

УДК 331.41/43

Ш.А. БАХТАЕВ, А.Ж. ТОЙГОЖИНОВА

(Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы)

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ОЗОНАТОРОВ НА КОРОННОМ РАЗРЯДЕ

Аннотация

Разработка высокоэффективных озонных технологий и озонирующих устройств имеет практическое значение для очистки и дезинфекции атмосферного воздуха в рабочих помещениях. В связи с этим был разработан опытный образец озонатора ОВИ-1 и изучена перспектива применения озона. Экспериментальное исследование опытного образца ОВИ-1 в лабораторных условиях проводилось в Казахской Республиканской санитарно - эпидемиологической станций (КРСЭС).

Ключевые слова: коронный разряд, озонирующий элемент, озонатор, производительность озона.

Кілт сөздер: тәжді разряд, озондаушы элемент, озонатор, озон өнімділігі.

Keywords: corona discharge, ozonated element, ozonizer, ozone performance.

Озон как средство для обеззараживания от патогенной микрофлоры был предложен впервые А.П. Доброславиным в 1874 г. [1].

Практическое применение озона для очистки воздуха сооружений большего объема и удаления запахов и вредных испарений привлекает своей эффективностью. В воздухе озон уничтожает бактерии, вызывающие гниение продуктов, препятствует образованию плесени и слизистых отложений [2]. Для уничтожения гнилостных бактерий и спор при 277 К и относительной влажности воздуха 60 – 90% достаточно озона концентрацией 0,08

– 0,2 мг/м³. Эта же концентрация озона при 273 К ингибирует развитие плесневых грибов на упаковке для хранения фруктов.

В настоящее время сельскохозяйственное производство Казахстана в полном объеме может обеспечить население страны продовольственной продукцией, используя научные достижения в области растениеводства и животноводства. Развитие пищевой промышленности в настоящее время определяется не только количеством изготовленной продукции, но и тем, сколько ее сохранено. Поэтому важно снижение потерь пищевого сырья на всех этапах его перевозки, хранения и переработки.

Одним из способов повышения эффективности ряда технологических процессов в пищевой промышленности является использование озонородной смеси. Это обусловлено участием озона во многих биохимических процессах, являющихся основой обмена веществ и энергий в сельскохозяйственных биологических объектах. Итогом такого применения озонородной смеси является повышение производительности, снижение энергоемкости, снижение бактериологического и вирусного угнетения, повышение урожайности, продуктивности и сохранности сельскохозяйственной продукции.

В связи с разнообразными областями использования озона особую актуальность приобретают задачи разработки научно обоснованной технологии применения электроозонирования в сельскохозяйственном производстве.

В настоящее время в промышленных условиях озон получают 3-мя способами:

- при помощи УФ облучения;
- электролитическим;
- при помощи электросинтеза с использованием коронного разряда.

Третий способ получения озона является самым надежным и наиболее эффективным из всех известных, который отличается оптимальным соотношением энергозатрат к концентрации вырабатываемого озона.

Коронный разряд (корона – слабое голубовато-фиолетовое свечение) возникает в газе в сильно неоднородном электрическом поле между двумя электродами – высоковольтным и заземленным, разделенными зазором (разрядный промежуток) и диэлектриком. Озон образуется в результате диссоциации молекулы кислорода в коронирующем слое в результате воздействия электронов.

Результаты теоретических и экспериментальных работ последних лет показали, что отрицательный коронный разряд с микроэлектродами (микропроволока, игла (острие), острые кромки и тонкая спираль с радиусами кривизны не более 25–50 мкм) по сравнению с другими видами коронного разряда обеспечивает более высокий удельный ток разряда и большую плотность тока на коронирующем электроде [3, 4].

Производительность по озону любого озонирующего элемента в первую очередь зависит от величины разрядного тока, и потому для снижения удельных энергозатрат возникает необходимость уменьшения значений питающего напряжения при тех же токах разряда. Имеются несколько путей для усиления тока коронного разряда, которые ведут к

повышению производительности озонирующего элемента. Рассмотрим их возможности, достоинства и недостатки при применении их в озонирующих элементах.

Одним из путей усиления тока коронного разряда, что равносильно повышению производительности озонирующего элемента, является уменьшение межэлектродного расстояния разрядного промежутка. В этом случае при тех же напряжениях питания возможно получить более высокие значения разрядного тока, если при этом не возникнет пробой между электродами.

