

очисткой в аэротенке и практически решить задачу предотвращения загрязнения атмосферы на очистных сооружениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Моделирование аэрационных сооружений для очистки сточных вод / Др. Н. Брагинский, М. А. Евилевич, В. И. Бегачев и др.—Л.: Химия, 1980.— 144 с.
[2]. Попкович Г. С., Рейн Б. Н. Системы аэрации сточных вод.— М.: Стройиздат, 1986.— 136 с. [3]. Рамм В. М. Абсорбция газов.— М.: Химия, 1976.— 656 с.

Поступила 19 мая 1994 г.

УДК 676.1.022 : 66.074

Л. Н. ГРИГОРЬЕВ

С.-Петербургский государственный технологический университет
растительных полимеров

КРИТЕРИЙ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ

Предложен технологический критерий для сравнительной оценки способов очистки выбросов в атмосферу с использованием минимального объема информации; показана возможность его применения на примере выбора способа очистки дымовых газов содорегенерационных котлоагрегатов.

A technological criterion for comparative estimation of discharges purification methods using a minimum bulk of information is offered. A possibility of it: using on an example of choosing a method of purifying smoke gases from soda recovery furnaces has been revealed.

Известные источники выбросов целлюлозно-бумажных предприятий в атмосферу характеризуются разнообразием объемных расходов, температуры, состава, концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) и др. Во многих случаях для одного источника может быть предложено несколько способов очистки выбросов. Это обуславливает необходимость проведения разнообразных лабораторных, пилотных и др. исследований, требующих существенных затрат и времени.

В связи с этим представляется целесообразной постановка задачи, направленной на разработку критерия, позволяющего выбрать способ очистки выбросов в атмосферу от конкретного источника на первоначальной стадии решения вопроса, не прибегая к сравнительным и трудоемким экспериментам. При этом такой критерий рассматривается как дополнительный, позволяющий оценить степень совершенства того или иного способа в технологическом отношении, но не исключающий применения общепринятого показателя приведенных затрат.

Для решения задачи был использован опыт оценки совершенства энергетических процессов с помощью эксергетического КПД [3] и систем очистки природного газа по коэффициенту энергоемкости процесса (КЭП) [6]. Анализ эксергетического и энергетического методов позволил выявить ряд ограничений, не позволяющих использовать их при оценке систем санитарной очистки выбросов в атмосферу [4].

Для этой цели представляется возможным использовать критерий K , включающий элементы эксергетического и энергетического методов. В общем виде такой критерий имеет вид, аналогичный КЭП [6], но отличающийся составляющими:

$$K = I_{\phi} / I_{\text{м}}, \quad (1)$$

где I_{ϕ} — фактические затраты на реализацию основного и вспомогательных процессов;

$I_{\text{м}}$ — минимально необходимые затраты на реализацию основного процесса.

К минимальным в соотношении (1) относятся затраты, необходимые для выполнения работы l_1 по снижению концентрации целевого ЗВ от начального значения C_0 до величины, определяемой нормативными требованиями для данного источника загрязнения $C_{\text{доп}}$:

$$l_1 = C_0 R T \ln (C_0 / C_{\text{доп}}), \quad (2)$$

где R — газовая постоянная;

T — температура.

По существу величина l_1 представляет собой концентрационную эксергию [3], в которой концентрация ЗВ в атмосфере заменена $C_{\text{доп}}$.

К минимальным затратам следует отнести также энергию, затрачиваемую на проведение физико-химического превращения ЗВ (в газовой, жидкой или твердой фазах) l_2 . Представляется целесообразным оценить эти затраты по величине потенциала Гиббса ΔG_p с учетом фазового и химического (молекула, ион и др.) состояния ЗВ. Величина ΔG_p также косвенно связана с реакционной эксергией, отличаясь веществом отсчета, которое в данном случае учитывает реальные особенности анализируемой технологии очистки газов.

