

УДК 544.42.032

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ УГОЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ ОТ SO<sub>x</sub>

Пилин М.О.<sup>1</sup>, ассистент каф. УПиИЗ, магистрант гр. ХПм-151, I курс;

Шикина Н.В.<sup>2</sup>, научный сотрудник;

Базанов М.М.<sup>1</sup>, Митев А.Н.<sup>1</sup> студенты гр. ИЗб-121, IV курс;

Двоеглазова А.А.<sup>1</sup>, Хохлова А.В.<sup>1</sup> студенты гр. ИЗб-131, III курс

Научные руководители: Исмагилов З.Р.<sup>1,2,3</sup>, член-корреспондент

Российской академии наук, д.х.н., профессор; Теряева Т.Н.<sup>1</sup>, д.т.н., профессор

<sup>1</sup> Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва

<sup>2</sup> Институт катализа СО РАН г. Новосибирск

<sup>3</sup> Институт углекислоты и химического материаловедения ФИЦ УУХ СО РАН

Одним из главных источников техногенных выбросов в атмосферу является теплоэнергетика. Сжигание топлива на электростанциях и в котельных приводит к выбросу в атмосферу чрезвычайно токсичных веществ: SO<sub>x</sub>, твёрдых частиц и ртути. Эти вещества опасны как для окружающей среды из-за разрушения озонового слоя и выпадения кислотных дождей, так и для здоровья людей и животных. Одним из основных методов очистки дымовых газов является каталитическая очистка, позволяющая удалить из дымовых газов до 90-95 % SO<sub>x</sub>.

Существующие методы каталитической очистки газов от оксидов серы. в настоящее время можно выделить три основных процесса основанных на прямом каталитическом восстановлении диоксида серы до элементарной серы, отличающихся типом восстановителя:

1. Восстановление диоксида серы сероводородом (процесс Клауса);

2. Восстановление диоксида серы метаном (природным газом);

3. Восстановление диоксида серы водородом, монооксидом углерода или их смесью синтез-газом [1].

Основными преимуществами процесса восстановления SO<sub>2</sub> синтез-газом являются:

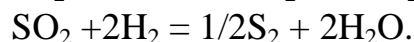
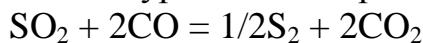
- низкая температура реакции (интервал рабочих температур 350-550°C);

- высокий, термодинамический разрешенный выход целевого продукта - элементарной серы (до 90 % при 350°C) [2].

В данной работе представлен лабораторный стенд, предназначенный для исследования процессов очистки смесей в максимальной степени моделирующих газы выбросы тепловых электростанций.

Активность образцов испытывалась на экспериментальном стенде для исследования реакции восстановления SO<sub>2</sub> синтез-газом. Методика экспериментов по исследованию активности катализаторов в модельной реакции восстановления SO<sub>2</sub> синтез-газом заключалась в следующем.

Реакционная смесь, содержащая  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$  подавалась на вход в реактор. Устанавливались необходимые начальные концентрации реагентов, скорость потока и необходимое отношение  $\text{SO}_2/\text{синтез-газ}$  при комнатной температуре реактора. Для экспериментов было выбрано отношение  $\text{SO}_2/\text{синтез-газ} = 1/2$  в соответствии с уравнениями реакций:



Условия проведения экспериментов по исследованию активности катализаторов в модельной реакции восстановления  $\text{SO}_2$  синтез-газом:

Объемная скорость –  $1200 \text{ ч}^{-1}$

Исходная концентрация  $\text{SO}_2$  – 3 об. %

Отношение  $\text{SO}_2/\text{синтез-газ} = 1/2$

Состав синтез-газа: 25%  $\text{CO}$  + 75%

Диапазон температур –  $200\text{-}600^\circ\text{C}$

Контроль за концентрациями  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$  осуществлялся путем измерения концентраций веществ с помощью газового хроматографа. После установки необходимых начальных концентраций реагентов и скорости потока температура реактора повышалась до  $200^\circ\text{C}$  и анализировался состав газовой смеси после реактора до установления стационарных значений концентраций продуктов реакции. Затем температура реактора повышалась до  $600^\circ\text{C}$  с шагом  $100^\circ\text{C}$ . Состав продуктов реакции анализировался при каждой температуре реактора до установления стационарных значений концентраций.

Схема представлена на рисунке.

