

АНТРОПОГЕННЫЕ ГАЗОВЫЕ ВЫБРОСЫ ПРИ СЖИГАНИИ ОТХОДОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ В СОСТАВЕ СУСПЕНЗИОННЫХ ТОПЛИВ

Ахметшин М.Р., Няшина Г.С.

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор П.А. Стрижак

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Ежегодно в России образуется около 3,5 млн. тонн нефтесодержащих отходов [8], в том числе более 2,5 млн. тонн – на предприятиях нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отраслей промышленности (90 % этих отходов – нефтешламы и загрязненные нефтью грунты). В целом общий объем накопленных нефтяных отходов в мире на 2017 г. достигает 9 млрд. тонн [3]. В связи с этим очевидна актуальность задачи утилизации накопившихся отходов предприятий нефтеперерабатывающей и нефтедобывающей отраслей промышленности, в том числе сжиганием отходов в качестве топлива. Цель работы заключалась в определении концентраций оксидов серы и азота, образующихся при сжигании нефтепродуктов и промышленных нефтесодержащих отходов в составе суспензионных топлив. В рамках выполнения работы, в качестве топлив, использовались наиболее распространенные и типичные продукты нефтяного происхождения: очищенная нефть, нефтешлам, отработанное турбинное масло. Характеристики исследуемых нефтепродуктов приведены в таблице.

Таблица

Характеристики нефтепродуктов

Нефтепродукт	Плотность при 20 °С, кг/м ³	Вязкость при 20 °С, мм ² /с	Массовая доля, %			Массовая концентрация хлористых солей, мг/дм ³	Теплота сгорания, МДж/кг
			серы	смолы	вода		
Нефть	818,2	7,93	0,213	3,19	9,2	9371	42,8
Нефтешлам	862,1	12,91	0,907	9,04	11,2	8761	40,2
Отработанное турбинное масло	868	–	≤ 0,5	–	≤ 2,5	–	45

Схема стенда, использованного для определения экологических характеристик сжигания нефтепродуктов, представлена в [6]. Стенд предназначен для измерения концентраций газообразных выбросов, образующихся при сжигании различных топлив (рис. 1).

Основной вклад в образование оксидов серы при сжигании нефтепродуктов вносят такие соединения, как сероводород, сульфиты и органически связанная сера [7]. При температурах выше 450 °С начинается интенсивное выделение SO₂. Данный факт может означать, что образование SO₂ при этих температурах происходит главным образом за счет реакции $H_2S + (3/2) O_2 \rightarrow SO_2 + H_2O$ [2].

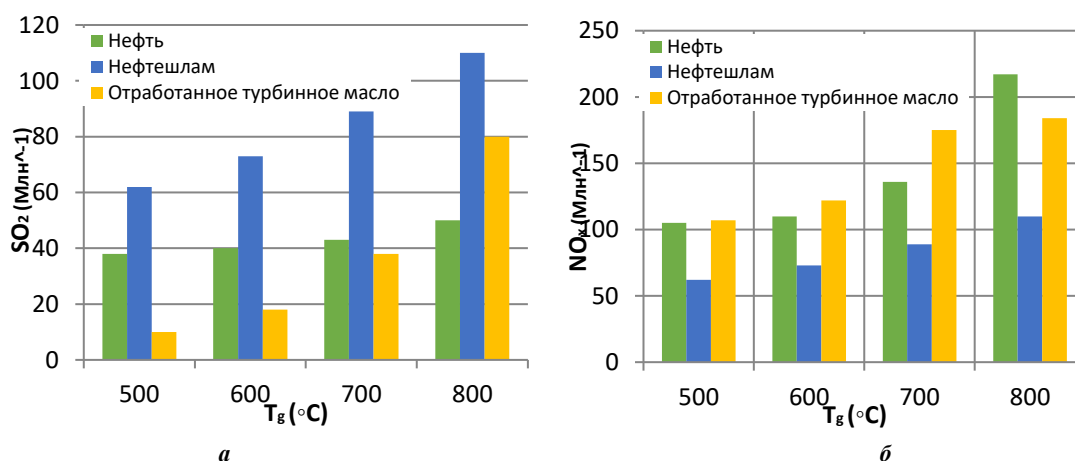


Рис. 1 Концентрации оксидов серы (а) и азота (б) при варьировании температуры в камере сгорания

Образующиеся в процессе горения оксиды азота (NO_x) подразделяются на три вида: топливные, быстрые и термические [1, 5]. Термические оксиды азота образуются в результате окисления азота в атмосфере при повышенных температурах (более 1300 °С) [1]. Топливные оксиды азота образуются из сложных органических соединений, содержащих азот, при температурах выше 400 °С [5]. Температура 700 °С – нижняя температурная граница образования быстрых оксидов, общий диапазон образования которых 700...2000 °С [4]. В рамках работы было важно определить, как изменяются концентрации основных антропогенных выбросов при сжигании эмульсий на основе исследуемых нефтепродуктов при добавлении к ним 50 % воды (рис. 1, 2).

