

АНТРОПОГЕННЫЕ ВЫБРОСЫ ПРИ СЖИГАНИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ НЕФТЕШЛАМА

Д.К. Шведов, В.В. Дорохов

Томский политехнический университет,
ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, гр. 5БМ33

Научный руководитель: В.В. Дорохов, инженер-исследователь, НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ

В современном мире при активном развитии нефтяной промышленности невозможно полностью устранить ее негативное воздействие на окружающую среду. При этом значительный вклад в загрязнение экосистемы вносят нефтесодержащие отходы. Они образуются в результате добычи, транспортировки, переработки нефти. Кроме того, крупные области загрязненных нефтесодержащих отходов распространяются на значительные территории и служат источником дополнительного загрязнения почвы, воздуха, поверхностных и подземных вод, что представляет серьезную угрозу для здоровья человека. На сегодняшний день наиболее распространенным методом обращения с нефтешламами является их складирование в хранилищах-накопителях непосредственно на территории предприятий топливно-энергетического комплекса. В связи с вышеперечисленным появляется научный интерес в исследовании методов утилизации нефтяных отходов [1].

Нефтешламы представляют собой сложные физико-химические составы, состоящие из нефтепродуктов, воды и механических примесей. Концентрации элементов зависят от источника образования, условий и времени хранения смесей [2].

В качестве исследуемых топлив использовались смеси нефтешлама с различными добавками (дизель, спирт, техническая вода).

Схема стенда, использующегося для определения антропогенных выбросов представлена на рис. 1. В результате сжигания нефтешлама образуются оксиды азота, углерода и серы.

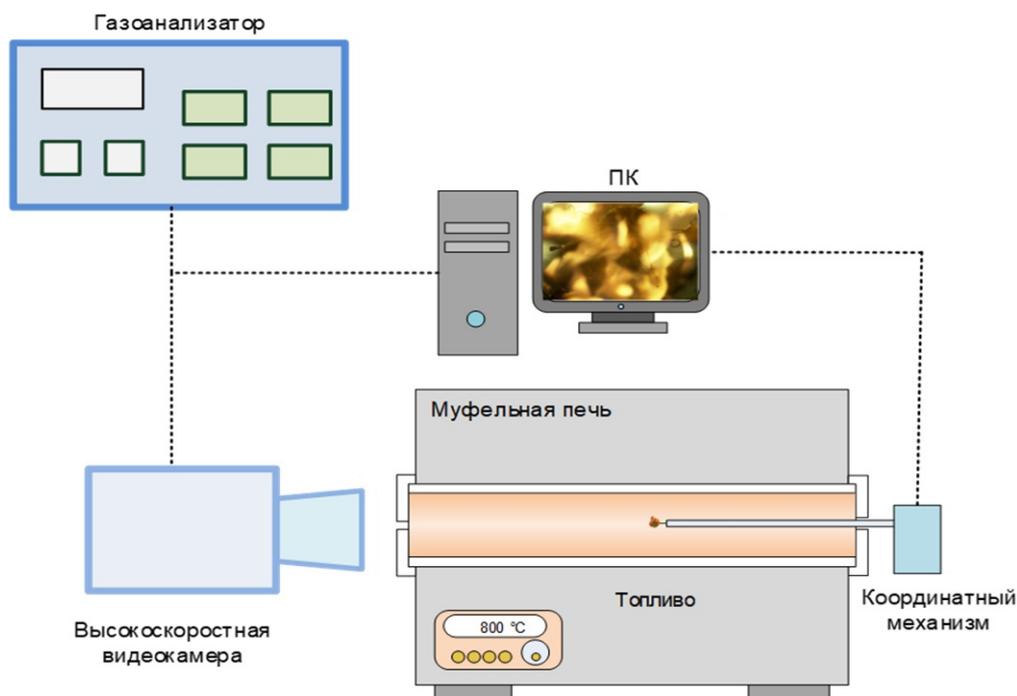
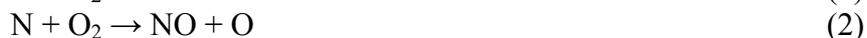


Рис. 1. Экспериментальный стенд

Отношение оксидов углерода в составе дымовых газов показывает, насколько полно происходит выгорание топлива. CO_2 является продуктом полного выгорания, а CO в составе дымовых газов говорит о неполном сгорании образца топлива. Соответственно, чем выше отношение CO_2/CO в дымовых газах, тем более полно происходит выгорание топлива.

