

ГЕНЕРАТОР ОЗОНА ОГВК-05

Варгаузин А. А., Кручинин А. И.

Закрытое акционерное общество «МЭЛП», Санкт-Петербург

В докладе представлены результаты разработки генератора озона ОГВК-05, предназначенного для малогабаритных автоматизированных установок водоочистки и водоподготовки. Основной отличительной особенностью генератора является использование “интеллектуального” источника питания, поддерживающего оптимальную газоразрядную мощность в широком диапазоне расходов, давлений и температур питающего газа.

Одним из важнейших факторов, определяющих эффективность электросинтеза озона в газовом разряде барьерного типа, является энергия, вкладываемая в единицу объема питающего газа (иными словами, удельные энергозатраты – мощность газового разряда, отнесенная к расходу газа) [1, 2].

Как правило, в технологических установках для производства озона используются высоковольтные источники электропитания переменного тока, формирующие на электродах газоразрядного реактора знакопеременное напряжение с постоянными значениями амплитуды и частоты. Удельные энергозатраты в таких случаях определяются величинами расхода, давления и температуры питающего газа, а также его химическим составом. Незначительные изменения указанных параметров нередко приводят к существенным, а иногда и катастрофическим снижениям производительности озонаторных установок. Поэтому использование таких источников питания предполагает поддержание параметров питающего газа в строгих и довольно узких границах.

Специалистами ЗАО «МЭЛП» была поставлена задача создания генератора озона, обеспечивающего электросинтез озона с высокими эксплуатационными характеристиками в широких диапазонах параметров питающего газа. Результатом проведенной работы явилась разработка серии малогабаритных озонаторов ОГВК-05** (см. рис. 1). Озонаторы предназначены для применения в автоматизированных установках водоочистки и водоподготовки, а также могут быть использованы для научных исследований в области озонных технологий. Озонаторы рассчитаны на использование в качестве питающего газа осушенного воздуха с точкой росы не выше - 40°C и обеспечивают электросинтез озона с производительностью до 5,5 г/час. При необходимости озонаторы могут работать на

кислороде, в этом случае их производительность достигает 12 г/час. Озонаторы могут использоваться как в барботажных, так и в эжекторных схемах смешения озона с водой.

В озонаторах ОГВК-05** используется традиционный способ получения озона в газовом разряде барьерного типа. Охлаждение газоразрядного реактора осуществляется окружающим воздухом. Основной отличительной особенностью озонаторов является использование “интеллектуального” источника питания, автоматически поддерживающего оптимальную газоразрядную мощность в широком диапазоне расходов, давлений и температур питающего газа. Поток питающего газа (осушенный воздух или кислород) через озонатор обеспечивается внешним побудителем расхода (эжектор, компрессор или кислородная магистраль).



Рис. 1. Генератор озона ОГВК-05.

В представленном докладе речь идет о базовой модели серии – генераторе озона ОГВК-05. В его состав входят следующие элементы:

- электронный измеритель расхода питающего газа;
- газоразрядный реактор с системой воздушного охлаждения;
- высоковольтный источник электропитания;
- устройство управления.

Другие модели серии ОГВК-05** могут отличаться от базовой следующими дополнительными сервисными функциями:

- наличием выходного электромагнитного клапана, обеспечивающего защиту газоразрядного реактора от проникновения воды;
- наличием датчика разряжения на выходе, необходимого для работы с эжекторной схемой смешения озона с водой при установленном выходном клапане;
- возможностью управления производительностью озонатора внешним аналоговым сигналом (4-20 мА или 0-5 В);
- возможностью измерения выходной концентрации озона;
- возможностью изменения режимов работы с помощью встроенного меню пользователя и др.

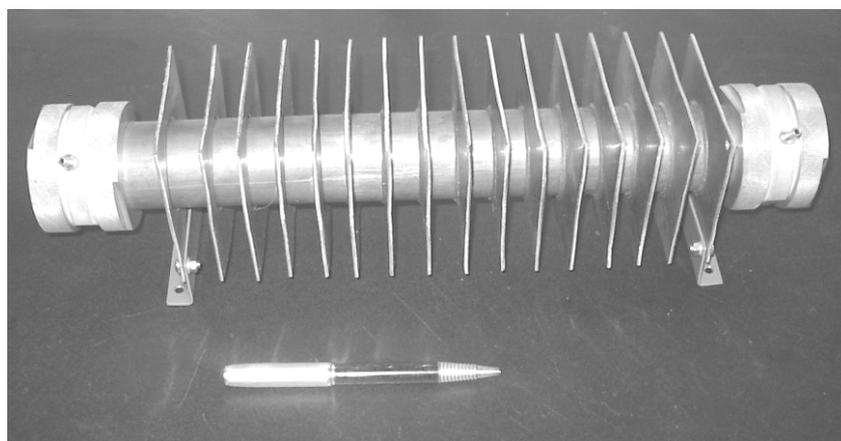


Рис.2. Внешний вид газоразрядного реактора генератора озона ОГВК-05.