Таким образом, для целевого ЗВ имеем

$$l_m = l_1 + l_2 = C_0 R T \ln (C_0 / C_{\text{доп}}) + f_x C_0 \Delta G_p^x + f_\phi C_0 \Delta G_p^\phi, \quad (3)$$

где f_ϕ , f_x — эффективность извлечения ЗВ за счет фазового и химического превращений;

ΔG_p^ϕ , ΔG_p^x — свободная энергия фазового перехода и химической реакции.

В случае использования способа очистки, предусматривающего извлечение из выбросов нескольких ЗВ, минимальные затраты для каждого ЗВ суммируются.

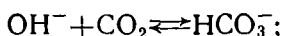
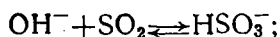
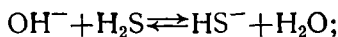
Фактические затраты энергии включают минимально необходимые для удаления из выбросов целевого ЗВ, а также минимальные затраты l'_m на улавливание сопутствующих веществ, извлекаемых (обезвреживаемых) с соответствующей эффективностью f'_ϕ и f'_x одновременно с целевым ЗВ. В фактические затраты входят также затраты, обусловленные реализацией вспомогательных (например, конденсация, отстаивание и др.) стадий процесса очистки $l_{\text{всп}}$, $\Delta G_{\text{всп}}$. К фактическим относятся также и дополнительные затраты, включающие затраты на транспортировку газовых, жидких или твердых потоков, энергию сырьевых материалов и продуктов очистки и др.

Энергия сырья и продуктов очистки может быть оценена по величине свободной энергии их образования $\Delta G'$. Затраты энергии на транспортировку потоков определяются в сопоставимых размерностях по известным формулам [5, 6]. Энергия потоков или составляющих их компонентов, выводимых из системы очистки с целью полезного использования, исключается из фактических затрат, что обуславливает снижение величины K , стимулируя, тем самым, стремление к совершенствованию процесса в направлении максимального использования вторичных материалов.

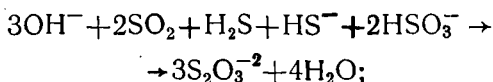
Предлагаемый критерий K был применен для сравнительной оценки способов очистки дымовых газов содорегенерационных котлоагрегатов (СРКА), имеющих производительность 200 000 м³/ч; температуру 393 К; концентрацию сероводорода, диоксида серы, диоксида углерода, диоксида азота, монооксида азота соответственно 0,50; 2,00; 143,40; 0,04; 0,15 г/м³. Температура очищенных газов 333 К.

Для рассмотрения выбраны три абсорбционных способа очистки [2]: щелочной, сульфит-сульфидный и щелочной в присутствии гомогенного катализатора дисульфогфталоцианина кобальта (абсорбционно-каталитический). Расчеты проведены с учетом химизма способа:

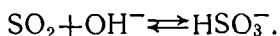
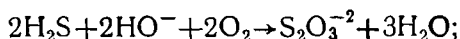
для щелочного



для сульфит-сульфидного



для абсорбционно-каталитического



Расчеты осуществлены при различных значениях эффективности очистки газов от сероводорода при условии, что принятое значение эффективности обеспечивает достижение нормативов на выброс сероводорода.

В качестве абсорбера при реализации щелочного и абсорбционно-каталитического способов принят эжекционный абсорбер Вентури; абсорбентом служил раствор каустика, удельный расход которого составлял 0,3 л/м³ газа. В сульфит-сульфидном способе для поглощения диоксида серы принят эжекционный абсорбер Вентури (I ступень очистки, абсорбент — раствор каустика), а для поглощения сероводорода — насадочный абсорбер (II ступень очистки, абсорбент — раствор сульфита-бисульфита). Отработанный абсорбент при реализации всех способов возвращался в цикл производства.

Эффективность очистки газов от диоксида серы, диоксида азота, монооксида азота составляла 80, 30, 0 %. Результаты сравнительной оценки способов очистки газов приведены в таблице.

