

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ГЕНЕРАТОРА ОЗОНА И СЕНСОРА ОЗОНА

Some aspects of engineering solutions of ozonizer and ozone sensor.

**В.Г. Ворохобов, Я. Клеперис**  
*Институт физики твердого тела.*  
*Латвия. riga2004@navigator.lv*

Наша практика показывает, что:

1. Воздушное охлаждение озонаторов всегда проще и экономичней, чем водяное, и при этом может быть столь же эффективным. Однако оно требует хорошего сцепления между диэлектрической эмалью и алюминиевым радиатором. Такое сцепление удалось достичь в нашей лаборатории.
2. Наиболее надежно работают озонаторы с двумя диэлектрическими барьерами, нанесенными на оба электрода. В докладе анализируются причины этого, характер и геометрия разряда. Частота может быть повышена до 30000 герц без ущерба для работы барьерного озонатора. При этом необходимый размер высоковольтного трансформатора уменьшается, а конструкция упрощается.
3. Целесообразно увеличить скорость потока кислорода, но при этом частично зациклить его поток, повернув часть кислорода с выхода на вход.
4. Разряд с острия позволяет генерировать озон из неподготовленного воздуха, однако его к.п.д. мало. Его к.п.д. можно существенно повысить, внося в разрядную зону дополнительные электроды.
5. Сенсор озона желательно комплектовать маленьким встроенным компрессором, позволяющим высасывать образцы проб воздуха из труднодоступных мест. Карманный образец такого типа создан в нашей лаборатории.

### **Abstract**

Our practice shows that

1. Air – cooling for ozonizer is always simpler and cheaper than water – cooling. But it can be as much effective. On the other hand it demands good adhesion between dielectric enamel and aluminium radiator. Such adhesion was achieved in our laboratory.
2. Most reliable are ozonizers with two dielectric barrier coated both electrodes. In our report the reason of this experimental fact, geometry and character of discharge is analysed. Frequency can be risen till 30000 Hz without any disturbance for ozonizers work. Meanwhile necessary size of high voltage transformer diminishes and whole design simplifies.
3. It makes a sense to increase speed of oxygen, but at the same time partially recycle oxygen turning it from exit to entrance.
4. Discharge from needle allows generate ozone from non prepared air, but its efficiency is small. Its efficiency can be sufficiently risen up by placing additional electrode in discharge zone.
5. It is very reasonably to install little compressor in ozone sensor, which allows to inhale air probes from any narrow places. Pocket-size sensor of this type was created in our laboratory.

### **1. Охлаждение барьерного озонатора: водяное или воздушное?**

Водяное охлаждение, по-видимому, позволяет создавать озонаторы в 3 – 4 раза большей производительности, чем воздушное охлаждение. Однако достигается это ценой значительного усложнения конструкции, что делает озонатор раз в 10 дороже. Поэтому,

по нашему мнению предпочтение всегда следует отдавать конструкциям с воздушным охлаждением. А если необходима большая производительность, то следует просто подключать параллельно 4 – 5 озонаторов с воздушным охлаждением. В итоге это окажется дешевле и компактней.

В технике большую производительность не всегда следует достигать, увеличивая масштабы системы и интенсивность ее работы. В некоторых случаях проще увеличить количество параллельно работающих машин.

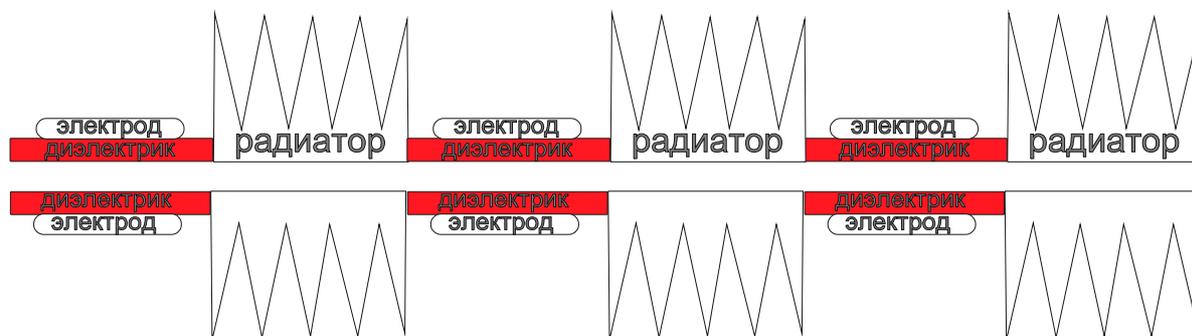
Напршивается известная аналогия: для автомобильных двигателей внутреннего сгорания используются дюралевые поршни диаметром до 7 см и камеры сгорания до 600 см<sup>3</sup>, а когда необходимо увеличить мощность то вместо того, чтобы увеличивать диаметр поршня и объем камеры сгорания выгоднее просто увеличить количество параллельно работающих поршней. Также поступил и Королев, когда вместо того, чтобы пытаться создать один большой ракетный двигатель, установил на ракете «Восток» 20 параллельно работающих двигателей.

