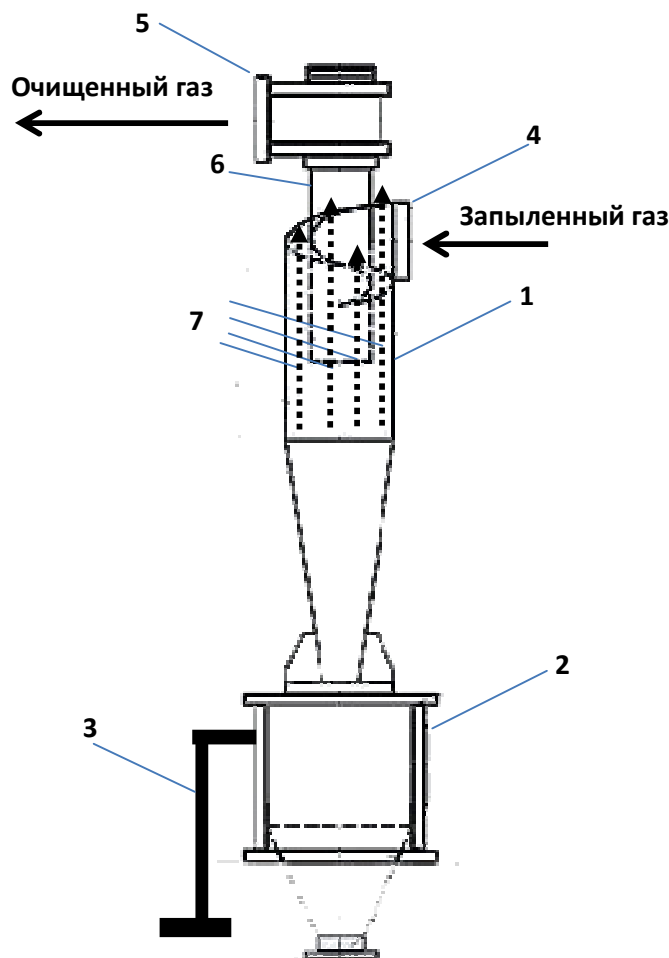


Рис. 1. Схема электроциклона: 1 – корпус; 2 – бункер; 3 – заземление; 4 – входной патрубок для ввода газового потока; 5 – выходной патрубок для выхода очищенного газа; 6 – выхлопная труба; 7 – коронирующие электроды;

Масса i -й фракции пыли после очистки m_i определяется по формуле

$$m_i = (1 - \eta_{c,i}) M_i, \quad (2)$$

где $\eta_{c,i}$ – коэффициент очистки i -й фракции пыли на существующем оборудовании, д. ед.

Сопоставляя соотношения (1) и (2), и суммируя их для всех фракций, получим оценку массы всей пыли, образующейся в производстве

$$M_{\Sigma} = \frac{m_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n p_i (1 - \eta_{c,i})}, \quad (3)$$

где m_{Σ} – масса выбросов пыли всех фракций, $m_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n m_i$, т. Знаменатель имеет смысл среднефракционной доли всей пыли, которая выбрасывается вследствие несовершенства очистного оборудования.

По имеющимся данным о выбросах (величине m_{Σ}) [2], фракционному составу пыли (величины p_i) [6] и рассчитанным коэффициентам фракционной очистки [7] сначала рассчитывается величина M_{Σ} по формуле (3). Далее по соотношению (1) определяются массы всех фракций до очистки.

Коэффициенты фракционной очистки предлагаемого электроциклона $\eta_{ec,i}$ определяются с помощью авторской методики, основанной на [7], и учитывающей, равномерное изменение размера частиц в каждой фракции. Тогда для фракции, предельные размеры частиц которой составляют d_1 и d_2 ($d_1 < d_2$), коэффициент эффективности очистки вычисляется в виде:

$$\eta_{12} = \frac{1}{d_2 - d_1} \int_{d_1}^{d_2} \eta(\xi) d\xi, \quad (4)$$

Общий коэффициент очистки, как центробежной, так и электрической, рассчитывается путем суммирования фракционных коэффициентов с учетом процентного содержания каждой фракции.

Массы всех фракций пыли после очистки электроциклоном определяются по формуле (2) с заменой параметра $\eta_{c,i}$ на $\eta_{ec,i}$.