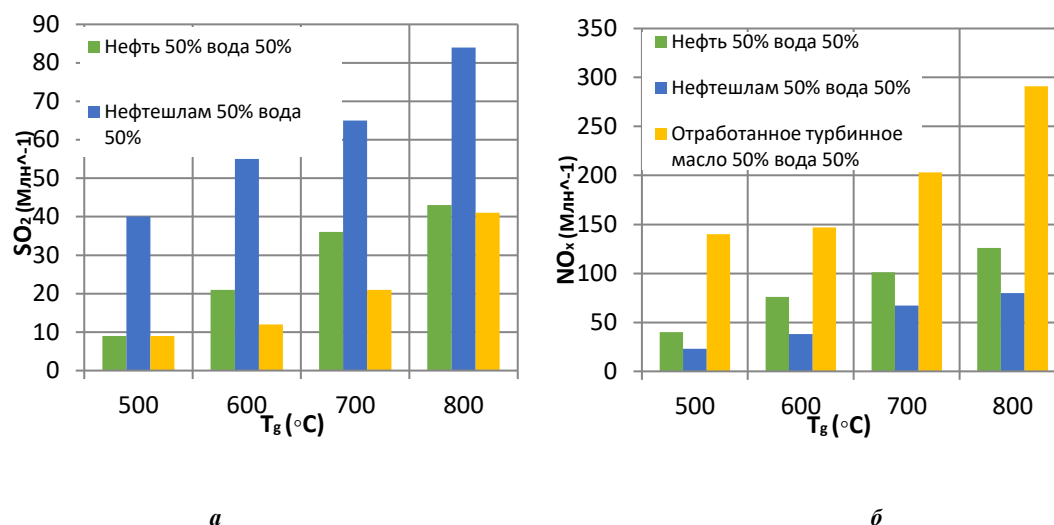


Рис. 2 Концентрации оксидов серы (а) и азота (б) при сжигании эмульсий на основе нефтепродуктов (50 %) и воды (50 %)

Экспериментально установлено (рис. 2), что при добавлении воды обеспечивается снижение концентраций оксидов серы и азота на 20...78 % в зависимости от состава суспензии и температуры сжигания.

Выводы

1. При использовании технологии сжигания нефтесодержащих отходов и нефтепродуктов обеспечивается эффективное сгорание нефти и отходов ее переработки, при этом концентрация SO₂ в продуктах сгорания соответствует российским стандартам. Показана возможность сжигания нефтешламов без нарушения экологических норм выбросов NO_x.

2. Применение суспензионных топлив на основе нефтепродуктов и воды позволяет обеспечить снижение концентраций оксидов серы и азота на 20...78 %. Исключением является смесь отработанного турбинного масла и воды, при сжигании которой выбросы оксидов азота увеличились на 16...61 %.

3. Выявлены закономерности, связанные с образованием антропогенных выбросов при сжигании нефтепродуктов. При этом целесообразно проведение дальнейших исследований процессов образования оксидов азота и оксидов серы для различных топлив на основе нефтепродуктов.

Литература

1. Веткин А.В. Исследование процесса образования оксидов азота в камере сгорания [Текст] / А.В. Веткин, А.Л. Сурис // Химическое и нефтегазовое машиностроение. - 2013. - № 10. - С. 9–11.
2. Cheng, S. Combustion behavior and thermochemical treatment scheme analysis of oil sludges and oil sludge semicokes [Text] / S. Cheng, H. Zhang, F. Chang et al. // Energy. - 2019. - V. 167. - P. 575–587.
3. Demirbas, A. Energy from Waste Materials and Unconventional Sources [Text] / A. Demirbas // Green Energy and Technology. - 2016. - P. 123–255.
4. Glarborg, P. Modeling nitrogen chemistry in combustion [Text] / P. Glarborg, J.A. Miller, B. Ruscic, S.J. Klippenstein // Progress in Energy and Combustion Science. - 2018. - V. 67. - P. 31–68.
5. Linak, W.P. Nitrous oxide emissions from fossil fuel combustion [Text] / W.P. Linak, J.F. McSorley, R.E. Hall et al. // Journal of Geophysical Research. - 1990. - V.95. - P. 7533–7541.
6. Nyashina, G.S. Impact of micro-explosive atomization of fuel droplets on relative performance indicators of their combustion [Text] / G.S. Nyashina, K.Y. Verzhinina, P.A. Strizhak // Fuel Processing Technology. - 2020. - V. 201. 106334.
7. Wang, Z. A TG-MS study on the coupled pyrolysis and combustion of oil sludge [Text] / Z. Wang, Z. Gong, Z. Wang et al. // Thermochimica Acta. - 2018. - V. 663. - P. 137–144.
8. Zuev P.V., Lyustritskaya D.V. Comprehensive solution on handling waste from oil and gas producing enterprises in low-developed areas of Russia // Oil Industry Journal. 2018. V. 1. P. 98–102.