Существует несколько механизмов, приводящих к образованию оксидов азота. Большая часть NO_x образуется в процессе сгорания азотистых частиц, выделяющихся вместе с летучими веществами. Другими словами, большая часть оксидов азота образуется непосредственно при термическом разложении топлива. Также существует механизм образования термических оксидов азота, при котором оксиды азота образуются в зоне максимальной температуры (механизм Зельдовича), и «быстрых оксидов», когда оксиды азота образуются в начальной части факела (механизм Фенимора).

Механизм Зельдовича описывается системой реакций [3]:



Образование «быстрых» оксидов азота более сложный, в нём участвуют радикалы CH , выступающие в качестве промежуточного компонента в процессе горения. Радикалы CH , образующиеся во фронте горения, реагируют с азотом и образуют цианистоводородную кислоту HCN , которая затем реагирует с образованием NO . Лимитирующей стадией в этом случае является реакция:



На рис. 2, а представлены отношения концентраций углекислого и угарного газов в составе продуктов сгорания. Отчетливо видно, что использование добавок позволяет увеличить соотношение CO_2/CO . Это позволяет сделать заключение о том, что добавки спирта, дизельного топлива и технической воды приводит к увеличению полноты выгорания топливной смеси. Исключением является добавка дизельного топлива при температуре 600°C , поскольку для эффективного сжигания дизельного топлива в данном случае недостаточно температуры в камере сгорания, а при увеличении температуры окислительной среды до 650°C и более наблюдается положительный эффект от использования добавки дизельного топлива.

Наибольшего эффекта удастся достичь при использовании добавки метилового спирта. В зависимости от температуры окислительной среды в камере сгорания, добавка метилового спирта с массовой долей 10 % позволяет увеличить соотношение CO_2/CO на величину 24–58 %. Увеличение температуры в камере сгорания приводит к росту полноты выгорания всех исследуемых видов топлив. При увеличении температуры в камере сгорания в диапазоне $600\text{--}750^\circ\text{C}$, отношение CO_2/CO для топлив с составом «100 % нефтешлам», «90 % нефтешлам, 10 % спирт», «90 % нефтешлам, 10 % дизель» и «90 % нефтешлам, 10 % техническая вода» увеличилось на 12, 43, 50 и 16 % соответственно.

На рис. 2, б представлены концентрации оксидов азота в составе продуктов сгорания исследуемых топлив. Наименьший уровень выбросов NO_x регистрировался при сжигании композиционного топлива с добавкой дизельного топлива. Причиной этого служит тот факт, что горение такого топлива наиболее равномерно. Соответственно, не происходило локальных подъемов температуры, приводящих к образованию дополнительных оксидов азота.

В зависимости от температуры в камере сгорания, по сравнению с «100 % нефтешлам», выбросы оксидов азота при сжигании композиционного топлива «90 % нефтешлам, 10 % дизель» снизились на величину в 41–67 %. При использовании любого вида добавки с массовой долей 10 % отмечалось снижение выбросов оксидов азота, поскольку внесение добавки приводило к снижению доли нефтяного компонента в составе композиционного топлива.

