

УДК 628.544, 620.9

С.В. Крюков, студент гр. ТЭб-132 (КузГТУ), М.А. Чемакин, студент гр. ТЭб-132 (КузГТУ)

Научные руководители: А.Р. Богомолов, д.т.н., доцент, вед.н.с. (ИТ СО РАН), г.Новосибирск, И.В. Дворовенко, к.т.н., доцент, доцент (КузГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО УЛАВЛИВАНИЮ ОКСИДОВ СЕРЫ ИЗ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ НА ПИЛОТНОЙ КОТЕЛЬНОЙ

Сжигание угля на тепловых станциях является хорошо отработанной технологией с высоким коэффициентом полезного действия, основная проблема тепловых станций заключается в дымовых газах, состоящих, в том числе, из окислов серы и азота, углекислого газа.

Анализ методов очистки газовых выбросов [1] показывает, что для очистки больших объёмов газов с малым содержанием оксидов серы, наиболее приемлем абсорбционный способ очистки, при условии решения проблемы утилизации или же использования аппаратов с наименьшим водопотреблением. Использование «мокрой» очистки практически не требует предварительной подготовки газа, позволяет одновременно проводить очистку от газообразных и механических компонентов. Поскольку диоксид серы обладает кислотными свойствами, поглотителями должны быть щелочные растворы. Они должны быть дешевы и легкодоступны в больших количествах поскольку объём выбрасываемых газов отдельно взятым источником может составлять от сотни тысяч до миллионов кубических метров в час. На практике, для очистки от оксидов серы, обычно используются следующие абсорбенты: вода, водные растворы: Na_2SO_3 (18-25%), NH_4OH (5-15%), $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Na_2CO_3 , NaOH (15-20%), KOH , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ (15-20%), ZnSO_4 , K_2CO_3 , суспензии CaO , MgO , MnO , CaCO_3 .

Наиболее дешевый и доступный поглотитель оксидов серы – вода. Опыт работы «мокрых» скрубберов для очистки дымовых газов показывает, что вода поглощает существенную часть SO_3 , образуя серную кислоту и в очень малой степени SO_2 . Для увеличения поглощения SO_2 разработан процесс «Flakt-Hydro» [1], где в качестве поглотителя используют морскую воду, которая имеет слабощелочную реакцию. За счет этого растворимость оксидов серы в ней резко возрастает.

В рамках реализации Федеральной целевой программы предполагается проведение исследований по абсорбционной очистке дымовых газов на пилотной установке [2]. Для изучения этих процессов был спроектирован и создана экспериментальная лабораторная абсорбционная установка для улавливания окислов серы и азота из смеси газов (рис.1). Целью исследований было получение наиболее доступных и недорогих абсорбентов и отработка технологий по снижению вредных выбросов из дымовых газов. Ос-

новными элементами стенда являются скруббер (труба) Вентури 3 и циклон 4, установленный после скруббера. В состав установки входят также насосы, газодувки, контрольно-измерительные приборы. Установка может подключаться к действующему котлу и очищать газы после котла или работать автономно, во втором случае для генерации газов используются сжатые газы или электропечь в которой осуществляется сжигание серы.

