

C_0 и a_0 — начальные содержания адсорбата соответственно в газовой смеси и сорбенте; $C_{\text{кон}}$ — конечная концентрация адсорбата в газовой смеси.

Адсорбция и коэффициент диффузии D для микросферического сорбента рассчитывались в соответствии с выражениями:

$$\begin{aligned} \partial a / \partial \tau &= 1/R^2 \partial / \partial r R^2 D \partial a / \partial r ; \\ D \partial a / \partial X &= \beta (p_{\text{гр}} - p_{\text{ср}}), \end{aligned}$$

где β — коэффициент массообмена; $p_{\text{гр}}$ — парциальное давление адсорбата на границе раздела зерна и газовой среды; $p_{\text{ср}}$ — парциальное давление адсорбата в исходной газовой среде.

Выражения (1) и (3) записаны для схемы, изображенной на рис. 1, а (2) и (4) — для схемы, представленной на рис. 2.

УДК 621.182

Г.И. ЖИХАР, канд. техн. наук,
И.Г. БОГДАНОВИЧ, Н.П. КЕДА,
канд. физ.-мат. наук (БПИ)

РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ СЕРНОГО АНГИДРИДА ПРИ ДВУХСТУПЕНЧАТОМ СЖИГАНИИ ЖИДКОГО ТОПЛИВА

Горение топлива сопровождается различными химическими и физическими процессами, учет которых в настоящее время осуществить трудно. Тем не менее в топочных устройствах котлов можно выделить некоторые общие черты процесса, которые позволяют разработать достаточно полную методику расчета горения углеводородного топлива и образования оксидов серы [1].

При горении мазута наибольший интерес с точки зрения образования сернистого и серного ангидридов представляет стадия горения паровой фазы. В качестве паровой фазы жидкого топлива было принято газообразное топливо следующего состава [2]: 35 % CH_4 , 29 % C_2H_4 , 32,2 % H_2 , 2,5 % S^{P} , 0,3 % N^{P} , 1 % WP .

Расчеты выполнялись в соответствии с кинетической моделью горения углеводородного топлива [1] на ЭВМ БЭСМ-6.

Влияние коэффициента избытка воздуха на образование серного ангидрида показано на рис. 1. Как видно из рисунка, даже при $\alpha = 1,02$, который при эксплуатации котельного оборудования рассматривается как предельно малый избыток воздуха, концентрация SO_3 составляет $\sim 0,002$ %, при которой наблюдается серноокислотная коррозия. Только при $\alpha \approx 0,95$ содержание $\text{SO}_3 < 0,001$ % является коррозионно-безопасным. Сказанное выше подтверждается экспериментальными данными Р.Баррета, приведенными в [3]. Из рис. 1 следует, что повышение коэффициента избытка воздуха приводит к росту концентрации SO_3 в продуктах сгорания как при одноступенчатом, так и при двухступенчатом сжигании. При этом повышение содержания SO_3 в области малых избытков воздуха значительно больше, чем при $\alpha \geq 1,05$. При двух-

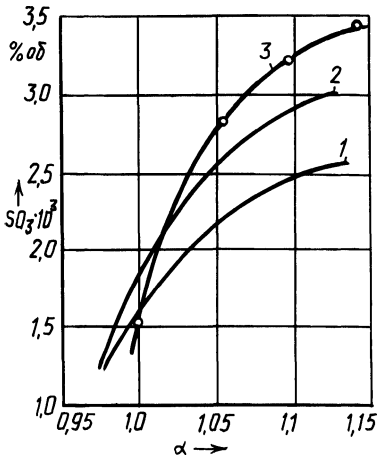


Рис. 1. Влияние избытка воздуха на образование серного ангидрида:

1 – двухступенчатое сжигание ($\alpha_1 = 0,8$); 2 – одноступенчатое сжигание; 3¹ – опытные данные [3].

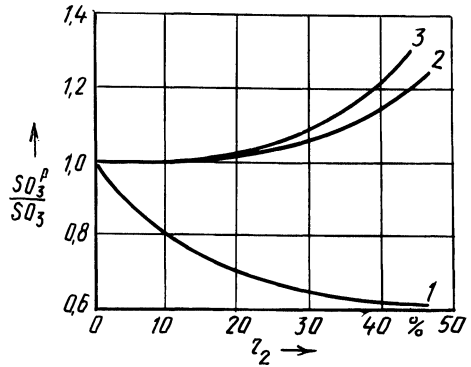


Рис. 2. Влияние искусственной рециркуляции газов на образование серного ангидрида при двухступенчатом сжигании топлива:

1 – ввод газов рециркуляции в первичный воздух ($\alpha_1 = 0,8$; $\alpha_0 = 1,05$); 2 – ввод газов рециркуляции с вторичным воздухом ($\alpha_1 = 0,8$; $\alpha_0 = 1,05$); 3 – экспериментальные данные [4].