Для организации хорошего теплоотвода от диэлектрического барьера озонатора до сих пор используют сталь, покрытую эмалью. Алюминий или медь гораздо лучше чем сталь отводят тепло, однако их трудно покрыть слоем эмали.

Экономически целесообразно использовать алюминиевые радиаторы. После большой исследовательской работы нам удалось наконец покрыть алюминий слоем стелянного барьерного изолятора.

*Образцы алюминиевых радиаторов с покрытием будут продемонстрированы на конференции.*

Еще более эффективным может оказаться охлаждение самим озонируемым кислородом. Для этого нужно разделить процесс электро озонирования и процесс охлаждения, чтобы кислород периодически проходил специальные радиаторы охлаждения. Такая схема хороша тем, что не требует использования стеклоэмалей с хорошей теплопроводностью: вполне подойдут многие дешевые диэлектрики!



## 2. Количество барьеров в барьерном озонаторе. Один? Два? Или еще больше?

Данный вопрос не совсем очевиден. Так в книге [1] указано, что «... в последние годы имеется тенденция отказа от трубок Бергло и создания металлических генераторов с одним диэлектрическим барьером». Нами был исследован характер разряда в барьерном озонаторе при частоте прядка 20000 герц. Качественно и визуально он напоминает падающий дождь. Разряды – стримеры в плоскости озонатора происходят хаотически подобно каплям дождя, падающим на лужу. При этом слышен характерный шум падающего дождя. Хотя в целом разряд носит сугубо трехмерный характер, каждый отдельный стример можно отдельно описать в цилиндрических координатах, подобно тому, как можно отдельно описать движение каждой дождевой капли. Подробное описание распределения токов в стримере – задача для теоретиков. Качественно, наблюдаемую на опыте картинку можно описать следующим образом:

1. Зарождение разряда-стримера на площади диаметром порядка 3 –5 мм.
2. После нескольких десятков смен полярности напряжения происходит усиление разряда –стримера и его сужение.
3. Стример достигает оптимального размера и формы и больше не усиливается и не сужается. Но при этом он может относительно медленно передвигаться параллельно плоскости электрода.
4. Два отдельных разряда-стримера притягиваются между собой, двигаются навстречу друг другу и, в конечном счете, сливаются в один разряд, имеющий такой же оптимальный размер и форму, как и каждый из двух начальных.
5. Поскольку электрический ток, потребляемый одним стримером в 2 раза меньше, чем ток потребляемый двумя стримерами, создается энергетическая предпосылка для зарождения в другом месте новых стримеров. И картинка повторяется снова и снова...

*Эта картинка будет экспериментально продемонстрирована на конференции.*

Однако малейшие неоднородности на электродах могут способствовать тому, что стримеры теряют способность плавно передвигаться в параллельной плоскости. Стоячий же стример опасен для поверхности диэлектрического барьера, так как, в конечном счете, может продырявить диэлектрический барьер.

Как показывает наша практика, в этом смысле наилучшим оказывается озонатор, в котором диэлектрический барьер расположен посередине между двумя металлическими электродами.

Если диэлектрический барьер сместить к одному из электродов, то подвижность стримеров увеличивается, и вероятность прожигания диэлектрика из-за случайно залетевшей пылинки уменьшается.

Но наилучшая подвижность стримеров достигается тогда, когда разряд происходит между двумя диэлектрическими барьерами расположенными на поверхности каждого из электродов.

Так что можно рекомендовать всегда покрывать эмалью оба электрода.

Были проделаны также эксперименты, в которых применялись три барьера: два на поверхности и один посередине. В результате повысилась устойчивость к случайно залетающей пыли. Но оказалось, что с пылью проще бороться, повышая скорость потока озонируемого воздуха и улучшая фильтрацию воздуха.

Так что в целом мы не можем рекомендовать использование трех барьеров.

### **3. Оптимальная скорость потока кислорода (воздуха)**

По-видимому оптимальная скорость кислорода по порядку величины определяется очень простой формулой  $V_{O_2 \text{ оптимальная}} = d * f$ , где  $d$  - величина разрядного промежутка,  $f$  - частота тока. Эта скорость гарантирует неповторяемость стримеров в том же месте при смене фазы высоковольтного напряжения. В наших экспериментах эта величина порядка 30 м/сек. Если обеспечить поток кислорода с такой скоростью, то количество производимого озона на 1 киловатчас будет наибольшим, а ухудшение работы из-за влажности минимальным. Однако достигнуть такой скорости сложно, и концентрация озона будет невелика. Поэтому для повышения концентрации производимого озона целесообразно частично зациклить поток кислорода через озонатор, чтобы кислород проходил его многократно.

#### **4. Разряд с острия**

Разряд с острия является, по-видимому, более устойчивым при работе на влажном и запыленном воздухе, чем барьерный разряд.

Однако, по данным [2] к.п.д. такого озонатора примерно раз в пять хуже, чем у озонатора барьерного типа.

Мы предполагаем, что это связано, с наличием большой «мертвой зоны» вблизи анода, где плотность тока слишком мала для зарождения озона.

