

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ РЕАКТОР ЩЕЛЕВОГО ТИПА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА

Варгаузин А.А., Кручинин А.А., Спичкин Г.Л., Чистов Е.К.

Закрытое акционерное общество “МЭЛП”, Санкт-Петербург

В докладе приводятся результаты испытаний генератора озона и установки газоочистки на основе плазмохимического реактора щелевого типа. Реактор работает на атмосферном воздухе и представляет собой решетку из тонких стеклоэлектродов..

Разработанный ЗАО “МЭЛП” Плазменный фильтр (ПФ) – это устройство, состоящее из щелевого реактора барьерного разряда и источника электропитания. ПФ обеспечивает получение озона из неосушенного воздуха и предназначен для использования в технологических процессах, не требующих высоких значений концентрации озона. Он может быть использован также в качестве одной из ступеней установок очистки воздуха от органических загрязнений.

Газоразрядный реактор ПФ представляет собой решетку из параллельно расположенных трубчатых электродов. Электроды реактора выполнены из кварцевых трубок с внешним диаметром 3,2 мм и внутренним диаметром 1,3 мм, в которые плотно вставлены токоподводы из нержавеющей проволоки. Конструктивно решетка из электродов может быть плоской (рис. 1а) или зигзагообразной (рис. 1б), однорядной или двухрядной (рис. 1в). Электроды разной полярности (высоковольтный и низковольтный) чередуются в реакторе с шагом 4,5 мм, в результате чего газовый зазор между кварцевыми оболочками электродов составляет $1,3 \pm 0,1$ мм. Токоподводы высоковольтных и низковольтных электродов направлены в противоположные стороны. Все токоподводы высоковольтных электродов подключены к общему высоковольтному коллектору газоразрядного реактора, а токоподводы низковольтных электродов – к общему низковольтному коллектору.

Газоразрядный реактор встраивается в воздуховод. На коллекторы реакторов от источника питания подаются знакопеременные импульсы высокого напряжения с амплитудой около 12 кВ. В результате, в атмосферном воздухе в области щелей между соседними электродами реактора возбуждается газовый разряд барьерного типа, сопровождающийся свечением синего цвета. Активная мощность, вкладываемая в газовый разряд, определяется частотой повторения импульсов высокого напряжения. Охлаждение электродов осуществляется основным потоком воздуха, пропускаемым через газоразрядную зону.

Для обеспечения ряда функций управления работой ПФ в воздуховод перед газоразрядным реактором устанавливается измеритель расхода воздуха (трубка Пито, подключенная к дифференциальному датчику давления). Измеритель расхода обеспечивает блокировку работы ПФ при недостаточном потоке воздуха с целью предотвращения перегрева газоразрядного реактора, а также создает возможность автоматического поддержания требуемого значения активной мощности, вкладываемой в газовый разряд, в зависимости от величины расхода воздуха.

Одним из важных показателей работы ПФ является высокая эффективность электросинтеза озона. Исследования показали, что при линейных скоростях воздуха в щели газоразрядного реактора на уровне 10-15 м/с производительность по озону может достигать 200 мг/час с одного погонного сантиметра газоразрядной щели, при энергозатратах, не превышающих 10 Вт·час/г O_3 . Производительность реактора, в состав которого входили 40 (20 высоковольтных и 20 низковольтных) зигзагообразно расположенных в один ряд стеклоэлектродов (рис. 1б) с активной длиной 200 мм при расходе воздуха 350 м³/час и активной газоразрядной мощности 1 кВт составляла 130 г/час. При этом концентрация озона на выходе реактора – 370 мг/м³, энергозатраты – 7,7 Вт·час/г O_3 , удельный энерговклад – 10 мДж/см³. Габаритные размеры такого реактора – 320x180x40 мм, масса – около 1 кг, активное окно – 200x125 мм, живое

сечение – 78 см². Перепад давления на реакторе при указанном расходе не превышал 120 Па. При уменьшении потока воздуха через реактор была получена предельная концентрация озона на выходе газоразрядного реактора на уровне 500 мг/м³.