ступенчатом сжигании жидкого топлива концентрация SO_3 в продуктах сгорания ниже, чем при одноступенчатом сжигании. Расчетные кривые 1, 2 хорошо согласуются с экспериментальными данными [3].

В расчетах рассматривалось влияние на образование SO_3 как внешней, так и внутренней рециркуляции продуктов сгорания.

С точки зрения экономики более выгодным является снижение концентрации вредных оксидов серы за счет внутренней рециркуляции продуктов сгорания. Это объясняется меньшими капитальными затратами и снижением затрат на тягодутьевые устройства. Из расчетов следует, что при двухступенчатом сжигании жидкого топлива с увеличением степени внутренней рециркуляции продуктов сгорания концентрация SO_3 уменьшается. Степень снижения концентрации SO_3 при одной и той же кратности внутренней рециркуляции продуктов сгорания зависит еще от их температуры. Так, например, при $r_1 = 40\%$ и $T_p = 1500\text{ K}$ концентрация SO_3 снижается на 40%, а при $r_1 = 40\%$ и $T_p = 900\text{ K}$ на 53%.

Внешняя рециркуляция продуктов сгорания может осуществляться по-разному: через сопла в горелках, через специальные щели в топке или воздушные короба. Схема ввода газов рециркуляции в воздушный короб является наиболее оптимальной. Это позволяет эффективно снижать содержание оксидов серы и азота и тепловые потоки в зоне горения, что увеличивает надежность работы экранных поверхностей нагрева котла.

На рис. 2 показано влияние внешней рециркуляции продуктов сгорания на снижение концентрации SO_3 в дымовых газах. Из рисунка следует, что ввод

газов внешней рециркуляции во вторичный воздух приводит к увеличению концентрации SO_3 в продуктах сгорания, что хорошо согласуется с экспериментальной кривой 2, приведенной в [4]. Данное явление объясняется неоднозначной зависимостью образования серного ангидрида от температуры.

При вводе газов рециркуляции в первичный воздух концентрация SO_3 в продуктах сгорания снижается. Так, например, при двухступенчатом сжигании жидкого топлива ввод 40 % газов рециркуляции в первичный воздух приводит к снижению концентрации SO_3 на 38 %.

На основании расчетов можно сделать вывод, что концентрация серного ангидрида в продуктах сгорания зависит от содержания серы в топливе. Например, при двухступенчатом сжигании жидкого топлива с увеличением содержания серы в топливе концентрация SO_3 в продуктах сгорания увеличивается. Причем при $S^P \geq 3$ % увеличение концентрации SO_3 в продуктах сгорания незначительно.

При одноступенчатом сжигании жидкого топлива с одинаковым содержанием серы в топливе концентрация SO_3 в продуктах сгорания выше, чем при двухступенчатом сжигании, что хорошо согласуется с известными экспериментальными данными [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Жихар Г.И., Богданович И.Г., Кеда Н.П. Расчетное исследование образования оксидов азота и серы при сжигании мазута // Научные и прикладные проблемы энергетики. – 1986. – Вып. 13. – С. 51–55.
2. Изюмов М.А., Росляков П.В. Расчетные исследования образования оксидов азота и серы при сжигании жидких и газообразных топлив // Изв. вузов. Энергетика. – 1981. – № 10. – С. 40–46.
3. Внуков А.К. Теплохимические процессы в газовом тракте паровых котлов. – М.: Энергия, 1981. – 294 с.
4. Образование оксидов азота NO_x и серного ангидрида SO_3 в котлоагрегате ТГМП-314 / С.А. Тагер, В.И. Калмару, В.И. Козаков и др. // Теплоэнергетика. – 1974. – № 9. – С. 42–46.
5. Ахмедов Р.Б., Цирульников Л.М. Технология сжигания горючих газов и жидких топлив. – Л.: Недра, 1984. – 238 с.

УДК 621.181.62.501.22.001.53

В.К. СУДИЛОВСКИЙ, канд. техн. наук,
А.В. ЩЕРБИЧ (БПИ)

РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВСТРОЕННЫХ СЕПАРАТОРОВ МОЩНЫХ ЭНЕРГБЛОКОВ

В XII пятилетке и в период до 2000 года прирост энергетических мощностей в европейской части СССР будет происходить главным образом за счет АЭС [1]. В связи с этим увеличится число пусков-остановов энергоблоков ТЭС, которые перейдут на работу в полупиковой и пиковой частях графика электрических нагрузок. В результате возрастет роль автоматизации пуско-остановочных режимов ТЭС.

В настоящее время появилась возможность автоматизировать управление встроенными сепараторами (ВС), которые являются основным элементом типовой пусковой схемы мощных энергоблоков, путем использования сигнала