

ОХРАНА ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ОТ ВЫБРОСОВ ЭНЕРГОПРЕДПРИЯТИЙ

1.2. Золоулавливание на ТЭС

1.2.1. Золоулавливание и нормативы выбросов золовых частиц на ТЭС

1.2.1.1. Основы золоулавливания и нормативы выбросов золовых частиц на ТЭС

Прохоров В.Б., МЭИ(ТУ)

Эффективность работы золоуловителей характеризуется следующими показателями:

$$\eta = (G_{\text{вх}} - G_{\text{вых}}) / G_{\text{вх}} = (c_{\text{вх}} - c_{\text{вых}}) / c_{\text{вх}}, \quad (1.1)$$

где  $\eta$  — степень улавливания золы в золоуловителе;  $G_{\text{вх}}$ ,  $G_{\text{вых}}$  — количество золы на входе и на выходе из золоуловителя в единицу времени;  $c_{\text{вх}}$ ,  $c_{\text{вых}}$  — концентрация золы на входе и на выходе из золоуловителя.

Иногда удобнее использовать величину, характеризующую проскок золы  $P$  через золоуловитель:

$$P = G_{\text{вых}} / G_{\text{вх}} = c_{\text{вых}} / c_{\text{вх}}. \quad (1.2)$$

Степень улавливания золы и ее проскок связаны следующим соотношением:

$$P = 1 - \eta. \quad (1.3)$$

При сжигании твердого топлива на ТЭС в обязательном порядке устанавливаются золоуловители. В зависимости от необходимой степени улавливания золы, мощности котла и характеристик золы могут применяться следующие типы золоуловителей: инерционные, мокрые, электрофильтры и тканевые. Вывод общего уравнения золоулавливания, справедливого для всех типов золоуловителей при любых геометрических формах, приведен в [1]. Из уравнения золоулавливания следует, что для мелких частиц золы (менее 30 мкм), которые участвуют в турбулентных пульсациях потока, проскок золы через золоуловитель определяется из выражения:

$$P = \exp(-\Pi), \quad (1.4)$$

а для крупных частиц золы

$$P = 1 - \Pi \quad \text{или} \quad \eta = \Pi \quad (1.5)$$

где  $\Pi$  — параметр золоулавливания,

$$\Pi = vA/V, \quad (1.6)$$

где  $v$  — скорость движения частиц золы под действием сил осаждения к поверхности осаждения (скорость дрейфа), м/с;  $A$  — поверхность осаждения, м<sup>2</sup>;  $V$  — объемный расход дымовых газов, м<sup>3</sup>/с.

На рис. 1.23 приведена зависимость проскока золы от параметра золоулавливания для мелких и крупных частиц золы.

Из рис. 1.23 следует, что улавливание крупных час-

тиц золы идет более интенсивно и полностью заканчивается при  $\Pi = 1$ . Мелкие частицы золы улавливаются в золоуловителях не столь интенсивно, и полное улавливание золы имеет место при  $\Pi \rightarrow \infty$ . Во всех случаях степень улавливания золы возрастает с ростом параметра золоулавливания  $\Pi$ .

Заменим объемный расход газов выражением

$$V = u\omega, \quad (1.7)$$

где  $u$  — скорость газов в сечении золоуловителя, м/с;  $\omega$  — поперечное сечение для прохода газа, м<sup>2</sup>.

Тогда параметр золоулавливания можно представить в виде

$$\Pi = K\Phi, \quad (1.8)$$

где  $\Phi = A/\omega$  — геометрический параметр (параметр формы) золоуловителя, представляющий собой отношение поверхности осаждения к поперечному сечению для прохода газов;  $K = v/u$  — кинематический параметр, равный отношению скорости дрейфа частиц золы к скорости газов в золоуловителе.

Эффективность улавливания золы тем выше, чем больше произведение этих параметров. Параметр формы зависит от геометрических соотношений в самом золоуловителе, а кинематический параметр определяется характером сил, действующих на частицу золы, ее размерами, физическими свойствами частиц и газового потока, аэродинамическими характеристиками потока.

