

УДК 621.928.9

Д.А. СЕРЕБРЯНСКИЙ, к.т.н., научный сотрудник
Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев

ДВУХСТУПЕНЧАТАЯ ОЧИСТКА ГАЗОВ ОТ ПРОКАЛОЧНОЙ ПЕЧИ КОКСА В ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ФИЛЬТРАХ

Приведены результаты испытаний опытно-промышленной установки газоочистки прокалочной печи кокса в двух последовательно установленных шестиканальных центробежных фильтрах. Двухступенчатая установка обеспечила конечную концентрацию пыли в отходящих газах – 37 мг/м³. Дан сравнительный расчет эффективности очистки от пыли в типовых циклонах при одно- и двухступенчатой их установке и уровне энергозатрат, аналогичном уровню энергозатрат центробежных фильтров.

центробежный фильтр, циклон, эффективность очистки, медианный диаметр

Сушка коксовой мелочи в барабанных сушилках сопровождается значительным выбросом пыли в атмосферу. Системы газоочистки барабанных сушилок (прокалочных печей) в основном комплектуются двумя ступенями очистки. В качестве первой ступени обычно применяют циклоны, в качестве второй – рукавные фильтры. Такие системы очистки надежны в эксплуатации и способны обеспечивать требования санитарных норм на выбросы пыли в атмосферу. Однако в некоторых технологических линиях возникают обстоятельства (высокая влажность газа, выброс горящих частиц крупных фракций), при которых невозможно применение рукавных фильтров в качестве тонкой очистки газов. В таких случаях могут применяться установки с использованием типовых циклонов либо центробежных фильтров.

Выполним расчет эффективности очистки газов в типовых циклонах при их работе с аэродинамическим сопротивлением 1600 Па.

На практике в последнее время наиболее широкое распространение получил вероятностный метод расчета

эффективности циклонов, основанный на использовании логарифмически нормального закона распределения частиц пыли по размерам и зависимости эффективности пылеулавливания в циклоне от диаметра улавливаемых частиц [1–6]. При использовании этого метода необходимы сведения о двух параметрах, характеризующих работу циклона, – $\sigma_{\eta 50}$, σ_{η} [1–6].

Величина $\lg \sigma_{\eta}$ для циклонов принимается постоянной и равной 0,35; параметр $d_{\eta 50}$ определяется конструкцией циклона [1–6].

По этим параметрам, а также параметрам дисперсности улавливаемой пыли σ_{η} , d_{50} определяется

$$t = \frac{\lg d_{50} - \lg d_{\eta 50}}{\sqrt{\lg^2 \sigma_{\eta} + \lg^2 \sigma_{\eta}}}, \quad (1)$$

где d_{50} – медианный диаметр пыли, мкм;

$d_{\eta 50}$ – диаметр частиц, улавливаемых в циклоне с эффективностью 50 %, мкм;



σ_n – дисперсия распределения частиц улавливаемой пыли по размерам;

σ_η – дисперсия распределения фракционных эффективностей очистки.

Тогда степень очистки газового потока от пыли в циклоне рассчитывается по зависимости [1]

$$\eta_{0,6\mu} = \Phi(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^t (\exp)^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (2)$$

где $\Phi(t)$ – интеграл Гаусса, который определяется по специальным вероятностным таблицам [1].

Примем следующие исходные данные для расчета: расход газов – 400–600 м³/час; t – 65 °С; медианный диаметр пыли – 10 мкм; $\sigma_n=2$; вязкость газа – 21·10⁻⁶ Па·с; плотность пыли – 1900 кг/м³; аэродинамическое сопротивление циклона $\Delta P \approx 1600$ Па; диаметр циклонов – 0,3 м. Концентрация пыли в дымовых газах от прокалочной печи кокса – 5–7 г/м³. Результаты расчета одноступенчатой очистки газов от коксовой пыли в циклонах при $\Delta P \approx 1600$ Па; $d_{50} = 10$ мкм; $\sigma_n = 2$ приведены в табл. 1.

Из табл. 1 следует, что одноступенчатая очистка в типовых циклонах с аэродинамическим сопротивлением порядка 1600 Па не обеспечивает остаточной запыленности газа ниже 50 мг/м³.

Определим возможность достижения концентрации пыли на выходе из системы очистки ниже 50 мг/м³ при двухступенчатой установке циклонов. Примем для расчета фиксированный перепад напора в каждой ступени 800 Па (как при работе двухступенчатой системы очистки центробежных фильтров). Исходные данные для расчета аналогичны предыдущим. В связи с тем, что обычно медианный диаметр частиц пыли после циклона уменьшается вдвое, вторая ступень рассчитывается на пыль с медианным диаметром $d_{50}=5$ мкм; $\sigma_n=2$.