Следующим путем усиления разрядного тока может служить нагрев коронирующего электрода или нагрев воздуха, окружающего разрядный промежуток. В этом случае, с повышением температуры воздуха растет интенсивность ионизации в коронирующем слое из-за увеличения длины свободного пробега электронов, причем значительно возрастает плотность тока во внешней области короны. Установлено, что при нагреве воздуха до 140 °С и при одном том же значений напряжения питания разрядный ток возрастает в пятикратном размере, но применение этого способа для усиления разрядного тока связано с рядом трудностями технического характера: необходимость дополнительного приспособления для нагрева воздуха и затем, продувки его через озонирующий элемент, а также возникает необходимость тепловой изоляции озонирующего элемента от окружающей среды. Кроме того, при такой температуре воздуха (140 °С) наиболее вероятным является разложение озона, полученного в озонирующем элементе.

Другим путем для повышения производительности озонирующего элемента является применение вместо воздуха чистого кислорода. Действительно, в этом случае выход озона увеличивается почти 2 раза [5]. Причиной, задерживающей применение этого способа, является его дороговизна. Кроме того, в производственных условиях применение кислорода также не удовлетворяет требованиям техники безопасности.

К одному из эффективных путей снижения удельных энергозатрат при получении озона относится работа озонирующего элемента при пониженных давлениях воздуха. При этом единственной возможностью осуществления этого способа является отсасывание воздуха из рабочего объема озонирующего элемента, что в свою очередь предполагает прохождение озонированного воздуха через отсасывающее устройство и, в конечном итоге, в значительной степени снижается эффективность получения озона. Это задача была решена [6] с помощью электрического ветра, возникающего в зоне коронного разряда, причем установлено понижение давления вокруг коронирующего элемента.

Результаты исследования показали, что во всем диапазоне температур и давлений воздуха характеристики коронного разряда являются функциями только плотности воздуха. Влияние температуры воздуха на коронный разряд описывается той же закономерностью, что и зависимость плотности воздуха от его температуры. Давление воздуха или плотность его на величину силы тока разряда влияет через начальную напряженность поля коронного разряда, которая в свою очередь, определяет напряжение возникновения разряда в данном промежутке [7].

На основании многочисленных измерений начального напряжения коронного разряда Пикуну удалось дать эмпирическую формулу для начальной напряженности поля короны,

возникающей на поверхности коронирующего провода с радиусом r_0 [15]. Сопоставление расчетных и экспериментальных данных показывает [16, 17], что в целом наилучшая сходимость (и для коаксиальных цилиндров) получается для следующей формулы Пика:

$$E_0 = 30,3\delta \left(1 + \frac{0,298}{\sqrt{r_0\delta}} \right), \quad (1)$$

где δ – относительная плотность воздуха, которая определяется формулой:

$$\delta = \frac{0,386p}{273+T}, \quad (2)$$

где p – барометрическое давление, мм рт.ст., T – температура воздуха, °С; $\delta=1$ при атмосферных условиях, принятых за нормальные ($p=760$ мм рт.ст., $T=20$ °С).

Влияние E_0 на величину тока коронного разряда можно определить через начальное напряжение U_0 (1) по вольт-амперной характеристике коронного разряда, для примера приведем формулу Таунсенда [8].

$$I = \frac{8\pi\epsilon_0 k(U-U_0)U}{R^2 \ln \frac{R}{r_0}}, \quad (3)$$

где ϵ_0 – диэлектрическая проницаемость, k – подвижность ионов, U – напряжение между электродами, U_0 – начальное напряжение коронного разряда.

Целесообразно проверить соответствие экспериментальных значений напряжения зажигания коронного разряда с расчетными по формуле Пика (1). В таблице 1 представлены экспериментальные результаты измерений и расчетные значения начальных напряжений U_0 , U_p и напряженностей поля короны E_0 , E_p в зависимости от давления и температуры атмосферного воздуха. Все измерения и расчеты относятся к отрицательному коронному разряду.

Значения δ , приведенные в таблице, рассчитывались по формуле (2). Используя экспериментальные значения U_0 , можно вычислить по формуле (1) напряженность на поверхности коронирующего провода. Тогда как значения U_0 измеряются достаточно с высокой точностью (0,1%), при определении E_0 по формуле (1) может вноситься большая погрешность из-за неравномерности диаметра, коронирующего провода по длине.