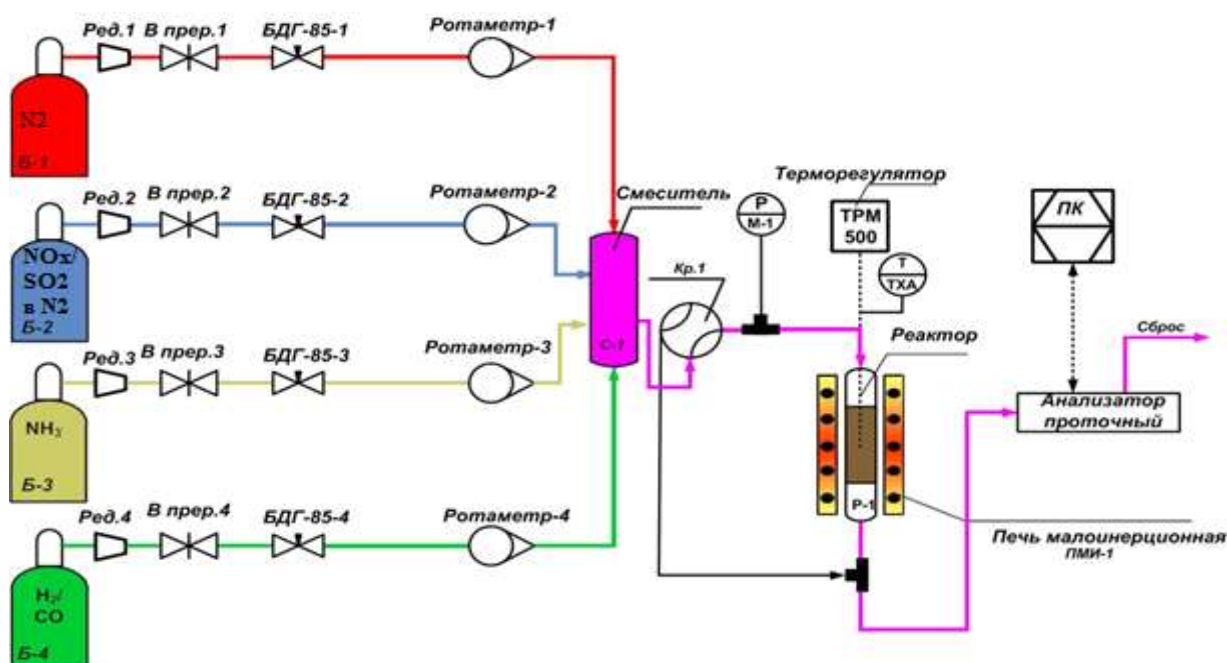


Рис. Общая принципиальная схема установки селективного каталитического восстановления (СКВ) оксидов серы.

Результаты испытаний катализаторов в реакции восстановления  $\text{SO}_2$  синтез-газом приведены в Табл.1 и 2.

Таблица 1 – Конверсия  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  выход элементарной серы в реакции восстановления  $\text{SO}_2$  синтез-газом на Ti-W-V-катализаторе

Конверсия, %	Температура реакции, °C				
	200	300	400	500	600
$\text{SO}_2$	10,1	20,4	35,0	56,8	59,2
$\text{CO}$	0	0	42,2	60,0	63,2
$\text{H}_2$	0	0	30,9	60,3	62,6
Выход $\text{S}_2$	7,3	3,05	25,4	45,3	52,2

Таблица 2 – Конверсия  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  выход элементарной серы в реакции восстановления  $\text{SO}_2$  синтез-газом на FeMn-Ti-W-V-катализаторе

Конверсия, %	Температура реакции, °C				
	200	300	400	500	600
$\text{SO}_2$	18,1	20,6	63,5	74,3	83,6
$\text{CO}$	15,8	31,3	70,4	85,0	85,1
$\text{H}_2$	17,5	31,8	71,7	80,2	83,7
Выход $\text{S}_2$	15,9	6,4	52,8	67,2	80,3

Показано, что наличие оксидов Fe и Mn в составе блоков значительно улучшает каталитические показатели катализаторов на основе титана, вольфрама и ванадия в реакции восстановления  $\text{SO}_2$  синтез-газом.

### Список использованной литературы

1. Попова Н.М. Катализаторы очистки газовых выбросов промышленных производств. Алма-Ата: Наука, Каз. ССР, 1991, с.176.
2. Flytzani-Stephanopoulos M. Ceria-based catalysts for the recovery of elemental sulfur from  $\text{SO}_2$ -laden gas streams [Text] / M. Flytzani-Stephanopoulos, T. Zhu, Y. Li // Catal. Today. – 2000. – Vol. 62. – P. 145-158.

Работа выполнена при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России в рамках реализации Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы», по Соглашению № 14.583.21.0004 о предоставлении субсидии от 16 июля 2014г. Уникальный идентификатор научных исследований(проекта) RFMEFI58314X0004.