

ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРИ ДЕСУЛЬФУРИЗАЦИИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ТЭС УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИМИ СОРБЕНТАМИ

Автомобильно-дорожный институт ГВУЗ «ДонНТУ»

В статье произведена количественная оценка выбросов водяного пара и углекислого газа в атмосферу при условии использования различных методов десульфуризации дымовых газов на угольных ТЭС.

Ключевые слова: десульфуризация, сорбент, парниковые газы.

In this paper to quantify emissions of water vapor and carbon dioxide in the atmosphere provided the use of different methods of flue gas desulphurization coal-fired power station.

Key words: desulphurization, sorbent, greenhouse gases.

Оксиды серы SO_2 и SO_3 в дымовых газах угольных и мазутных котлоагрегатов ТЭС, ТЭЦ и котельных являются продуктами сгорания серосодержащего топлива, используемого при эксплуатации данных объектов. Основными способами существенного сокращения выбросов этих оксидов является очистка (десульфуризация) дымовых газов. В настоящее время десульфуризационными установками (ДСУ) оборудованы практически все энергоблоки крупных угольных ТЭС США, Германии, Японии и многих других экономически развитых стран мира. При этом в качестве химически активного сорбента оксидов серы чаще всего используют известняк, как наиболее распространенный и менее дорогостоящий природный материал, а также продукт его переработки - известь гашеную и негашеную.

Широкое внедрение ДСУ на зарубежных ТЭС началось в 80 - е годы прошлого столетия как эффективная мера ослабления негативного воздействия атмосферных кислотных осадков. При этом степень улавливания SO_2 составляла в среднем 90%, что обеспечивало приемлемый природоохранный эффект. При этом анализ различных вариантов современных технологий десульфуризации дымовых газов ТЭС показывает, что при их практической реализации наряду с природоохранным имеет место и обратный - природозагрязняющий эффект - образование выбросов в атмосферу водяного пара и углекислого газа, которые являются основными компонентами парниковых газов. Как полагают эксперты, постепенное их накопление в верхних слоях атмосферы обуславливает постепенное повышение среднегодовой температуры планеты, что в перспективе может катастрофически разбалансировать устоявшееся климатическое равновесие.

Количественная оценка выбросов H_2O и CO_2 в атмосферу при использовании различных технологий десульфуризации дымовых газов ТЭС является основой для использования наиболее безопасных из них.

Из всех известных способов газоочистки наиболее простым является сухая аддитивная очистка. Она сводится к инъекции пылевидного известняка в топку котла. Под воздействием высокой температуры дымовых газов известняк карбонизируется - разлагается по реакции



Образовавшаяся негашеная известь связывает газообразный диоксид серы, содержащийся в дымовых газах, по реакции



а образующийся сульфит кальция вместе с золой топлива улавливается в электрофильтрах.

Таким образом, источником загрязнения атмосферы углекислым газом является известняк на стадии его карбонизации по реакции (1). Особенности технологии десульфуризации дымовых газов ТЭС инъекцией пылевидного известняка в топку котла обуславливают необходимость его использования в количестве, в 2 - 4 раза превышающем стехиометрически необходимое по реакциям (1) и (2). Согласно известным данным [1], расход сухой массы чистого CaCO_3 может быть рассчитан по формуле

$$g = \frac{V \cdot C \cdot M(\text{CaCO}_3) \cdot \alpha}{1000000 \cdot M(\text{SO}_2)}, \text{ т/ч.} \quad (3)$$

где V - объем очищаемых дымовых газов, $\text{м}^3/\text{ч}$ (в пересчете на нормальные условия);

C – содержание SO_2 в очищаемых дымовых газах, $\text{г}/\text{м}^3$;

α - коэффициент избытка известняка.