Таблица 1 – Начальные напряжения и напряженности поля короны (атм. воздух $R=0,5$ см, $r_0=0,0025$ см)

| p , мм рт.ст. | T , °С | Δ | U_0 , В | E_0 , кВ/см | E_p , кВ/см ф-ла (3) | U_p , В ф-ла (1) |
|--------------------|----------|----------|-----------|---------------|---------------------------|-----------------------|
| 100 | 24,5 | 0,133 | 1000 | 75,5 | 72,5 | 955 |

| | | | | | | |
|-----|------|-------|------|-----|-------|------|
| 280 | 24,5 | 0,266 | 1400 | 105 | 107 | 1420 |
| 300 | 24,5 | 0,399 | 1750 | 132 | 132,3 | 1755 |
| 400 | 24,5 | 0,532 | 2050 | 155 | 156 | 2065 |
| 500 | 24,5 | 0,665 | 2300 | 173 | 176 | 2330 |
| 680 | 24,5 | 0,903 | 2700 | 204 | 209 | 2770 |
| 680 | 40,0 | 0,852 | 2520 | 190 | 203 | 2690 |
| 680 | 60,0 | 0,801 | 2460 | 185 | 196 | 2600 |
| 680 | 80,0 | 0,755 | 2400 | 181 | 189 | 2510 |
| 680 | 100 | 0,715 | 2350 | 177 | 183 | 2423 |
| 680 | 120 | 0,678 | 2260 | 170 | 178 | 2360 |
| 680 | 140 | 0,648 | 2200 | 166 | 173 | 2290 |

Из анализа данных таблицы следует, что в большинстве случаев значения E_p больше, чем значения E_0 . Различие E_0 и E_p не зависит от p и T и составляет в среднем 3%, тогда как значения E_0 может меняться относительно E_p при повышении температуры воздуха, достигая иногда до 7%.

Установлено [7], что уменьшение плотности воздуха, в первую очередь, ведет к снижению значения начального напряжения коронного разряда, причем крутизна вольтамперных характеристик при этом заметно увеличивается.

Теперь рассмотрим выходные параметры озонирующего элемента при пониженных давлениях воздуха, к которым относятся производительность по озону (г/ч) и удельные энергетические затраты (г/кВт.ч). Для этого воспользуемся характеристикой озонирующего элемента, полученной в работе [9, с. 169, рис. 57] и, аппроксимируя, ее находим формулу для зависимости выхода озона от тока коронного разряда:

$$P_n = KI, \quad (4)$$

где P_n – производительность по озону (г/ч), K – коэффициент пропорциональности (г/ч·мА), I – ток разряда (мА). По величине угла наклона характеристики можно найти значение коэффициента пропорциональности $K = 0,2$ г/ч·мА.

Удельные энергетические затраты (P_y) определяются отношением производительности по озону (P_n) к потребляемой энергии $W = U \cdot I$ кВт в час, то есть:

$$P_y = \frac{P_n}{W} = \frac{KI}{UI} = \frac{K}{U} \frac{\text{г}}{\text{кВт}} \cdot \text{ч} \quad (5)$$

где U – напряжение между электродами, кВ, I – ток разряда, А.

По сути дела, при определенном токе P_y зависит только от значения U , чем меньше его значение, тем выше P_y . Определенный интерес представляет сравнение экспериментальных значений $P_{ПЭ}$ с расчетными $P_{ПА}$ по формуле (4). Для наглядности этого сравнения составим таблицу, которая также охватывает экспериментальные значения $P_{УЭ}$.

Таблица 2 – Производительности по озону и энергетические выхода озонирующего элемента

| | | | | | |
|------------------------|------|------|------|------|------|
| U , кВ | 5 | 5,6 | 6,1 | 6,4 | 6,6 |
| I , мА | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |
| $P_{ПЭ}$, г/ч | 0,09 | 0,25 | 0,36 | 0,45 | 0,5 |
| $P_{ПА}$, г/ч | 0,13 | 0,24 | 0,33 | 0,44 | 0,53 |
| $P_{УЭ}$, г/ кВт·ч | 45 | 40 | 35 | 32 | 29 |

Как следует из данных таблицы 2, максимальное отличие $P_{ПЭ}$ и $P_{ПА}$ не превышает 8%, и поэтому определение $P_{П}$ для других значений разрядного тока по формуле (4) приводит к небольшой погрешности измерения. Для определения P_y может быть использована расчетная формула (5).

