

УДК. 621.929.97.

ПРИЕМОВ С.И., ЗАБОЛОТНЫЙ В.Н.

Ин-т технической теплофизики НАН Украины

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ УЛАВЛИВАНИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ КАОЛИНА

Виконано оцінку величини питомої енергії, що витрачається на вловлювання високодисперсного каолінового пилу в трубі Вентурі, необхідної для забезпечення вимог санітарних норм. Для аналогічних умов та іншого пилу розглянуто показники роботи сухих пилловловлювачів – електричних, тканинних, зернистих. Показано, що найбільш доцільним для вловлювання пилу каоліну є використання зернистих фільтрів.

Выполнена оценка величины удельной энергии, расходуемой на улавливание высокодисперсной каолиновой пыли в трубе Вентури, необходимой для обеспечения требований санитарных норм. Для аналогичных условий и другой пыли рассмотрены показатели работы сухих пылеуловителей – электрических, тканых, зернистых. Показано, что наиболее целесообразным для улавливания пыли каолина есть использование зернистых фильтров.

The value of specific energy consumed for suppression of high-dispersed caolin dust in the venturi pipe necessary for providing demands of sanitary norms has been estimated. Characteristics of the work of dry dust collectors – electrical, tissue, granular – have been considered for analogous conditions. It is shown that the use of granular filters for collection of caolin dust is most expedient.

B, c – коефіцієнти в уравнении (1);
 d_{50} – середній медіанний діаметр пилу;
 K – запыленность;
 K_T – удельная энергия, затрачиваемая на пылеулавливание;

η – ефективність пылеулавливания (доли единицы).

Індекси:

нач – начальний;
кон – конечный.

Производство каолина характеризуется выделением из технологического оборудования (сушильные барабаны, размольное оборудование и др.) мелкодисперсной пыли с медианным диаметром $1 \leq d_{50} \leq 10$ мкм [1]. Улавливание каолиновой пыли (IV группы дисперсности [2]) представляет значительные трудности и в настоящее время осуществляется, например, в системе очистки газов после сушильных барабанов в сухих циклонах ЦН-15 диаметром 800 мм (первая степень очистки) и затем в двухступенчатом скруббере Вентури (вторая степень очистки) [3]. Величина необходимых энергозатрат (для обеспечения требуемой санитарными нормами конечной запыленности 30 мг/м^3) достаточна высока и может быть определена для наиболее энергозатратной части схемы – трубах Вентури по зависимости [4].

$$\eta = 1 - \exp(-B \cdot K_T^c) \quad (1)$$

Величины коэффициентов B и c приняты по [3] и для двухступенчатой трубы Вентури при улавливании каолиновой пыли составляют $B = 2,34 \cdot 10^{-4}$; $c = 1,115$.

После подстановки значений коэффициентов B и c в формулу (1) и выполнения расчетов для различных величин степени очистки получим данные для оценки эффективности пылеулавливания в зависимости от удельной энергии, затрачиваемой на пылеулавливание K_T .

Из данных табл. 1 видно, что уровень энергозатрат, необходимый для обеспечения требований санитарных норм к величине конечной запыленности газа после очистки ($K_{\text{кон}} \leq 30 \text{ мг/м}^3$), составляет для двухступенчатой трубы Вентури 7500

кДж/1000 м³ и до 11250 кДж/1000м³ для одноступенчатой трубы Вентури.

С учетом затрат на первую ступень очистки в циклонах, эти энергозатраты будут еще выше. В частности именно по этой причине в настоящее время системы очистки, например, дымовых газов после сушильных барабанов, могут работать только с двумя последовательно установленными тягодутьевыми установками ВМ-17.

И если раньше, в условиях отсутствия дефицита энергоносителей и их дешевизны, такая схема очистки успешно работала, то сейчас положение кардинально изменилось. Поэтому требуется разработка менее энергоемкой технологии сухой очистки газов каолиновых производств. С этой целью рассмотрим существующие сухие методы очистки пылей других производств с близкими к каолиновой пыли физико-химическими свойствами.

Авторами выполнена оценка величин энергозатрат в трубах Вентури при улавливании близких по физико-химическим свойствам пылей различных производств. Так, после подстановки в формулу (1) соответствующих значений B и c [5] таких пылей, получены приведенные в табл. 2 данные.

Рассмотрим, в первую очередь для этих, и других близких по дисперсному составу пылей – ка-

кие схемы очистки и пылеулавливающее оборудование применялись для их улавливания и какие основные критерии принимались при их обоснованном выборе.