Измеритель расхода газа выполнен на базе дифференциального датчика давления, который определяет перепад давления на калиброванной диафрагме, установленной в газовый тракт озонатора. Зависимость перепада давления на диафрагме от величины расхода газа определяется экспериментальным путем, и полученная градуировочная таблица заносится в память микроконтроллера устройства управления. Газоразрядный реактор озонатора имеет классическое трубчатое исполнение (см. рис. 2).

Высоковольтный (внутренний) электрод реактора представляет собой стеклянную трубу с нанесенным на внутреннюю стенку металлическим покрытием. Внешний диаметр трубы – 40 мм, толщина стенки – 1,6 мм. Заземленный (внешний) электрод выполнен в виде трубы из нержавеющей стали с напрессованными для эффективного охлаждения “ребрами” из листового алюминия. Активная длина реактора – 320 мм, величина газового зазора – 1,5 мм. В качестве центрирующих и уплотнительных элементов конструкции используются изделия из фторопласта. Реактор выдерживает давление газа без разрушения элементов конструкции от 0 до 400 кПа (абс.). Охлаждение реактора обеспечивает малошумящий вентилятор.

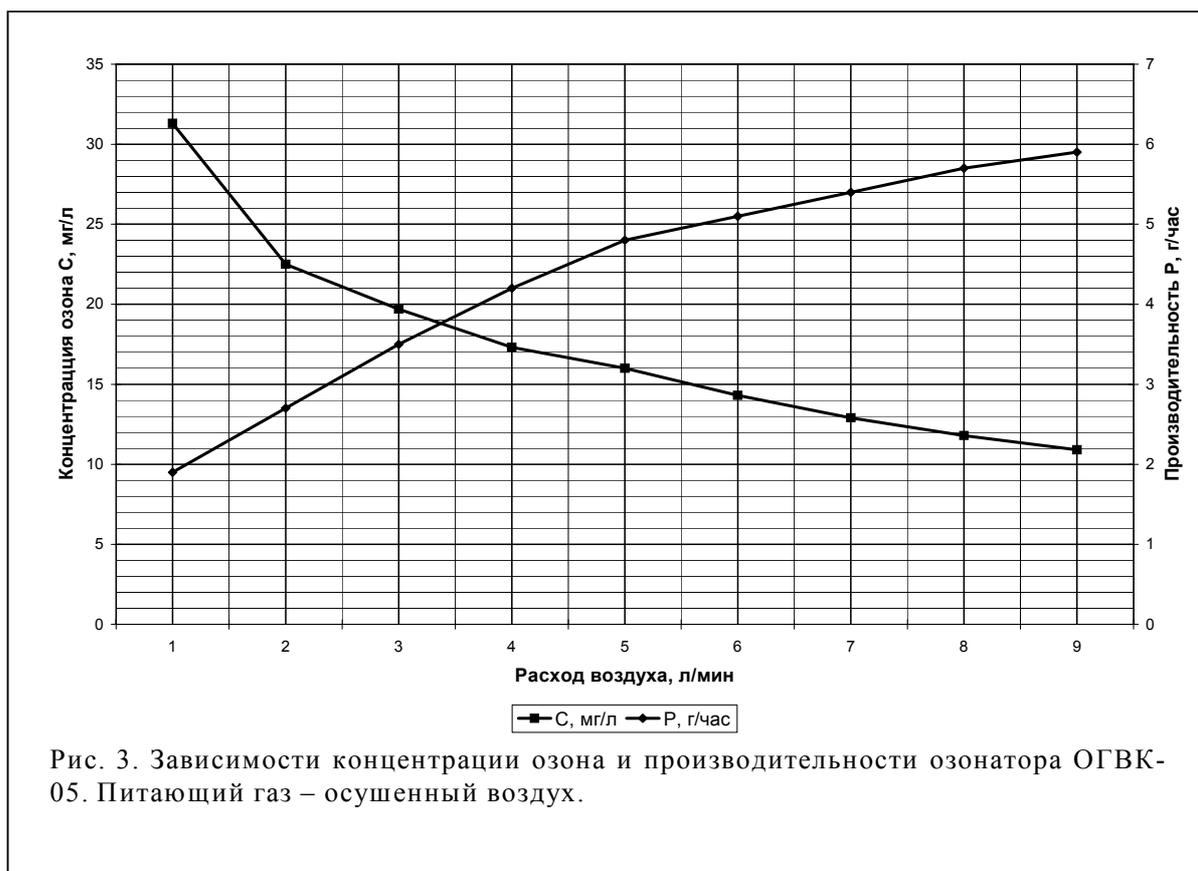
Для пяти собранных образцов газоразрядных реакторов на осушенном воздухе с точкой росы -60°C в диапазоне расходов $0\text{...}10$ л/мин и давлений $-20\text{...}+50$ кПа (относительно атмосферного давления) были проведены измерения выходной концентрации озона в зависимости от мощности, вкладываемой в газовый разряд. Измерения показали высокую воспроизводимость характеристик реактора и позволили определить зависимость оптимальной газоразрядной мощности (мощности, обеспечивающей максимальную выходную концентрацию озона) от расхода газа.