На рисунке 1 приведены зависимости напряжений (U) от давления воздуха (p) для различных постоянных значений тока разряда (I), измеренных при давлениях, начиная от 100 мм рт. ст. вплоть до давления 680 мм рт. ст., считая температуру воздуха нормальной 20 °С. Из этих данных следует, что при постоянстве значений I и в случае снижения p оказывается, что на сколько снижается величина U , на столько повышается P_y .

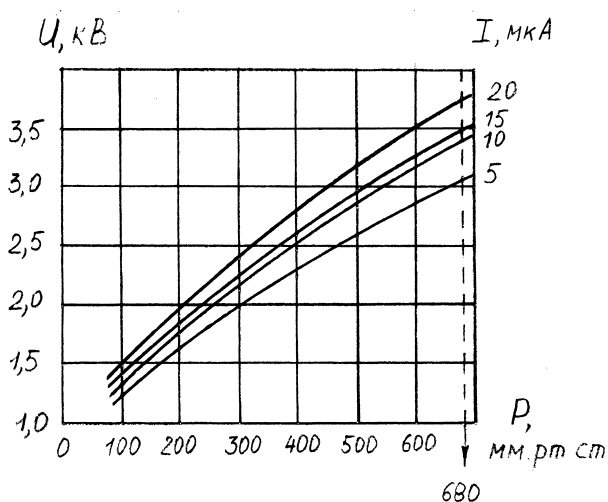


Рисунок 1 – Зависимость напряжений от давления воздуха

В соответствии с законами состояний идеального газа снижение давления воздуха также уменьшает концентрацию молекул кислорода в воздухе, что может привести к снижению образования озона в разрядном промежутке. Между тем, снижение p приводит также к обратному эффекту: усилению ионизационных процессов из-за удлинения длины свободного пробега электронов и поэтому, повышению их энергии. Таким образом, снижение p не может существенно оказать влияние на степень выхода озона, так как при снижении p постоянство значений разрядного тока обеспечивается необходимой плотностью потока зарядов, состоящих, в основном, из ионов кислорода и озона.

В таблице 3 приведены производительности по озону ($P_{\text{ПА}}$) и удельные энергетические затраты ($P_{\text{У}}$), а также соответствующие значения U и I для трех давлений воздуха.

Таблица 3 – Выходные параметры озонирующего элемента при пониженных давлениях воздуха

| P, мм.рт.ст. | 100 | | | | 400 | | | | 680 | | | |
|-----------------------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | I, МкА | 5 | 10 | 15 | 20 | 5 | 10 | 15 | 20 | 5 | 10 | 15 |
| U, КВ | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 2,3 | 2,5 | 2,6 | 2,8 | 3,1 | 3,4 | 3,5 | 3,8 |
| $P_{\text{ПА}}$, г/ч | 10^{-3} | $2 \cdot 10^{-3}$ | $3 \cdot 10^{-3}$ | $4 \cdot 10^{-3}$ | 10^{-3} | $2 \cdot 10^{-3}$ | $3 \cdot 10^{-3}$ | $4 \cdot 10^{-3}$ | 10^{-3} | $2 \cdot 10^{-3}$ | $3 \cdot 10^{-3}$ | $4 \cdot 10^{-3}$ |
| $P_{\text{У}}$, г/кВт·ч | 166 | 153 | 142 | 133 | 87 | 80 | 77 | 71 | 64 | 58 | 57 | 52 |

Основные разрядные процессы при коронирующей игле и при коронирующей проволоке принципиально не отличаются и разнятся по конфигурации электрического поля и по мощности разряда. В связи с этим для исследования влияния давления воздуха на характеристики коронного разряда была использована коаксиальная система электродов, которая обладает экспериментальной простотой и удобством и также является озонирующим элементом для, получения озона в коронном разряде.

Как следует из данных таблицы 3, при пониженных давлениях воздуха можно получить довольно высокие значения удельных энергозатрат (166 г/кВт·ч), что является основным преимуществом этого способа получения озона.

Был разработан озонатор высокочастотных импульсов типа ОВИ-1, который работает в режиме коронно-барьерного разряда [10]. Электрическим барьером служит стекло, толщиной 1 мм, расположенное между коронирующим и внешними электродами озонирующей ячейки озонатора. Для коронно-барьерного разряда озонаторной ячейки используется высоковольтные импульсы длительностью порядка 75 мкс и частотой повторения до 4 кГц.