Поскольку количества CaCO_3 , CO_2 , SO_2 эквимольны, то абсолютные выбросы CO_2 при сухой аддитивной очистке во всех модификациях данной технологии, включая процесс LIFAC, определяются соотношением

$$g_{\text{CO}_2} = g \frac{M(\text{CO}_2)}{M(\text{CaCO}_3)}, \text{ т/ч.} \quad (4)$$

С учетом численных значений молярных масс CaCO_3 , CO_2 и SO_2 в формулах (3) и (4) расчетная формула величины абсолютных выбросов углекислого газа десульфуризационными установками сухой аддитивной очистки примет вид

$$g_{\text{CO}_2} = 7,0 \cdot 10^{-7} \cdot V \cdot C \cdot \alpha, \text{ т/ч.} \quad (5)$$

Формула (5) полезна при оценочных расчетах выбросов углекислого газа на стадии предпроектных проработок вариантов десульфуризации дымовых газов и при оценке воздействия ДСУ на окружающую среду. Для действующих объектов более приемлемой является оценка величины удельных выбросов CO_2 на тонну уловленного SO_2 . Для этого выражение (5) разделим на соотношение

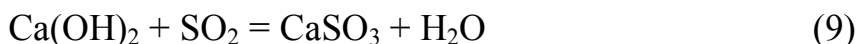
$$g_{\text{SO}_2} = 10^{-6} \cdot V \cdot C \cdot \eta, \text{ т/ч,} \quad (6)$$

определяющее [1] количество SO_2 , уловленного в ДСУ. В результате получим формулу для расчета величины удельных выбросов углекислого газа:

$$K_{\text{CO}_2} = 0,7 \cdot \frac{\alpha}{\eta}, \text{ т CO}_2 / \text{т SO}_2, \quad (7)$$

где η – общая степень улавливания SO_2 , доли единицы.

Современным вариантом сухой десульфуризации дымовых газов является способ, предложенный финской компанией «Tampella» и названный технологией LIFAC. Согласно этому способу по ходу перемещения дымовых газов за котлом устанавливается дополнительное оборудование - активационный реактор, куда с целью гашения непрореагировавших ранее по реакции (2) частиц CaO инжектируется вода. В результате процессов, описываемых реакциями



в атмосферу выбрасывается не только CO_2 , но и H_2O .

Значения абсолютных выбросов водяного пара при этом составят

$$g_{\text{H}_2\text{O}} = 2,8 \cdot 10^{-7} \cdot V \cdot C \cdot \alpha \cdot \eta, \text{ т/час}, \quad (10)$$

а удельных оказываются равными

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = 0,28 \cdot \alpha \cdot \frac{\eta_1}{\eta}, \text{ т H}_2\text{O} / \text{т SO}_2. \quad (11)$$

где η_1 - степень улавливания SO_2 в активационном реакторе и рукавном фильтре (если он есть), равная 0,15 – 0,30.

При десульфуризации дымовых газов методом полусухой очистки (распылительной абсорбции) оксиды серы поглощаются тонкораспыленной водной суспензией извести. Расход суспензии регулируют таким образом, чтобы горячие дымовые газы не охлаждались ниже точки росы во избежание коррозии газоходов и дымососов. При этом вся влага должна испариться.

При использовании полусухой очистки выбросы CO_2 обусловлены процессом, описываемым реакцией (1), протекающим в обжиговых печах производства негашеной извести, являющейся сырьем для полусухих ДСУ. Величина абсолютных выбросов углекислого газа при этом составляет

$$g_{\text{CO}_2} = 7,0 \cdot 10^{-7} \cdot V \cdot C \cdot \eta, \text{ т/час}, \quad (12)$$

а удельных оказывается равной

$$K_{\text{CO}_2} = 0,7 \text{ т CO}_2 / \text{т SO}_2. \quad (13)$$

Те же характеристики применительно к испаренной воде могут быть оценены формулами:

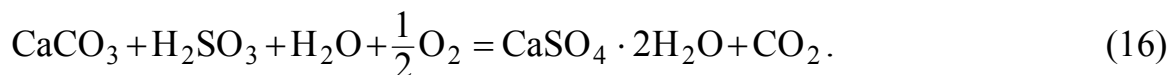
$$g_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot V \cdot C \cdot \left(\frac{1-W}{W} + 0,5 \right), \text{ т/час}, \quad (14)$$

и

$$K_{H_2O} = \frac{1}{\eta} \cdot \left(\frac{1-W}{W} + 0,5 \right), \quad \text{т } H_2O / \text{т } SO_2. \quad (15)$$

где W - массовая доля гашеной извести в рабочей суспензии.

