

УДК 662.62

Вязовик В.Н.

**Черкасский государственный технологический
университет, г. Черкассы**

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭЛЕКТРОНОКАТАЛИЧЕСКОГО ГОРЕНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Рассмотрены основные загрязнители и их образование при горении топлива. Приведены механизмы действия и результаты исследования уменьшения выбросов оксидов азота (I) и углерода (II) при электроннокаталитическом сжигании угля и древесины.

Каждый год в атмосферный воздух выбрасывается тысячи тонн разнообразных химических веществ. Из наибольших загрязнителей атмосферного воздуха, которые выделяются при сжигании топлива и на которые установлены нормы ПДК, следует выделить пять основных: твердые части (пыль, зола, сажа); оксиды серы; оксиды азота; оксиды углерода; углеводороды, которые определяют на 90-98 % валовые выбросы вредных веществ в большинстве городов. Для большинства промышленных регионов характерны следующие доли загрязняющих веществ в атмосферный воздух: оксид углерода - 50 %, оксиды серы около 20 %, твердые части 16-20 %, оксиды азота 6-8 %, углеводороды 2-5 %. Но, с учетом токсичности, в первую очередь следует выделить оксиды азота, потом следуют оксиды серы, пыль и оксид углерода.

Углеводороды и сажа, по сути, являются продуктами недожога и поддаются тому же изменению, что и оксид углерода (II). Поэтому нас в первую очередь интересовали изменения концентрации оксидов азота и углерода (II).

Согласно литературным данным [1] оксиды азота образуются не после окончания реакции горения, а непосредственно в зоне горения и зависят от ряда химических реакций в пламени. При этом образование оксидов азота

происходит не только в результате реакции атомарного кислорода с молекулой азота, но и по другим реакциям.

Сейчас выделяют три основных источника образования оксидов азота: «термические», «быстрые» и «топливные».

При температурах в пределах 293 до 593°K выход образования «термических» и «быстрых» оксидов азота трудно различить. Среднее время образования оксидов азота и скорость образования за глубиной фронта пламени изменяются незначительно. При повышении температуры, образование «быстрых» оксидов азота не увеличивается, а, наоборот, снижается.

Время образования «термических» оксидов азота составляет $(3-4) \cdot 10^{-4}$ с, тогда как образование «быстрых» оксидов азота заканчивается за $1 \cdot 10^{-4}$ с.

«Топливные» оксиды азота образуются из азотосодержащих соединений топлива при продувке его горячим воздухом уже при температуре 900-1000°K. При температурах 1000-1400°K на начальных участках факела пламени, где происходит воспламенение и горение летучих соединений, наблюдается значительный выход оксидов азота.

Одними из наиболее значимых токсичных загрязнителей атмосферного воздуха есть продукты неполного сгорания, а именно оксиды углерода, альдегиды, органические кислоты и углеводороды. Среди них наиболее значимым является оксид углерода (II).

Схема образования и выгорания CO при горении углеводородов следующая: на начальном этапе выгорания углеводородов идет накопление оксида углерода (II), а потом идет его окисление по длине камеры сгорания. Так при горении метана происходит накопление CO до 2-3 %, а потом происходит постепенное выгорание его и конечная концентрация составляет 0,01-0,1 %.

Как один из методов снижения количество выбросов в окружающую среду и расхода топлива есть электронно-каталитическое горение. При электронно-каталитическом горении достигается снижение энергии активации эндотермической составной первой стадии горения - разложения углеводородов на углеводородный радикал и протон. Снижение энергозатрат на первую стадию

термодеструкции углеводородов топлива приводит к увеличению выделения тепла на целевой теплоноситель, что приводит к существенной экономии топлива.

При использовании электроннокатализа происходит более полное выгорание углерода в шлаке. Так при напряжении 4 кВ степень выгорания углерода увеличивается на 32 % и экономия топлива достигает до 20 %. При увеличении напряжения - экономия топлива и степень выгорания уменьшаются [2].

Электроннокаталитическое сжигание не влияет на процесс образования оксида серы, а влияет лишь на соотношение SO_2 : SO_3 , которое смещается в сторону большего образования SO_3 .

Влияние электроннокаталитического сжигания угля на выбросы в атмосферный воздух исследовали на стендовой установке, которая состоит: из камеры сгорания с разрядным устройством; термостата; источника питания разрядного устройства и компрессора, постоянного объема воды, которая нагревается. Эксперименты проводили как при электроннокаталитической обработке, так и без нее. Исследовали образование оксида азота (II) и оксида углерода (II) как самых распространенных и одних из самих токсичных веществ, которые выбрасываются в окружающую среду. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1 наибольшее уменьшение выбросов в атмосферный воздух наблюдается при напряжении 4 кВ, когда уменьшение концентрации оксида азота (II) достигает 80 %, а оксид углерода (II) при том же напряжении, почти 52 %. При том же напряжении содержание остаточного углерода в шлаке также будет наименьшее [2]. С повышением напряжения концентрация оксидов азота и углерода увеличивается.