Удельные энергозатраты в импульсном коронном разряде (ИКР) не превышают таковые в барьерном разряде [1]. Установка, на которой были проведены экспериментальные исследования по выработке озона в ИКР с расширенной зоной ионизации, состоит из сильноточного тиристорного генератора, повышающего импульсного трансформатора с выходным напряжением до 3 кВ. Схема установки приведена на рисунке 2.

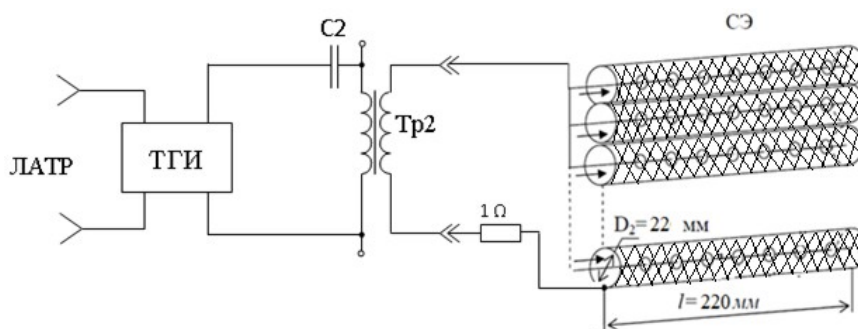


Рисунок 2 – Функциональная схема экспериментальной установки: ТГИ – тиристорный генератор импульсов; С2 – накопительный конденсатор; Тр2 – трансформатор; СЭ – электродная система; D_1 – диаметр трубок; l – длина трубок

Атмосферный воздух подавался в электродную систему при помощи компрессора. Для измерения концентраций озона использовался озонметр, установленный на выходе озонаторной ячейки. Разработана установка для генерирования высоковольтных импульсов, подаваемых на озонаторные ячейки коронно-барьерного разряда [11].

При применении озона в пищевой промышленности большое внимание должно быть обращено на концентрацию выделяемого озона для обработки продуктов. Также необходимо учитывать особенности технологического процесса, видовой состав микрофлоры, температуру, влажность и другие параметры, которые могут оказать влияние на действие озона. В связи с этим, было разработано устройство для озонирования с автоматизацией контроля и регулирования концентраций озона в помещениях агропромышленного комплекса является актуальным.

Для оптимального подбора и регулирования концентраций озона для различных пищевых продуктов разработан генератор для выработки высоковольтных импульсов, подаваемых на озонаторные ячейки барьерного разряда и схема автоматического регулирования концентраций озона в закрытом объеме.

На структурной технологической схеме (рис.3) показано структурная схема экспериментального устройство для озонирования производственных помещений, которое состоит из источника высоковольтных импульсов напряжения – генератора озона, коронно разрядной ячейки, вырабатывающей озон, компрессора для выдува озона из озонаторных ячеек, озонометра, блока автоматического регулирования концентрации озона, иначе блока автоматического регулирования частоты (БАРЧ) генератора.