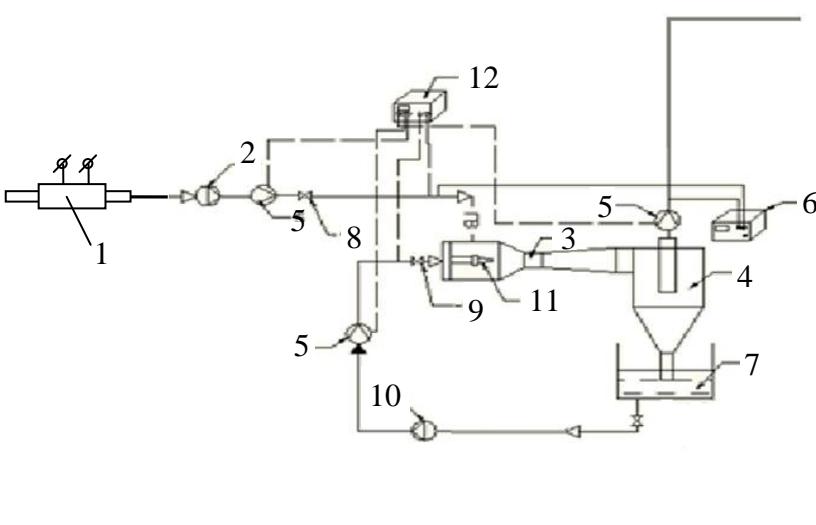


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:
 1 – электропечь;
 2 – воздуходувка;
 3 – скруббер Вентури;
 4 – циклон; 5 – расходомер;
 6 – газоанализатор;
 7 - резервуар;
 8, 9 – вентили; 10 – насос;
 11 – форсунка;
 12 – измерительный
 блок

Очистка дымовых газов осуществляется распыливанием воды или водных растворов поглотителей в горловине скруббера Вентури, через который движется поток дымовых газов. Вредные газы поглощаются в процессе абсорбции или хемосорбции и отводятся в емкости с водой или водными растворами поглотителей.

Работа установки в автономном режиме (без подключения к дымоходу котла) осуществляется следующим образом: воздуходувкой 2 воздух подается в скруббер Вентури 3, туда же насосом 11 из резервуара 7 через форсунку 12 поступает вода (водный раствор поглотителя); в скруббере происходит смешение газов и воды; затем смесь поступает в циклон 4, где происходит отделение жидкости от газов, газы по внутренней трубе циклона поступают вверх и выбрасываются в атмосферу, жидкость стекает в резервуар 7. При поглощении окислов серы устанавливается электропечь и дополнительная газодувка. При работе с котлом воздуходувка 2 засасывает газы из дымохода в скруббер Вентури.

Для анализа состава газов использовали газоанализаторы Testo 300 XXL, зонды которых устанавливали на входе в скруббер и после него. Установка позволяет производить измерения при различных расходах воды и газов и различном исходном составе газов.

Были проведены предварительные опыты по улавливанию оксида серы из смеси с воздухом водой и раствором карбамида для отработки методики исследования и измерений. Результаты экспериментов по улавливанию окислов серы водой представлены в табл.2, по улавливанию окислов серы водным раствором карбамида – в табл.3.

Таблица 1.

Результаты исследования на экспериментальной установке (вода)

| Расход воды, кг/с | Начальная концентрация SO ₂ , ппм | Конечная концентрация SO ₂ , ппм | Расход воздуха G, м ³ /с | Степень очистки, % |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|--------------------|
| 0,1375 | 67 | 1 | 0,01789 | 98,51 |
| 0,1375 | 84 | 2 | 0,01789 | 97,62 |
| 0,1375 | 96 | 4 | 0,01789 | 95,83 |
| 0,1375 | 108 | 6 | 0,01789 | 94,44 |
| 0,1375 | 113 | 8 | 0,01789 | 92,92 |
| 0,1375 | 128 | 11 | 0,01789 | 91,41 |
| 0,1375 | 133 | 13 | 0,01789 | 90,23 |
| 0,1375 | 137 | 14 | 0,01789 | 89,78 |
| 0,1375 | 144 | 17 | 0,01789 | 88,19 |
| 0,1375 | 148 | 19 | 0,01789 | 87,16 |
| 0,1375 | 150 | 20 | 0,01789 | 86,67 |
| 0,1375 | 152 | 21 | 0,01789 | 86,18 |
| 0,1375 | 154 | 22 | 0,01789 | 85,71 |
| 0,1375 | 155 | 23 | 0,01789 | 85,16 |
| 0,1375 | 156 | 24 | 0,01789 | 84,62 |

Таблица 2.