Уменьшение удельного энергозатрата за счет снижения частоты следования импульсов высокого напряжения при сохранении их амплитуды приводит к увеличению эффективности электросинтеза озона. Для того же газоразрядного реактора при том же расходе воздуха и значении газоразрядной мощности 200 Вт (удельный энергозатрат – 2 мДж/см³) энергозатраты на электросинтез озона составляют 6,6 Вт·час/г О₃ и при дальнейшем снижении мощности практически не изменяются.

Следует особо отметить, что в экспериментах использовался атмосферный (неосушенный) воздух. В процессе работы относительная влажность воздуха колебалась за счет изменения погодных условий в диапазоне 30-80 % при изменениях температуры от 15 до 25°C. При этом в течение 1000 часов работы существенных изменений эффективности электросинтеза озона не наблюдалось (при фиксированном воздушном потоке колебания производительности по озону не превышали 10%).

В качестве источника озона ПФ может быть использован в процессах дезодорации, обеззараживания и дезинфекции воздуха и поверхностей, поддержания окислительно-восстановительного потенциала в системах жизнеобеспечения аквариумов. Применение ПФ позволит предельно снизить стоимость производства озона благодаря следующим его преимуществам по сравнению традиционными озонаторами на основе барьерного разряда:

- отсутствие дорогостоящего оборудования для воздухоподготовки;
- малое сопротивление воздушному потоку, возможность встраивания в вентиляционную систему с использованием вентиляторов среднего давления;
- эффективное охлаждение электродов газоразрядных реакторов вентиляционным воздухом;

- низкие удельные энергозатраты на производство озона;
- отсутствие расходных материалов;
- малые размеры и масса.

Другим важным направлением применения ПФ является возможность его использования в плазмохимических технологиях очистки воздуха от органических загрязнителей. В результате химических реакций, протекающих в газовом разряде, воздушный поток, пропускаемый через ПФ, обогащается активными частицами (озоном, атомарным кислородом, ОН-радикалами), обладающими очень высокой окислительной способностью. Молекулы органических соединений, присутствующие в воздушном потоке, подвергаются деструкции и окислению как непосредственно в зоне разряда, где помимо взаимодействия с активными частицами они могут быть разрушены электронным ударом, так и на выходе газоразрядного реактора, в газовом потоке, содержащем активные частицы. ПФ был испытан в составе пилотной плазмо-адсорбционной установки очистки воздуха от паров битума. При исходной концентрации загрязнителя около 0,5 ppm была получена степень очистки по различным компонентам 0,8-0,9.

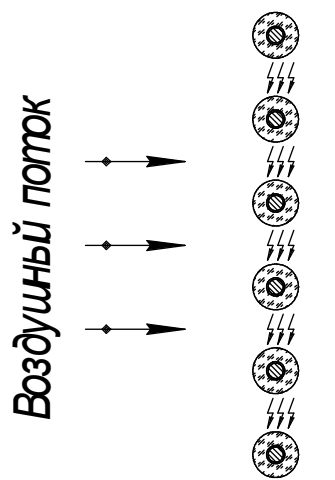


Рис. 1а

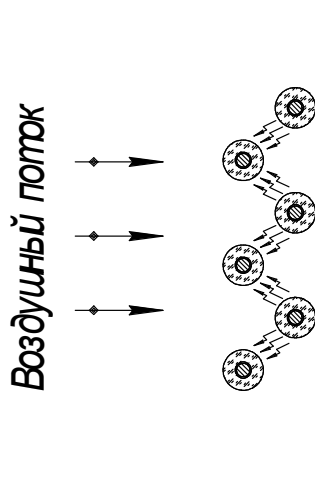


Рис.1б

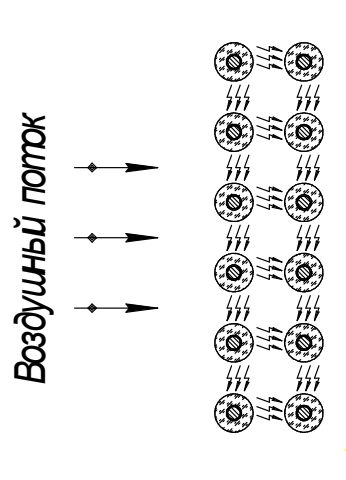


Рис. 1в