Бороться с этим предлагается двумя способами:

1. Анод можно изготовить не сплошным, а с большим количеством дыр-пустот так, чтобы сам анод имел фрактальную структуру с минимальной площадью.
2. Возле анода располагается торообразный фокусирующий электрод, имеющий отрицательный потенциал такой же, как у катода-острия или даже еще более электроотрицательный. Из-за гладкости формы разряд с него напрямую не происходит. Однако он способствует изменению формы зоны генерирующей озон – ее удлинению и в целом способствует увеличению к.п.д. Такой дополнительный электрод подобен фокусирующему электроду в некоторых радиолампах, например в видиконе.

Проделанные предварительные эксперименты позволяют надеяться на двукратное увеличение к.п.д. каждым из этих методов.

*Картинки будут продемонстрированы на конференции.*

#### **5. Сенсор озона**

Изготовлен полупромышленный образец сенсора озона для определения озона в зонах повышенной концентрации. Диапазон изменений от 1 до 500 миллионов долей (ppm).

Наш сенсор озона имеет карманные размеры 130x70x45 мм, питается от двух пальчиковых элементов АА.

По сравнению с другими сенсорами имеет достаточно быстрое время релаксации: следующее измерение можно сделать уже через 20 секунд.

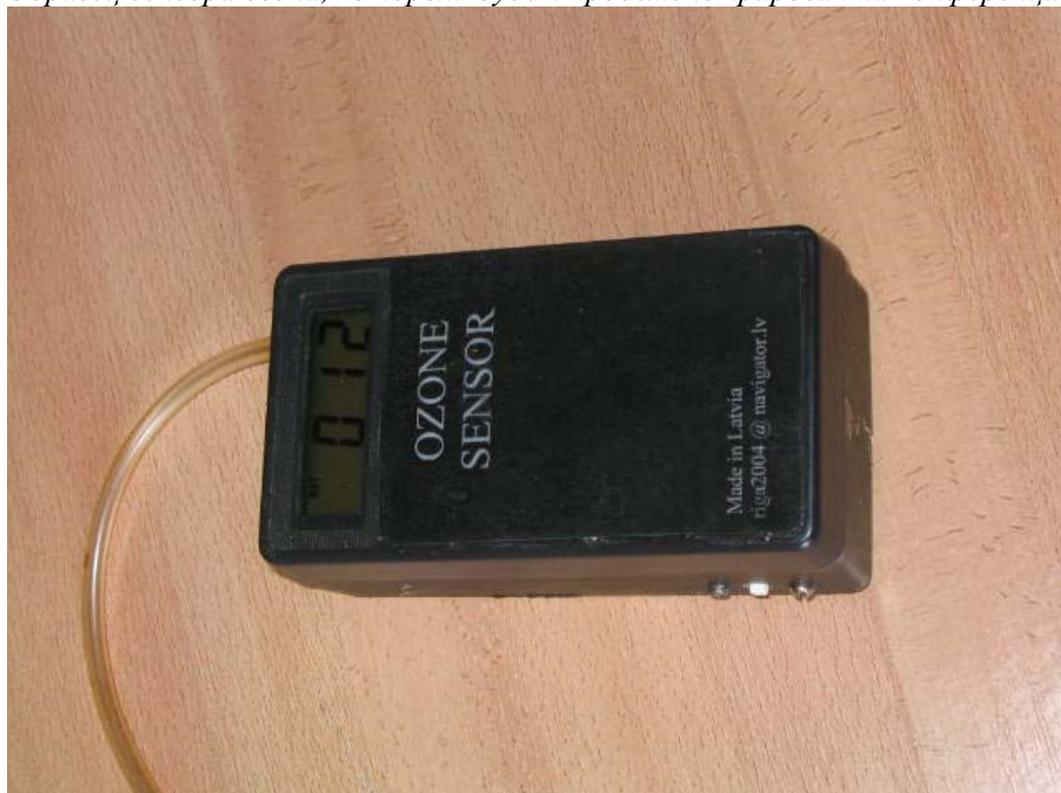
Большим преимуществом производимого в Латвии сенсора озона является наличие встроенного маленького компрессора, позволяющего через трубочки высасывать образцы воздуха из различных интересующих опасных зон.

Благодаря такой конструктивной особенности наш сенсор можно применять для анализа работы коллекторных двигателей, сварочного оборудования и контроля иных технологических процессов.

Производимый в Латвии сенсор не позволяет, однако контролировать уличный воздух на предмет его опасности для человека, поскольку для этого нужна в 100 раз лучшая чувствительность.

Себестоимость производства электроники в Латвии потенциально гораздо ниже, чем в России.

*Образец сенсора озона, который будет продемонстрирован на конференции.*



### **Литература**

1. С.Д. Разумовский , С.К.Раковский, Д.М.Шопов, Г.Е.Заиков «Озон и его реакции с органическими соединениями» София 1983 Издательство Болгарской Академии наук.
2. Ю.В.Филиппов, В.А.Вобликова, В.И.Пантелеев «Электросинтез озона» Издательство Московского Университета 1987 г.
3. М.В.Бударин, В.И.Пригожин . Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» №10 2004г. стр. 16-21