

## ЭКОЛОГИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

УДК 66.074.6

Черчинцев В.Д., Гусев А.М., Афонин И.А., Дробный О.Ф.

### РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВ И АСПИРАЦИОННОГО ВОЗДУХА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ ВТОРИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОСТАЛИ ОАО «ММК»

В связи с необходимостью повышения эффективности и определения технических условий очистки газов и аспирационного воздуха технологических агрегатов вторичной обработки электроласти с использованием труб Вентури была проведена оценка существующего состояния соответствующих газоочисток, которая показала, что разработанные для условий мартеновского производства, они не приспособлены для очистки газов, отходящих от вышеперечисленных агрегатов. Это обусловлено главным образом тем, что изменился температурный режим очищаемых газов и физико-химические свойства пыли. В результате этого, во-первых, резко снизилась эффективность (до 75%) и, во-вторых, высокое влагосодержание (свыше  $75 \text{ г/нм}^3$ ), наличие извести привело к необходимости периодических остановок нагнетателей с целью очистки их лопаток, поскольку возникающий дисбаланс из-за их зарастания способствует уве-

личению уровня вибрации до опасных пределов.

Сжигание природного газа ( $1200 \text{ м}^3/\text{ч}$  на газоочистке № 28 и  $600 \text{ м}^3/\text{ч}$  на газоочистке № 33) с целью повышения температуры газа до температуры точки росы и выше позволяет увеличить периодичность остановок до 1 раза в 20 дней, но не дает возможности полностью исключить их.

Срок эксплуатации существующих газоочисток составляет более 30 лет, и они физически устарели, что выражается в наличии абразивного износа лопаток нагнетателей и шламопроводов.

Исследования показали, что для повышения эффективности газоочисток № 28, 33 ПСЦ до 95–98% необходимо увеличение скорости газа в горловине трубы Вентури до 140–150 м/с и расхода воды на орошение в 2–8 раз. Однако при этом значительно увеличиваются потери давления в системе (табл. 1).

Полученные результаты показывают, что, учитывая потери давления в газовых трактах при существующих нагнетателях, возможно в лучшем случае достигнуть эффективности пылеулавливания 90–95%. Поскольку повышение эффективности пылеулавливания скрубберов Вентури связано с повышением скорости газа в горловине трубы  $V_{\text{гор}}$  и увеличением расхода орошающей воды, были произведены расчеты соответствующих значений  $V_{\text{гор}}$  в зависимости от величины коэффициента удельного орошения (табл. 2), обеспечивающих эффективность не менее 98%.

Из полученных результатов видно, что для повышения эффективности пылеулавливания скрубберов Вентури необходима их реконструкция, поскольку в настоящее время максимальная скорость газа в горловине составляет не более 90 м/с, а коэффициент удельного орошения 0,00107.

В связи с этим были рассмотрены варианты сухой очистки газов, которые позволяют полностью исключить применение воды как при очистке газов, так и при удалении и транспортировке уловленной пыли.

Таблица 1

Величина потерь давления  $\Delta P_{\text{скр}}$  а скруббере Вентури в зависимости от эффективности пылеулавливания  $\eta$

Параметры, определяющие эффективность скруббера Вентури		Величина потерь давления на скруббере $\Delta P_{\text{скр}}$ , Па, при эффективности $\eta$ , доли			
В	$\chi$	0,800	0,950	0,980	0,990
$3,000 \cdot 10^{-08}$	1,99	7820,45	10693,9	12232,5	13280,01
$6,000 \cdot 10^{-08}$	1,91	7849,21	10871,7	12504,4	13621,02
$1,200 \cdot 10^{-07}$	1,83	7880,54	11068,0	12806,5	14001,06
$2,400 \cdot 10^{-07}$	1,75	7914,81	11285,8	13143,7	14427,08
$4,800 \cdot 10^{-07}$	1,67	7952,45	11528,9	13522,7	14907,72
$9,600 \cdot 10^{-07}$	1,59	7993,98	11801,8	13951,4	15453,9
$1,920 \cdot 10^{-06}$	1,52	8040,04	12110,3	14439,9	16079,56
$3,840 \cdot 10^{-06}$	1,44	8091,41	12461,7	15001,6	16802,81
$7,680 \cdot 10^{-06}$	1,36	8149,07	12865,5	15653,5	17647,5
$1,536 \cdot 10^{-05}$	1,28	8214,24	13334,1	16418,6	18645,72
$3,072 \cdot 10^{-05}$	1,20	8288,48	13884,1	17328,1	19841,49
$6,144 \cdot 10^{-05}$	1,13	8373,85	14538,0	18425,1	21296,76
$1,229 \cdot 10^{-04}$	1,05	8473,02	15327,4	19771,7	23101,16

При этом полностью отпадает необходимость в остановках нагнетателей для ручной очистки лопастей и не потребуется сжигать газ для подогрева с целью предупреждения конденсации паров воды в дымовых трубах.