Такое уменьшение образования оксидов азота (II) можно объяснить тем, что при использовании электроннокатализа подавляется образование «термических» оксидов азота за счет фиксации атомарного кислорода. Что касается «быстрых» оксидов азота, то при повышении температуры, согласно [1], выход этой группы оксидов азота значительно уменьшается.

Таблица 1

Значение концентраций NO и CO при разных напряжениях

Напряжение, кВ	Оксиды азота (II)			Оксиды углерода (II)		
	Концентрация до обработки, мг/м ³	Концентрация после обработки, мг/м ³	Уменьшение концентрации, %	Концентрация до обработки, мг/м ³	Концентрация после обработки, мг/м ³	Уменьшение концентрации, %
3	60	30	50	280	180	35,7
4	60	12	80	280	135	51,78
5	60	27	55	280	145	48,2
6	60	38	36,7	280	160	42,9
7	60	40	33,3	280	190	32,14
8	60	33	45	280	70	75

При использовании электроннокатализа происходит увеличение количество выделяемой теплоты.

Уменьшение выбросов оксида углерода (II) происходит благодаря увеличению количества радикалов HO^\bullet , которые образуются в зоне электроннокатализа из паров воды. Уменьшению концентрации оксида углерода (II), как и для «быстрых» оксидах азота, способствует существенное повышение температуры.

Оксиды углерода доокисляется до оксида углерода (IV) благодаря лучшей диффузии кислорода.

С целью изучения причин резкого падения концентраций оксидов азота (II) и оксидов углерода (II) при напряжении 8 кВ, были проведены исследования электроннокаталитической нейтрализации дымовых газов от токсичных соединений [3] на примере выхлопных газов автотранспорта с добавлением и без добавления воздуха.

В работе [3] было подтверждено, что при использовании объемного или тихого разряда происходит существенное

уменьшение концентрации оксидов азота и углерода (II) в дымовых газах. Так было достигнуто уменьшение концентрации оксидов углерода (II) при напряжении 10 кВ до 84,5 % и оксидов азота до 79 % за счет кислорода, который остается в дымовых газах после сгорания жидкого топлива. Аналогичные процессы протекают и при сгорании твердого топлива в котлоагрегатах, потому этот процесс можно использовать для очистки дымовых газов от оксидов азота и углерода (II) при напряжении 10 кВ.

Так же была исследована степень выгорания угля. Установлено, что при использовании электронно-каталитического горения степень выгорания угля повышалась на 32 %.

Аналогичные исследования были проведены при электроннокаталитическом сжигании древесины. Результаты этих исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2

Значение концентраций NO и CO
при разных напряжениях

Напряжение, кВ	Оксиды азота (II)			Оксиды углерода (II)		
	Концентрация до обработки, мг/м ³	Концентрация после обработки, мг/м ³	Уменьшение концентрации, %	Концентрация до обработки, мг/м ³	Концентрация после обработки, мг/м ³	Уменьшение концентрации, %
3	45	38	15,6	330	300	9,1
4	45	23	48,9	330	220	33,3
5	45	24	46,7	330	240	27,3
6	45	30	33,3	330	130	60,1
7	45	22	51,1	330	270	18,2

Как видно из табл. 2 максимальное уменьшение выбросов в атмосферный воздух наблюдается при напряжении 4 кВ, когда

уменьшение концентрации оксида азота (II) достигает почти 49%, а оксида углерода (II), при том же напряжении, почти 33%. При высших напряжениях снижение выбросов оксида азота и углерода меньше.

Использование электроннокаталитического горения древесины и угля приводит к существенному увеличению количества выделяемой теплоты для древесины и может достигать до 20 % [2].

Исходя из всего сказанного, можно сделать вывод, что при использовании электроннокаталитического горения угля и древесины происходит существенное уменьшение выбросов оксидов азота и углерода. Так при использовании электроннокатализа при сжигании угля при напряжении 4 кВ достигается уменьшение выбросов оксидов азота до 80 %, оксидов углерода почти до 52 %; при сжигании древесины при напряжении 4 кВ уменьшение выбросов оксидов азота достигает 80 %, оксидов углерода - почти до 52 %. При высших напряжениях выбросы оксидов азота и углерода (II) существенно уменьшаются. Поэтому высокие напряжения могут быть использоваться лишь для уменьшения выбросов в атмосферный воздух, тогда как напряжения около 4-5 кВ могут одновременно использоваться как для уменьшения выбросов в атмосферный воздух, так и для экономии топлива.

Библиографический список

1. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива - Л.: Недра, 1988 - 312 с
2. Вязовик В.М. Влияние электрокатализа на процесс горения угля. Сообщение II.. Выгорание коксового излишка // Сборник научных трудов Днепродзержинского государственного технического университета: (технические науки) / Днепродзержинск: ДДТУ. - 2011. - Выпуск 2(17) -С. 253-259.
3. Галенко М. В. Исследование процессов снижения токсичности выхлопных газов автотранспорта// Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» - 2010 - №13 - С.13-18.