В мировой практике десульфуризации дымовых газов наиболее распространена так называемая мокрая известняковая очистка. Данный метод основан на промывке газов водной суспензией известняка чаще всего в полом форсуночном абсорбере. Вначале диоксид серы растворяется в каплях суспензии, образуя сернистую кислоту, а конечный процесс описывается [2] уравнением реакции:



Для оценки величины абсолютных выбросов углекислого газа при реализации этой технологии можно воспользоваться формулой (12), а удельных выбросов – формулой (13).

Сравнительная оценка парникового воздействия десульфуризационных установок различного типа на атмосферу Земли выполнена на примере газоочистного модуля производительностью по очищаемым газам $V = 10^6$ м³/ч (в пересчете на нормальные условия) при содержании SO_2 в очищаемых дымовых газах $C = 4$ г/м³, что характерно для угольных котлоагрегатов украинских ТЭС при их работе на углях донецких месторождений. Эффективность десульфуризации принимали равной $\eta = 0,5$ для сухой аддитивной очистки известняком, $\eta = 0,8$ для технологии LIFAC и $\eta = 0,9$ для полусухой и мокрой известняковой очистки. Коэффициент избытка присадки в технологиях сухой очистки принят равным $\alpha = 2,25$. Массовую долю $Ca(OH)_2$ в известковой суспензии считали равной $W = 0,20$, а годовой ресурс работы ДСУ составлял 8000 часов.

Результату оценочных расчетов представлены в таблице 1.

Таблица

Выбросы парниковых газов десульфуризационными установками угольных ТЭС

Способ десульфуризации	Величина выбросов					
	удельных, т/т SO_2		абсолютных т/час		абсолютных тыс.т/год	
	CO_2	H_2O	CO_2	H_2O	CO_2	H_2O
1	2	3	4	5	6	7
Сухая аддитивная очистка: - известняком либо известью негашеной;	3,15	–	3,15	–	25,20	–
- известью гашеной	3,15	0,63	3,15	0,63	25,20	5,04
Сухая очистка LIFAC	3,15	0,28	3,15	0,44	25,20	3,53
Полусухая очистка (распылительная абсорбция)	0,70	5,00	1,26	9,00	10,10	72,00
Мокрая известняковая очистка	0,70	–	1,26	–	10,10	–

Из таблицы видно, что наиболее высокие выбросы CO_2 характерны для сухой

очистки, а выбросы водяного пара - для полусухой технологии. Таким образом, наименьшими выбросами CO_2 и H_2O обладает мокрая известняковая очистка.

В заключении отметим, что применительно к выбросам парниковых газов наиболее оптимальными являются циклические (регенеративные) технологии десульфуризации дымовых газов ТЭС, основанные на периодическом использовании свежих и регенерации отработанных поглотительных растворов.

Литература

1. Сухая очистка дымовых газов ТЭС и котельных от оксидов серы. Методические указания по расчету основных технико-экономических показателей. ГКД 34.09.452-95. - Ки в: Минэнерго Украины, 1995. - 19 с.

2. Мадоян АЛ., Базаянц Г.В. Сероулавливание на ТЭС. - К.: Техника, 992. - 160 г.

3. Полусухая очистка дымовых газов ТЭС от оксидов серы. Методические указания по расчету основных технико-экономических показателей. ГКД 34.09.451-95. - Киев: Минэнерго Украины, 1995. - 20 с.