Аэрозоль тумана фосфорной кислоты имеет высокодисперсный состав - медианный диаметр $d_{50} \approx 1,6$ мкм [6].

В работе [6] проведен обзор 25 промышленных установок США по производству фосфорной кислоты, сведения об эффективности работы некоторых из них приведены в табл. 3

Авторы делают вывод о том, что наилучшая очистка от тумана фосфорной кислоты осуществляется электрофильтром.

Для очистки газов мартеновских печей ($d_{50} \sim 1$ мкм), в мире применяют установки двух типов: электрофильтры и мокрая очистка трубах Вентури [7]. Их эффективность, приблизительно, одинаковая, позволяющая снизить концентрацию пыли в отходящих газах до уровня не более 100 мг/м³ [4]. В табл. 4 приведенные результаты технико-экономического сравнения этих двух схем очистки в условиях мартеновского производства.

Для мартеновских печей всех типов экономические преимущества имеют электрофильтры, хотя разница в приведенных затратах не так уж велика. Это объясняется тем, что установка дешевых мокрых пылеуловителей требует организации

Табл. 1. Эффективность очистки каолиновой пыли в двухступенчатой трубе Вентури

Параметры очистки	K_T , кДж/1000 м ³							
	3000	4000	5000	6000	7000	7500	8000	9000
$K_{нач}$, г/м ³	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
$K_{кон}$, мг/м ³	688	352	177	88	43,2	30*	20,8	8,0
Степень очистки, η %	82,8	91,2	95,56	97,8	98,92	99,25	99,28	99,75

* – норматив запыленности по СНиП.

Табл. 2. Уровень энергозатрат в трубах Вентури

№	Вид пыли	Величины коэффициентов в уравнении (1)		Величина K_T , необходимая для достижения степени очистки $\eta = 99,25\%$ и $K_{кон} = 30$ мг/м ³ (кДж/1000м ³)
		B	c	
1	Туман фосфорной кислоты	$1,34 \cdot 10^{-2}$	0,6312	11126
2	Пыль мартеновских печей: - на кислородном дутье - на воздушном дутье	$1,565 \cdot 10^{-6}$	1,619	10270
		$1,74 \cdot 10^{-6}$	1,594	11108
3	Пыль дымовых газов карбидной печи	$0,823 \cdot 10^{-3}$	0,914	13459

весьма дорогостоящего водного хозяйства и значительных энергозатрат на преодоление гидравлического сопротивления. С другой стороны у электрофильтров капитальные затраты в 3-4 раза выше, а при эксплуатации электрофильтров в несколько раз ниже, чем при работе трубы Вентури.

Очистка газов печей плавки карбида кальция с ($d_{50} = 1,2$ мкм) была проверена в рукавных фильтрах ФРКДИ-1100, оснащенных лавсановыми рукавами [8]. При расходе газа 95...100 тыс. м³/ч, температуре 80...90 °С, начальной запыленности 1,3...1,4 г/м³, сопротивлении фильтра 2300...2500 Па была получена степень очистки 97,2...99,5 %

при запыленности газа на выходе 8...38 мг/м³. При работе печей кратковременные скачки температур газов (до 300 °С) и залповые выбросы искр приводили к выводу из строя дорогостоящих рукавов. Поэтому для защиты рукавов были приняты специальные меры (защитные сетки, конические завихрители и др.).

При обеспыливании газов рудно-термических печей при выплавке титановых шлаков было испытано несколько схем газоочистки с применением различных аппаратов [9]. Пыль имела $d_{50} = 1...2$ мкм [9], средняя запыленность за плавку 23,5 г/м³. Эффективность циклонов составляла

Табл. 3. Характеристика аппаратов для улавливания тумана фосфорной кислоты

Вид туманоуловителя	Расход газа, м ³ /ч	Температура газа, °К	Гидравлическое сопротивление, Па	Степень очистки, %
Насадочный скруббер	13,5	360	850	95,5
Скруббер Вентури, циклоном-каплеуловителем	11,7	334	19000	99,95
	11,2	367	8500	97,5
Сетчатый туманоуловитель	20,7	351	10000	99,5
	14,7	356	-	95,0
Электрофильтр:				
ГПФ-7-9	-	-	200	99,45
ГПФ-7-9 (шламовая система)	-	-	200	96,2

Табл. 4. Техничко-экономические показатели схем очистки мартеновского производства

Емкость печи, т	200	400	900
Расход газов, тыс. м ³ /ч	47	59,6	95
Приведенные затраты на очистку 1000 м ³ газа, руб.			
Скрубберы Вентури	0,174	0,167	0,184
Электрофильтры	0,158	0,149	0,166