Для оценки технико-экономической эффективности предлагаемого аппарата использовался метод приведенных годовых затрат [8]. Необходимо отметить, что применительно к электроциклону это является сложной задачей ввиду отсутствия аналогов, поэтому расчеты проводились на основе сравнительных данных с базовыми аппаратами – циклоном и электрофильтром. Для сравнения брались аппараты с одинаковыми значениями запыленности и расходом очищаемых газов до 100 тыс. м³/год.

Расчет эффективности электроциклона проводился по формуле:

$$\mathcal{E} = (П - E \cdot K) A, \quad (5)$$

где $П$ – прибыль от применения газоочистного оборудования, E – нормативный коэффициент эффективности капитальных затрат, K – удельные капитальные вложения, A – годовой объем очищаемых газов (м³/час).

Результаты расчета. Изменение эффективности очистки выбросов агломерационного производства от пыли электроциклоном по сравнению с имеющимися пылеулавливающими аппаратами показано на рис. 2 и 3. Снижение общего объема пыли составит 5913 тыс. т, причем по самым мелким фракциям от 4 до 10 мкм – 1508,7 тыс. т. В результате этого превышение ПДК по пыли в атмосфере города может снизиться до 1–1,5.

Необходимо отметить, что конструкция электроциклона позволяет изменять технические характеристики в широких пределах, что позволяет эффективно улавливать пыль с различными физико-химическими свойствами.

Расчеты экономической эффективности электроциклона выполнялись с погрешностью $\pm 30\%$, что достаточно для исследовательского ТЭО [8]. Технико-экономические показатели сравниваемых установок приведены в табл. 2.

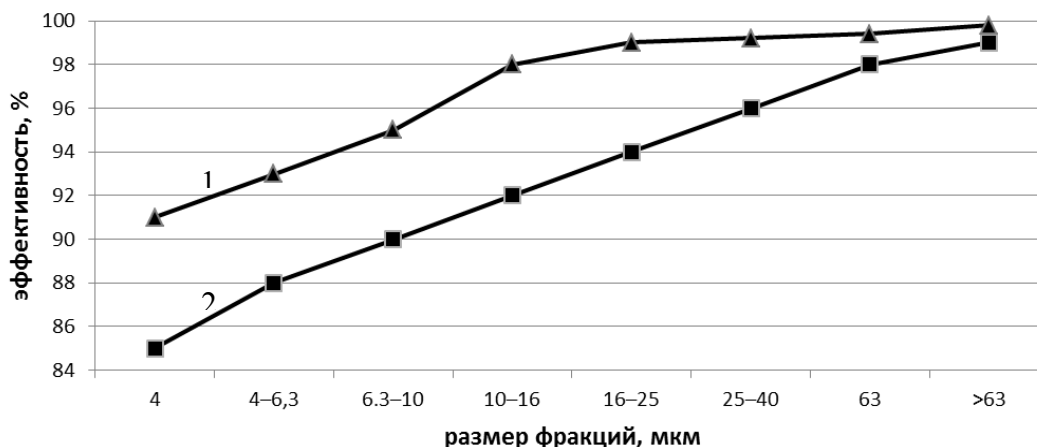


Рис. 2. Распределение коэффициентов очистки по фракциям пыли агломерационного производства: 1 – стандартный циклон ЦН-15, 2 – электроциклон