Для возбуждения газового разряда используется высоковольтный источник электропитания, на выходе которого формируются знакопеременные импульсы высокого напряжения. Амплитуда импульсов зависит от расхода газа и находится в диапазоне 5-6 кВ, длительность – около 40 мкс, частота следования – около 3 кГц. Силовой каскад источника питания представляет собой полумостовой инвертор, выполненный на IGBT-транзисторах. Нагрузкой инвертора является высоковольтный трансформатор. Напряжение питания инвертора не зависит от напряжения питающей сети в диапазоне 180-260 В. Источник питания имеет собственный контроллер, связанный по оптически изолированному цифровому каналу с контроллером устройства управления. Контроллер источника питания обеспечивает следующие действия:

- измеряет напряжение питающей сети;
- получает информацию о расходе газа от контроллера устройства управления;
- выдает импульсы управления транзисторами инвертора;
- измеряет потребляемую в газовом разряде электрическую мощность;
- хранит в собственной памяти значения оптимальных мощностей газового разряда для всего рабочего диапазона расходов газа;

- обеспечивает регулирование газоразрядной мощности в зависимости от текущего значения расхода газа путем изменения напряжения питания инвертора с целью поддержания оптимального значения мощности;
- обеспечивает безопасное выключение транзисторов в случае короткого замыкания в нагрузке (попадание воды в газоразрядный реактор, электрический пробой газоразрядного реактора или высоковольтного трансформатора);
- сообщает информацию о возникающих неисправностях контроллеру устройства управления.

Благодаря использованию гибкой системы управления источник питания обеспечивает максимальную производительность озонатора во всем рабочем диапазоне расходов и давлений газа при работе на осушенном воздухе. Так, при расходе 2 л/мин производительность озонатора составляет около 2,7 г/час, при этом величина вкладываемой в газовый разряд мощности составляет около 47 Вт. При расходе 8 л/мин производительность – 5,7 г/час, мощность – около 85 Вт.



Основные характеристики озонатора ОГВК-05 при работе на осушенном воздухе приведены на рис. 3. Представленные зависимости наблюдались при температуре окружающего воздуха 20°C, атмосферном давлении 760 мм рт. ст. и температуре точки

росы питающего воздуха -60°C . В. Давление в реакторах – избыточное и в зависимости от расхода воздуха изменялось от 0,5 до 8 кПа. Энергозатраты на производство озона в диапазоне расходов воздуха 3-8 л/мин приблизительно постоянны и составляют около 15 Вт·час/г.

Управление работой озонатора полностью автоматизировано и осуществляется по уровню газового потока. При отсутствии потока питающего газа озонатор находится в состоянии *ожидания*. При появлении потока газа, превышающего 2 л/мин, происходит автоматический запуск озонатора. Требуемый газовый поток устанавливается при помощи внешнего регулятора (дресселя). Выключение озонатора (переход в состояние *ожидания*) происходит при падении расхода газа ниже 0,5 л/мин.

Устройство управления имеет 2-строчный жидкокристаллический индикатор, на который выводится информация о расходе газа и времени озонирования, и два светодиода ОЗОН и АВАРИЯ, информирующие о работе газоразрядного реактора и возникающих неполадках.

Технические характеристики генератора озона ОГВК-05:

- Напряжение питания (50/60 Гц) – 180...260 В;
- Потребляемая мощность – не более 100 Вт;
- Температура точки росы питающего воздуха – не выше -40°C ;
- Требуемый расход питающего газа – 2...8 л/мин;
- Диапазон измеряемых расходов питающего газа – 0,5...10 л/мин;
- Рабочий диапазон давлений на выходе озонатора (относительно атмосферного давления) – $-20...+50$ кПа;
- Производительность по озону при расходе воздуха 6 л/мин, температуре точки росы -60°C , избыточном давлении в реакторе 5 кПа, температуре окружающего воздуха 20°C и атмосферном давлении 760 мм рт. ст. – не менее 5 г/час;
- Габаритные размеры (ШхВхГ) – 325х500х150 мм;
- Масса – 8 кг;
- Условия эксплуатации:
температура окружающего воздуха – $0...35^{\circ}\text{C}$;
относительная влажность при температуре $+25^{\circ}\text{C}$ – не более 90%;
атмосферное давление – 730...800 мм рт.ст.

Литература

1. Самойлович В. Г., Гибалов В. И., Козлов К. В. Физическая химия барьерного разряда // М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989.
2. Филиппов Ю. В., Вобликова В. А., Пантелеев В. И. Электросинтез озона // М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987.