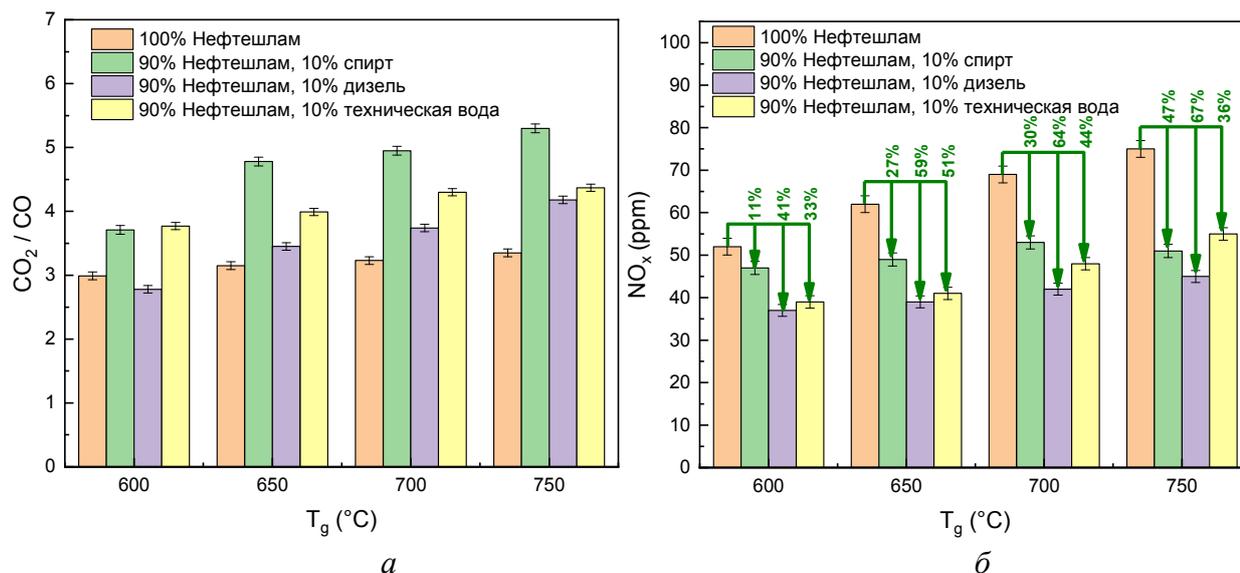


Рис. 2. Отношение оксидов углерода (а) и концентрации оксидов азота (б) в составе дымовых газов при сжигании композиционных топлив на основе нефтешлама с массовыми долями добавок спирта, дизеля и технической воды 10 %

Вывод. Использование добавок в составе композиционного топлива на основе нефтешлама позволяет увеличить соотношение CO_2/CO в составе дымовых газов. Это позволяет сделать заключение о том, что добавки спирта, дизельного топлива и технической воды приводит к увеличению полноты выгорания топливной смеси.

Наименьший уровень выбросов NO_x регистрировался при сжигании композиционного топлива с добавкой дизельного топлива. Причиной этого служит тот факт, что горение такого топлива наиболее равномерно. Соответственно, не происходило локальных подъемов температуры, приводящих к образованию дополнительных оксидов азота. В зависимости от температуры в камере сгорания, по сравнению с «100 % нефтешлам», выбросы оксидов азота при сжигании композиционного топлива «90 % нефтешлам, 10 % дизель» снизились на величину в 41–67 %.

Исследование выполнено за счет гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Соглашение №075-15-2020-806 (договор №13.1902.21.0014).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Korshunova T.Y., Loginov O.N. Oil Sludge: Conditions of the Problem in the Russian Federation and Methods To Reduce Their Negative Influence on the Environment // *Ekobiotek.* – 2019. – Vol. 2, no. 1. – P. 75–85 doi: 10.31163/2618-964x-2019-2-1-75-85.
2. Самигуллина Л.М. Анализ состава и источников образования нефтешламов на нефтеперерабатывающих заводах // *Молодой ученый.* – 2022. – № 48 (443). – С. 70–73. – URL: <https://moluch.ru/archive/443/96998/> (дата обращения: 10.11.2023).
3. https://ru.wikibrief.org/wiki/Zeldovich_mechanism (дата обращения 10.11.2023).