Выражения (1.4) и (1.5) были получены при принятии ряда допущений: отсутствует вторичный унос уловленной золы; все частицы золы имеют одинаковую скорость дрейфа; равномерное распределение скоростей газа по сечению золоуловителя, поэтому при реальных расчетах золоуловителей приходится вводить эмпирические поправки.

Частицы различных размеров имеют разную скорость дрейфа, поэтому точные расчеты степени улавливания золы необходимо проводить для каждой фракции отдельно.

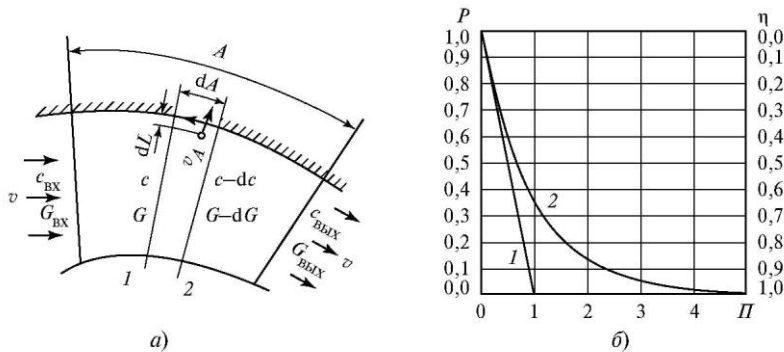


Рис. 1.23. Принципиальная схема золоулавливания (а) и зависимость проскока золы от параметра золоулавливания (б): 1 — для крупных частиц, не участвующих в пульсациях (более 30 мкм); 2 — для мелких частиц (менее 10 мкм)

По данным рассевки золы выделяют фракции внутри которых диаметр, а следовательно, и скорость дрейфа меняются несильно. Для каждой фракции  $\Phi_i$  подсчитывается скорость дрейфа  $v_{pi}$  и по ней определяется фракционный проскок золы  $P_i$ . Общий проскок золы определяется по формуле

$$P = \sum_{i=1}^{i=n} P_i \frac{\Phi_i}{100} \quad (1.9)$$

где  $n$  — число фракций.

Если последовательно установлено несколько ступеней золоулавливания, то проскок некоторой фракции через все ступени определяется по выражению

$$P_i = P_{i1}P_{i2}P_{i3} \dots, \quad (1.10)$$

где  $P_{i1}, P_{i2}, P_{i3}$  — проскок некоторой фракции через первую, вторую и другие ступени золоулавливания.

В настоящее время установлены нормативы по удельным выбросам золы из котлов ТЭС [2], которые приведены в табл. 1.8.

Таблица 1.8. Нормативы выбросов твердых частиц с дымовыми газами котлов

| Паропроизводительность котла<br>$D$ , т/ч | Приведенная зольность топлива<br>$A_{пр}$ , % • кг/МДж | Массовый выброс твердых частиц, кг/т у.т., для котельных установок с датой ввода в эксплуатацию |                 | Массовая концентрация частиц в дымовых газах<br>$C_{вых}$ , мг/м <sup>3</sup> ( $\alpha=1,4$ ), для котельных установок с датой ввода в эксплуатацию |                 |
|---|--|---|-----------------|--|-----------------|
|   |  | по 31.12.2000 г.  | с 01.01.2001 г. | по 31.12.2000 г.   | с 01.01.2001 г. |
| До 420                                    | Менее 0,6  | 1,76  | 1,76            | 150  | 150             |
|   | 0,6...2,5  | 1,76... 5,86  | 1,76...2,93     | 150...500  | 150...250       |
|   | Более 2,5  | 5,86  | 2,93            | 500  | 250             |
| 420 и более                               | Менее 0,6  | 1,18  | 0,59            | 100  | 50              |
|   | 0,6...2,5  | 1,18...4,7  | 0,59...1,76     | 100...400  | 50...150        |
|   | Более 2,5  | 4,7   | 1,76            | 400  | 150             |