В качестве аппаратов сухой очистки были рассмотрены электрофильтры и рукавные фильтры.

Современные электрофильтры типа ЭГА, ЭГБ (ЭГБМ), ЭГВ (ЭГВМ), имеющие производительность от 36000 до 1360000 м<sup>3</sup>/ч при скорости газового потока до 1 м/с, обеспечивают эффективность очистки 98–99%. Однако в технологических агрегатах ЭСПЦ («печь-ковш», АДС) образуется значительное количество тонкодисперсной низкоомной пыли (оксиды железа). При улавливании ее в аппаратах электрической очистки требуется пониженная скорость газа в активной зоне (0,5–0,7 м/с) и, как правило, четырехпольные агрегаты, то есть фильтры больших габаритов.

Кроме этого оседание низкоомной пыли на внутренних поверхностях изоляторов может приводить к пробое высокому напряжению на корпус фильтра, что значительно снижает величину рабочего напряжения и, следовательно, приводит к падению эффективности пылеулавливания. Это становится особенно актуальным при использовании современных высокоэффективных аппаратов (фильтры ЭГБМ, ЭГВМ) с увеличенным межэлектродным расстоянием (до 460 мм) и соответственно с повышенным напряжением, подаваемым на коронирующие электроды (80–110 кВ). Удельные капитальные затраты (тысяч рублей за м<sup>3</sup>/ч установленной производительности) на строительство электрофильтра (100–150 тыс. руб./м<sup>3</sup>/ч) в 2–3 раза больше, чем на строительство рукавного фильтра (50–70 тыс. руб./м<sup>3</sup>/ч).

В связи с этим в качестве аппаратов сухой очистки предлагаются рукавные фильтры, тенденция к применению которых при очистке газов от электросталеплавильных агрегатов наблюдается в мировой практике.

Рассмотрено несколько вариантов компоновки рукавных фильтров: существующая схема с заменой труб Вентури и каплеуловителей на рукавный фильтр; установка рукавного фильтра за каждым агрегатом (с трактом подачи сыпучих, если таковой есть); установка группы рукавных фильтров и подача очищаемого газа от агрегатов через коллектор.

Схема с заменой труб Вентури и каплеуловителей на рукавный фильтр по первому варианту наиболее проста и позволяет сохранить существующие нагнетатели как на газоочистке № 28, так и на газоочистке № 33. Однако при такой компоновке

нет резервирования газоочистного оборудования, что значительно усложняет его обслуживание.

Второй вариант с установкой рукавного фильтра за каждым агрегатом облегчает обслуживание, ремонт и эксплуатацию фильтров, поскольку каждый из них связан только со своим агрегатом. Но, как и в первом варианте, при такой компоновке нет резервирования газоочистного оборудования и, кроме того, существующие нагнетатели должны быть заменены дымососами для каждого фильтра. Кроме этого, поскольку температура пылегазовых потоков от различных агрегатов может быть различной (табл. 3), для рукавов необходимо будет использовать различные виды тканей.

Учитывая недостатки первых вариантов, для реконструкции системы газоочистки предлагается установка группы (2–4 в каждой системе) ру-

**Таблица 2**

**Скорость газа в горловине трубы Вентури  $V_{гор}$  в зависимости от величины удельного орошения  $m$  и потерь давления  $\Delta P_{скр}$**

Потери давления $\Delta P_{скр}$ , Па	Скорость газа в горловине трубы Вентури $V_{гор}$ , м/с, при величине удельного орошения $m$ , кг/м <sup>3</sup>		
	0,00107	0,00214	0,00428
12000	124,96	108,00	93,01
12500	127,54	110,22	94,93
13000	130,07	112,41	96,81
13500	132,54	114,55	98,65
14000	134,98	116,65	100,46
14500	137,36	118,71	102,24
15000	139,71	120,74	103,99
15500	142,02	122,74	105,71