Результаты исследования на экспериментальной установке
(5% водный раствор карбамида)

| Расход воды, кг/с | Начальная концентрация SO ₂ , ппм | Конечная концентрация SO ₂ , ппм | Расход воздуха G, м ³ /с | Степень очистки, % |
|-------------------|--|---|-------------------------------------|--------------------|
| 0,1375 | 60 | 1 | 0,01649 | 98,33 |
| 0,1375 | 65 | 1 | 0,01649 | 98,46 |
| 0,1375 | 72 | 1 | 0,01649 | 98,61 |
| 0,1375 | 79 | 2 | 0,01649 | 97,47 |
| 0,1375 | 81 | 3 | 0,01649 | 96,30 |
| 0,1375 | 88 | 4 | 0,01649 | 95,45 |
| 0,1375 | 94 | 4 | 0,01649 | 95,74 |
| 0,1375 | 97 | 4 | 0,01649 | 95,88 |
| 0,1375 | 106 | 4 | 0,01649 | 96,23 |
| 0,1375 | 112 | 6 | 0,01649 | 94,64 |
| 0,1375 | 114 | 7 | 0,01649 | 93,86 |
| 0,1375 | 118 | 8 | 0,01649 | 93,22 |
| 0,1375 | 120 | 9 | 0,01649 | 92,50 |
| 0,1375 | 123 | 12 | 0,01649 | 90,24 |
| 0,1375 | 126 | 12 | 0,01649 | 90,48 |

На рис. 2 показана зависимость степени улавливания оксида серы SO_2 от начальной концентрации SO_2 . Полученные данные показывают примерно равную степень улавливания оксидов водой и водным раствором карбамида.

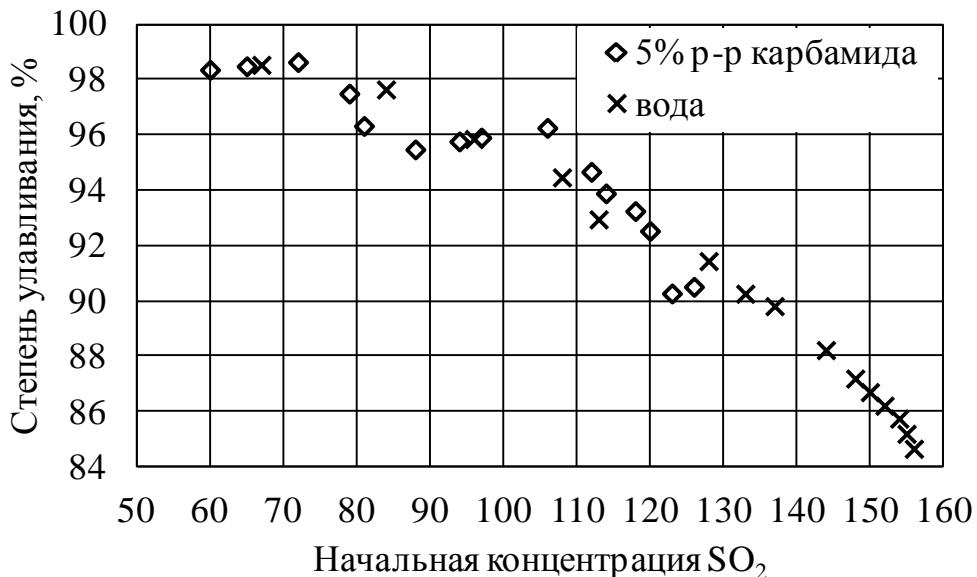


Рис.2. Очистка дымовых газов от оксида серы водным раствором карбамида

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 2014 г. Уникальный идентификатор научных исследований (проекта) RFMEFI58314X0004.

Список литературы:

1. Зайцев, В. А. Промышленная экология [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. А. Зайцев. — Эл. изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 382 с. : ил.
2. Sysolyatin, A.S. Experimental Setup for Studying the Capture of Sulfur and Nitrogen Oxides from Flue Gases / A.S. Sysolyatin, S.V. Kryukov, M.A. Chemakin, I.V. Dvorovenko// MATEC Web of Conferences, 2016, Vol. 72 (2016), Heat and Mass Transfer in the System of Thermal Modes of Energy – Technical and Technological Equipment (HMTTSC-2016), Tomsk, Russia, April 19-21, 2016, Published online: 09 August 2016. – DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/matecconf/20167201110> – Article available at <http://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/abs/2016/35/contents/contents.html>.