Табл. 5. Эффективность схем очистки газов печей плавки карбида кальция

Тип пылеулавливающей установки	Сопротивление, Па	Начальная запыленность газа, мг/м ³	Степень очистки, %	Запыленность очищенного газа, мг/м ³
Циклон и тканевый фильтр	-	1,3	98,5	20...30
Металлорукавные фильтры (диаметр рукава 250 мм)			99,5...99,9	-
Электрофильтр при скорости газа, м/с	0,1	-	87	-
	0,7	7,2	99,6	70,0
Зернистый фильтр цилиндрической формы (с тангенциальным подводом газа)	-	-	95...99	-
Скруббер Вентури	-	-	89,7...99,9	-
Ротоклон, пенный аппарат	-	-	92...95	100...200

всего 45...59 %, поэтому испытаны несколько пылеуловителей в качестве второй ступени очистки.

Сравнение схем очистки в табл. 5 показывает, что наиболее эффективной является электрическая очистка. Очистка газов в тканевом и зернистом фильтрах, уступая в текущих эксплуатационных расходах, связаны либо с потреблением значительных количеств дефицитной фильтровальной ткани, либо с трудностями в обслуживании зернистого фильтра.

Выводы

1. Анализ схем улавливания высокодисперсных пылей IV группы дисперсности с $d_{50} \leq 10$ мкм показывает, что существующие технологии сухой пылеочистки в электрофильтрах, тканевых фильтрах, зернистых фильтрах позволяют обеспечить требования санитарных норм к загрязнению воздушного бассейна пылями каолиновых производств.

2. Поскольку очистка газов от каолиновых пылей в электрофильтрах и тканевых фильтрах может быть связана с различного рода затруднениями (высокие значения удельного электрического сопротивления пыли – более $2 \cdot 10^8$ Ом·см, слипаемости пыли и др.) [11], наиболее приемлемой из схем сухой очистки представляется очистка каолиновых пылей в зернистых фильтрах. Опыта использования зернистых фильтров для этих целей не имеется, однако имеется положительный опыт при улавливании близких по дисперсному составу и физико-химическим свойствам пылей в энергетике, металлургии и др. [12].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Брыляков В.Е., Ещенко Л.И.* Об оценке эффективности обеспыливания каолинового аэрозоля в турбулентных аппаратах// Труды НИПИОСТРОМ.– 1970.– Вып. 2.– С. 96-102.
2. ГОСТ 12.2.043-80. Средства пылеулавливающие. Классификация.
3. *Брыляков В.Е., Ещенко Л.И.* Результаты производственных исследований по обеспыливаю тонкодисперсных каолиновых аэрозолей в турбулентных промывателях// Тр. НИПИОСТРОМ.– 1973.– Вып. VII.– С. 39-44.
4. *Старк С.Б.* Пылеулавливание и очистка газов в металлургии.– М., Металлургия, 1977.– 328 с.
5. Очистка газов в металлургии/ *Юдашкин М.Я.*, М.: Металлургия, 1976.– 384 с.
6. Очистка газов в производстве фосфора и фосфорных удобрений /*Тарат Э.Я., Воробьев О.Г., Балабеков О.С. и др.*; Под.ред. проф. *Тарата Э.Я.*– Л.: Химия.– 1979.– 2-9 с.
7. Atmospheric Emissions from Thermal – Process Phosphoric Acid Manufacture. USA, North – Carolina. 1968. 32 p.
8. Опыт применения рукавных фильтров для очистки газов печей плавки карбида кальция/ *Сидоренко Н.А., Алексеев Н.И., Скворский О.М. и др.*, Промышл. и санит. очистка газов. НТРС.– М.– 1980.– № 6 – С. 17-18.
9. *Денисов С.И.* Улавливание и утилизация пылей и газов: Уч. пособ.– М.: Металлургия, 1991.– 320 с.
10. Очистка газов руднотермических печей в зернистых фильтрах/ *Чумарный В.И., Акимова Н.А., Суханов В.М.*: //Цветные металлы – 1978.– № 7.– С. 69-70.
11. *Банит Ф.Г., Мальгин А.Д.* Пылеулавливание и очистка газов в промышленности строительных материалов. М.: Стройиздат, 1979.– 351с.
12. Новые методы пылегазоочистки дымовых газов для создания экологически чистых ТЭЦ и котельных /*Кривицкий Г.В., Дуленин В.П., Измоденов Ю.А. и др.* //Электрические станции.– 1994.– № 3.– С. 2-5.

Получено 10.12.2003 г.