**Таблица 3**

**Расход и температура отходящих газов**

Агрегат	Расход газа, тыс.м <sup>3</sup> /ч	Температура $t$ , °С	Требуемая эффективность $\eta_{гр}$ , %
АПК - 1	52	130	98
АПК - 2	52	100	97
АПК - 3	82,5	100	98
АДС - 1	35	130	98
АДС - 2	52	130	98
МГР №1, 2 МНПЗ №5	38	100	97
ТПС АПК - 1	8	40	98
ТПС АПК - 2	15	40	97
ТПС АДС - 1	11	40	98
ТПС АДС - 2	11	40	98
ТПС АПК - 3	11	40	98
ДСПА № 32	180	250	98
Аспирация завалочных окон	57,60	200	

кавных фильтров с суммарной производительностью, равной расчетной производительности подключаемых агрегатов, и подача на них очищаемого газа от агрегатов через коллектор грязного газа. Такая схема похожа на предыдущую, но в этом случае каждый агрегат и каждый фильтр подключается к коллектору грязного газа через отдельный патрубок, снабженный затвором. Это позволяет при необходимости отключать либо агрегат, либо фильтр, что значительно облегчает их обслуживание. Кроме того, последствия пиковых нагрузок при такой компоновке будут сглаживаться, так как распределяться они будут на все работающие фильтры.

Поскольку вследствие перемешивания в коллекторе на все фильтры будет подаваться газ с одинаковыми свойствами (суммарный расход газов, поступающих на очистку,  $605100 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; температура смеси газов от всех агрегатов  $144^\circ\text{C}$ ), то можно устанавливать однотипные фильтры и контроль температурного режима осуществляется для всей системы, а не для каждого фильтра в отдельности, как при втором варианте.

Кроме того, эта схема позволяет: во-первых, объединить при необходимости отдельные системы в одну общую и, во-вторых, наращивать систему как за счет подключения новых агрегатов, так и за счет установки новых фильтров.

#### Библиографический список

1. Ладыгичев М.Г., Бернер Г.Я. Зарубежное и отечественное оборудование для очистки газов. Справочник. М.: Теплотехник, 2004. 696 с.
2. Экотехника. Защита атмосферного воздуха от пыли, аэрозолей и туманов / Под ред. Л.В. Чекалова / Холдинговая группа «КОНДОР-ЭКО». Ярославль: Русь, 2004.
3. Горячев И. К., Корсаков В. П., Новиков А. Д. Рукавный фильтр для очистки газов после электродуговых сталеплавильных печей // Химическое и нефтяное машиностроение. 1987. № 1. С. 31.

УДК 614:330.131.7:622.6

Тимиргалеева Л.Ш., Сулейманов М.Г., Уржумцев В.В., Кутный С.И., Бородулин Ю.Н.

## ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ИНЦИДЕНТОВ И УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ЦЕХА УЛАВЛИВАНИЯ КХП ОАО «ММК»

В нормативных документах [1, 2] для установления уровня риска инцидентов на промышленных объектах и их анализа рекомендовано несколько методов. К ним относятся: метод «проверочного листа»; анализ вида и последствия отказов (АВПО); анализ вида, последствий и критичности отказов (АВПКО); логико-графические методы «деревьев отказов» и «деревьев событий». На основании этих исследований определяются вероятности возникновения инцидентов, степень тяжести последствий от реализации опасностей, выявляются причинно-следственные связи между опасными событиями. Это является основой для количественной оценки риска и разработки рекомендаций по повышению устойчивости работы предприятий. Таким образом, базовыми параметрами для расчета рисков являются установление вероятностей реализации опасностей и ущербов, возникающих в результате инцидентов.

Рекомендуемая в настоящее время методика определения вероятности с применением выражения  $R=n/N$  является неприемлемой. Это связано со сложностью определения количества всех возможных неблагоприятных ситуаций ( $N$ ). В данном

выражении  $n$  характеризует количество неблагоприятных случаев за исследуемый период. В настоящей статье предлагается методика для оценки вероятности возникновения инцидентов для цеха улавливания № 1 КХП ОАО «ММК».

Цех улавливания № 1 предназначен для выделения химических продуктов коксования, охлаждения коксового газа и выделения из него смолы, водяных паров, извлечения аммиака, фенолов, пиридиновых оснований, бензольных углеводородов, нафталина, получения чистого коксового газа. Структурная схема производства этих продуктов приведена на **рис. 1**.

В каждом отделении установлено и задействовано несколько однотипных агрегатов, предназначенных для выполнения одних и тех же операций, работающих параллельно и (или) последовательно. Некоторые отделения имеют резервное оборудование, позволяющее производить немедленное переключение в случае отказа отдельных технических устройств. Количество задействованного оборудования (**табл. 1**) зависит от объема перерабатываемого коксового газа. Переработка газа объемом до 100 тыс.  $\text{м}^3/\text{ч}$  осу-