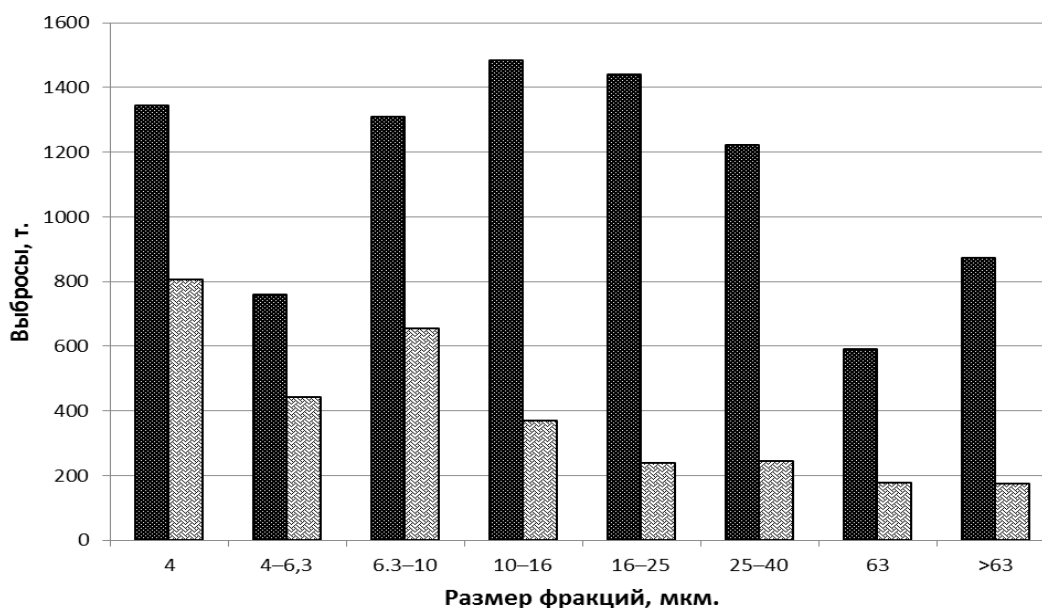


Рис. 3. Масса выбросов пыли агломерационного производства после очистки: ■ – стандартным циклоном, ▨ – электроциклоном

Предлагаемый электроциклон по эффективности немногим уступает электрофильтру, но по удельным капитальным затратам и стоимости очистки 1000 м^3 газа обходится на 46–81 % дешевле, что дает ему технико-экономические преимущества по сравнению с применяемым типовым оборудованием – циклоном и электрофильтром.

Таблица 2

Технико-экономическая эффективность газоочистного оборудования

Оборудование	Степень очистки, в среднем, %	Удельные капитальные затраты на 1000 м ³ газа, грн.*	Стоимость очистки грн./м ³ час*
циклон	96,99	4,25	2,75
электрофильтр	99,45	12,5	8,25
электроциклон	97,94	5,75	6,75

* – по ценам 2012 г.

Для экспериментального подтверждения полученных данных авторами проводятся натурные испытания на опытно-промышленной установке ЭЦН 15–200.

Выводы. Результаты расчетов показывают высокую эффективность предлагаемого электроциклона с точки зрения очистки пыли. Коэффициент фракционной очистки в промышленных условиях по расчетным данным составит не менее 97,94 %.

Применение аппарата комбинированной очистки оправдано с эколого-экономической точки зрения – себестоимость очистки мелких, наиболее опасных для здоровья фракций пыли до 10 мкм снижается на 50% по сравнению с электрофильтром.

Таким образом, модернизация имеющихся пылеулавливающих устройств в условиях металлургического производства в г. Днепропетровске может существенно повысить их эколого-экономическую эффективность.

Список литературы

1. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 2011 р. Д.: Державне управління ОНПС в Дніпропетр. обл., 2012. – 193 с.
2. Екологічний паспорт Дніпропетровської області. Д.: Державне управління ОНПС в Дніпропетр. обл., 2012. – 135 с.
3. Елисеев А.К., Мартыненко В.А., Каракаш А.И, Колесников В.И. Охрана окружающей среды в агломерационном производстве / Елисеев А.К. – М.: Металлургия, 1994 г. 176 с.
4. <http://ecodnpr.dp.ua/index.php/state-environmental-components?view=alphacontent&start=20>
5. Ляховко О.Д., Рудаков Д.В.; Власник ДВНЗ НГУ. Пат. 77681 Україна, МПК В03 С 3/15 Электроциклон. № 201209233; заявл. 27.07.2012; опубл. 25.02.2013, Бюл. №4.
6. Скрыбина Л.Я. Атлас промышленных пылей Ч.2 [Текст] / Скрыбина Л.Я. – М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1981. – 38 с.
7. Циклоны НИИОГАЗ. Руководящие указания по проектированию, изготовлению, монтажу и эксплуатации. / – Ярославль: Всесоюзное объединение по очистке газов и пылеулавливанию, 1970. – 96 с.
8. А.Ю. Никифоров, А.Н. Тростин. Стоимость подавления отходов [Текст] / А.Ю. Никифоров – Иваново: ГОУВПО Ивановский государственный химико-технологический университет, 2007. – 56 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Голінком В.І.
Надійшла до редакції 18.05.2013*