Результаты расчета (табл. 2) свидетельствуют о невозможности достижения конечной концентрации ниже 50 мг/м³ при двухступенчатой установке циклонов с суммарным аэродинамическим сопротивлением порядка 1600 Па.

Таблица 2 – Двухступенчатая очистка газов от коксовой пыли в циклонах при $\Sigma \Delta P \approx 1600$ Па; $d_{50}=5$ мкм; $\sigma_n=2$

| Тип установки | $\Delta P_{\text{циклона}}, \text{Па}$ | $\eta, \%$ | Конечная концентрация, мг/м ³ |
|---------------|--|---|--|
| ЦН-11+СКЦН 40 | $\Delta P_1=832$ $\Delta P_2=805$ $\Sigma \Delta P=1637$ | $\eta_1=87,3$ $\eta_2=84$ $\Sigma \eta=97,97$ | 102–142 |
| ЦН-15+СКЦН 40 | $\Delta P_1=797$ $\Delta P_2=805$ $\Sigma \Delta P=1602$ | $\eta_1=85$ $\eta_2=84$ $\Sigma \eta=97,6$ | 120–168 |
| ЦН-24+СКЦН 40 | $\Delta P_1=811$ $\Delta P_2=805$ $\Sigma \Delta P=1616$ | $\eta_1=75$ $\eta_2=84$ $\Sigma \eta=96$ | 200–280 |

На Запорожском титано-магниевом комбинате в системе аспирации прокалочной печи были проведены опытно-промышленные испытания эффективности работы двухступенчатой схемы очистки газов в двух последовательно установленных шестиканальных центробежных фильтрах, разработанных в Институте технической теплофизики НАН Украины. В период проведения измерений прокалочная печь производила сушку 1,5 т/час коксовой мелочи (максимальная нагрузка). Общий вид установки приведен на рис. 1. Дисперсионный анализ пыли за барабанной сушилкой кокса, проведенный при помощи 11-ступенчатого импактора НИИОГАЗ, показал, что средний медианный диаметр пыли в газах варьируется в пределах 7–10 мкм при величине стандартного отклонения $\sigma = 2$.

Дымовые газы из прокалочной печи 1 попадают в шестиканальный центробежный фильтр (ЦФ2-6-8) 2 по газоходу диаметром 500 мм. Очищенные газы вентилятором 3 направляются в дымовую трубу 4. Часть этих газов направляется при помощи вентилятора (ВВД № 5) 6 в центробежный фильтр (ЦФ2-6-06) 5 и после очистки – в дымовую трубу 7.

В результате проведенных опытно-промышленных испытаний установлено следующее:

Таблица 1 – Одноступенчатая очистка газов от коксовой пыли в циклонах при $\Delta P \approx 1600$ Па; $d_{50}=10$ мкм; $\sigma_n=2$

| Тип циклона | Расход газов, м ³ /час | Скорость в сечении циклона, м/с | $\Delta P_{\text{циклона}}, \text{Па}$ | Коэффициент улавливания $\eta, \%$ | Коэффициент уноса $\epsilon, \%$ | Конечная концентрация пыли, мг/м ³ |
|-------------|-----------------------------------|---------------------------------|--|------------------------------------|----------------------------------|---|
| ЦН-11 | 900 | 3,54 | 1595 | 90,3 | 9,7 | 485–679 |
| ЦН-15 | 1150 | 4,5 | 1648 | 88,4 | 11,6 | 580–812 |
| ЦН-24 | 1600 | 6,3 | 1543 | 79,4 | 20,2 | 1010–1414 |
| СКЦН-33 | 620 | 2,4 | 1606 | 94,3 | 5,7 | 285–399 |
| СКЦН-34 | 430 | 1,7 | 1560 | 92,2 | 7,8 | 390–546 |
| СЦН-40 | 400 | 1,57 | 1620 | 96,4 | 3,6 | 180–252 |