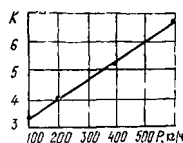
Способ очистки	Значения K при эффективности очистки от H ₂ S (CO ₂)				
	0,70(0,00)	0,90(0,00)	0,90(0,05)	0,90(0,10)	0,90(0,25)
Щелочной	4,10	4,67	15,60	77,52	173,37
Сульфит-сульфидный	1,83	2,28	3,78	5,27	9,76
Абсорбционно-каталитический	6,68	6,92	8,15	11,41	21,20

Из таблицы видно, что наиболее совершенным из рассмотренных способов является сульфит-сульфидный. Для практической реализации представляет интерес и абсорбционно-каталитический способ, уровень технологичности которого может быть повышен, например, путем использования более доступных и дешевых, менее токсичных и регенерируемых (утилизируемых) катализаторов.

Данные таблицы свидетельствуют также, что сульфит-сульфидный способ наиболее чувствителен к содержанию в газах диоксида углерода.

Следует также отметить, что повышенные значения K при реализации щелочного и абсорбционно-каталитического способов очистки

во многом обусловлены применением в качестве абсорбента раствора каустика. Технически не трудно обеспечить высокую эффективность очистки газов СРКА от сероводорода щелочным способом в присутствии избытка CO_2 . Однако при этом необходимо использовать достаточно большое количество каустика [1], что, как это видно из рисунка (P — расход каустика), приводит к существенному превышению фактических затрат относительно минимально необходимых и делает данный способ технологически несовершенным.



Влияние расхода каустика P на уровень совершенства способа очистки дымовых газов содорегаерационного котлоагрегата.

Результаты расчетов, приведенные в таблице, не противоречат известной информации, представляя ее в более объективной и количественно значимой форме.

Предлагаемый критерий позволяет выявить не только наиболее технологически удобный для конкретных условий способ очистки, но и определить основные направления его совершенствования. Он может быть использован также для сравнительной оценки газоочистного оборудования, при выборе способов и аппаратов в системах очистки сточных вод.

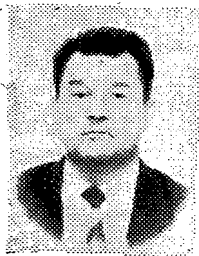
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Анискин С. В., Яковлев В. А., Телюкин Г. В. Реконструкция установки для очистки дымовых газов // Бум. пром-сть.—1989.—№ 6.—С. 12—13. [2]. Братчиков Г. Г. Очистка газовых выбросов в целлюлозно-бумажной промышленности.—М.: Лесн. пром-сть, 1989.—256 с. [3]. Бродянский В. М., Фратшер В., Михалек К. Эксергетический метод и его приложения.—М.: Энергоатомиздат, 1988.—288 с. [4]. Григорьев Л. Н., Молочников М. Л. Выбор способа очистки и обезвреживания выбросов в атмосферу // Технология судостроения.—1991.—№ 6.—С. 56—58. [5]. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию / Под ред. Ю. И. Дытнерского.—М.: Химия, 1983.—272 с. [6]. Очистка газов от сернистых соединений при эксплуатации газовых месторождений / А. И. Гриценко, И. А. Галанин, Л. М. Зиновьева и др.—М.: Недра, 1985.—270 с.

Поступила 13 декабря 1993 г.

УДК 676.013.8:628.5

Н. К. ДЕРМАНОВ, Г. И. ИОНСЕН



Дерманов Николай Константинович родился в 1940 г., окончил в 1965 г. Ленинградский технологический институт, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отраслевой лаборатории по очистке газопылевых выбросов ЦБП С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет 45 научных трудов, в том числе 11 изобретений, в области разработки и освоения новых технологий очистки газопылевых выбросов на основе применения гомогенных и гетерогенных катализаторов.