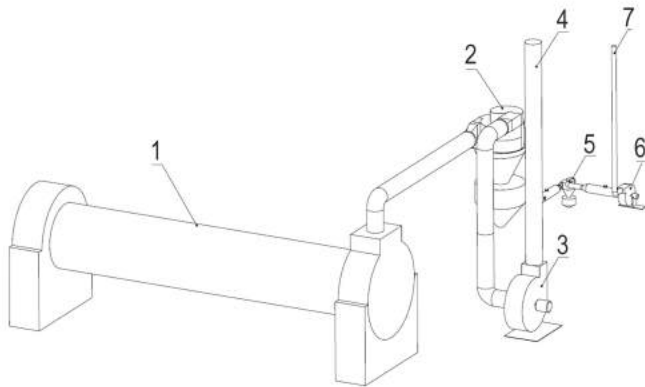


Рисунок 1 – Двухступенчатая установка очистки дымовых газов от прокалочной печи сушки кокса:

- 1 – прокалочная печь; 2 – центробежный фильтр ЦФ2-6-8;
3 – вентилятор ВЦ6-28-10; 4 – дымовая труба D=500 мм;
5 – центробежный фильтр ЦФ2-6-06; 6 – вентилятор ВВД № 5;
7 – дымовая труба D=150 мм

- запыленный газ отбирался из дымовой трубы 4 от центробежного фильтра ЦФ2-6-8 в объеме примерно 12 % общего расхода при помощи вентилятора ВВД № 5;
- расход газов через центробежный фильтр ЦФ2-6-06 во время испытаний составил 684 м³/час при температуре 65–70 °С. Концентрация пыли на выходе из центробежного фильтра ЦФ2-6-06 – 37 мг/м³, медианный диаметр пыли $d_{50}=5,5$ мкм; $\sigma_n=2$;
- за 1,5 часа работы в бункере центробежного фильтра ЦФ2-6-06 второй ступени было уловлено 340 г пыли; при этом коэффициент улавливания составил 88,9 %.

Установлено, что двухступенчатая установка шестиканальных центробежных фильтров обеспечивает требования санитарных норм на выбросы пыли в атмосферу, при этом достигается очистка газов центробежным способом до 37 мг/м³ без дополнительных фильтрующих элементов. Общая эффективность улавливания двух

последовательно установленных шестиканальных центробежных фильтров составила 99,75 %, аэродинамическое сопротивление двухступенчатой установки шестиканальных центробежных фильтров – 1600 Па.

Таким образом, двухступенчатая система газоочистки прокалочной печи с использованием шестиканальных центробежных фильтров обеспечивает допустимую концентрацию пыли в отходящих газах, не требует замены сменных рукавов и применения сжатого воздуха для регенерации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник по пыле- и золоулавливанию / Под ред. А.А. Русанова. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 312 с.
2. **Приемов, С.И.** Метод расчета циклонных пылеуловителей / С.И. Приемов // Промышленная теплотехника. – 1996. – № 4. – С. 49–52.
3. **Вальдберг, А.Ю.** К расчету эффективности циклонных пылеуловителей / А.Ю. Вальдберг, Н.С. Кирсанова // Теор. основы хим. технологии. – 1989. – Т. 23. № 4. – С. 555–556.
4. **Вальдберг, А.Ю.** Практическая реализация вероятностно-энергетического метода расчета центробежных пылеуловителей / А.Ю. Вальдберг, Н.С. Кирсанова // Химическое и нефтяное машиностроение. – 1994. – № 9. – С. 26–27.
5. **Коузов, П.А.** Сравнительная оценка эффективности циклонов различных типов / П.А. Коузов // Научн. труды институтов охраны труда ВЦСПС. – 1969. – Вып. 60. – С. 3–13.
6. **Коузов, П.А.** Сравнительная оценка эффективности циклонов различных типов / П.А. Коузов // Обеспыливание в металлургии. – М. : Металлургия, 1971. – С. 185–196.

Поступила в редакцию 16.08.2010

Приведено результати випробувань дослідно-промислової установки газоочистки прогартувальної печі коксу в двох послідовно встановлених шестиканальних відцентрових фільтрах. Двоступенева установка забезпечила кінцеву концентрацію пилу у відхідних газах 37 мг/м³. Наведено порівняльний розрахунок ефективності очищення від пилу в типових циклонах при одно- і двоступеневій їх установці та рівні енерговитрат, що аналогічний рівню енергозатрат відцентрових фільтрів.

The paper presents tests' results of the pilot gas purification plant from coke calcination furnace in two tandem fixed six-channel centrifugal filters. Two-stage plant has ensured final dust concentration in end gas 37 mg/m³. There is comparative calculation of cleaning efficiency against dust in typical cyclones at their one- & two-stage fixing at the level of power consumption with using centrifugal filters.