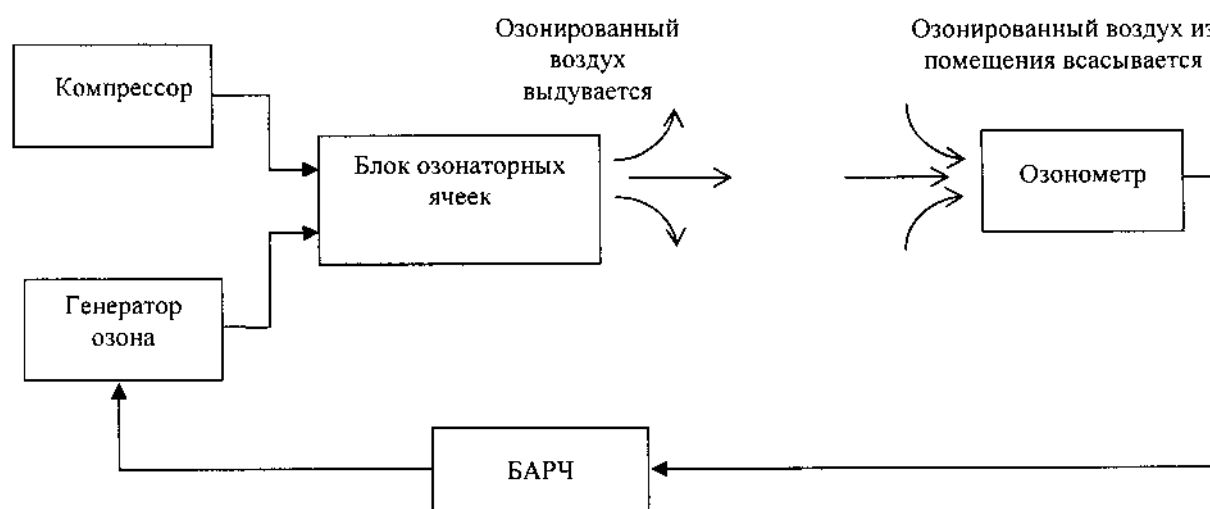


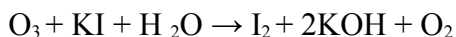
Рисунок 3 – Общая структурная технологическая схема озонирования воздуха в производственных помещениях

Для проведения предварительных исследований был разработан экспериментальный стенд. На основе полученных результатов предварительных экспериментов были определены следующие основные технические параметры опытного образца озонатора ОВИ-1:

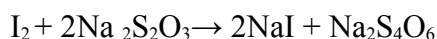
| | |
|-----------------------------|----------------|
| Напряжение электросети | 220 В, 50 Гц |
| Потребляемая мощность | 0,15 кВт |
| Обрабатываемая кубатура | до 50 куб.м |
| Время однократного действия | от 10 минут |
| Габариты | 240x210x110 мм |
| Масса | 4,5 кг |

Исследование опытного образца ОВИ-1 в лабораторных условиях проводилась в Казахской Республиканской санитарно-эпидемиологической станций (КРСЭС) с целью определения производительности и удельного энергетического выхода озона по йодометрическому методу.

При взаимодействии озона с йодистым калием (водный раствор) выделяется свободный йод, который определяется титрованием раствора тиосульфатом известной концентрации.



Озоно-кислородная (или озоно воздушная) смесь барботирована через аналитический раствор до появления слабой светло-желтой окраски: признак выделившегося йода. Реальное время анализа находилось в пределах до 1 часа; скорость потока не превышала 200-250 л/ч. С целью исключения проскока озона использованы последовательно соединенные два барботера. Проозонированный раствор выдержан перед титрованием в темном месте ~10 мин. Перед началом титрования раствор йодистого калия подкислен 5 мл разбавленной (1:5) серной кислотой. В конце титрования в раствор добавлен крахмал (2 мл), и раствор приобрел синюю окраску. Тиосульфат добавлен в раствор до обесцвечивания. Нейтрализация йода осуществлена по реакции:



Производительность озонатора по озону в 1л воздуха определялась по формуле:

$$m = \frac{V \cdot n \cdot 1000 \cdot 24}{100} \quad (\text{мг/л}), \quad (6)$$

где V – объем $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, количество миллилитров тиосульфата, израсходованное на титрование; n – нормальность раствора тиосульфата $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (тиосульфата натрия = 0,1)

Производительность озона O_3 , г/ч определяется по следующей формуле:

$$\text{O}_3 = \frac{m \cdot v_{\text{г}} \cdot t_1}{t_2} \quad (7)$$

где $v_{\text{г}}$ – объем воздуха, выдуваемого компрессором из блока озонаторных ячеек. t_1 и t_2 время, за которое выдувается данный объем воздуха и время эксперимента.

Удельный энергетический выход озонатора O_3 , г/кВтч определяется следующим соотношением:

$$\text{O}_3 = \frac{\text{O}_3 \cdot (\text{г/ч})}{P, (\text{Вт})} \quad (8)$$

Результаты испытания сведены в таблицы 4, 5.

Таблица 4 – Зависимость выхода озона от напряжения

| № | U _{ЛАТР} , В | f, Гц | v, мл | t, мин | V, Na ₂ S ₂ O ₃ | m, мг/л; прокачка а 35л за 10 мин | O ₃ , г/ч | O ₃ , г/кВтч |
|---|-----------------------|-------|-------|--------|--|--|----------------------|----------------------------|
| 1 | 80 | 2000 | 100 | 10 | 0,4 | 9,6 | 0,201 | 56,81 |
| 2 | 100 | 2000 | 100 | 10 | 0,6 | 14,4 | 0,252 | 54,54 |
| 3 | 120 | 2000 | 100 | 10 | 0,8 | 19,2 | 0,403 | 48,54 |
| 4 | 140 | 2000 | 100 | 10 | 1,1 | 26,4 | 0,554 | 47,03 |
| 5 | 150 | 2000 | 100 | 10 | 1,2 | 28,8 | 0,705 | 44,9 |

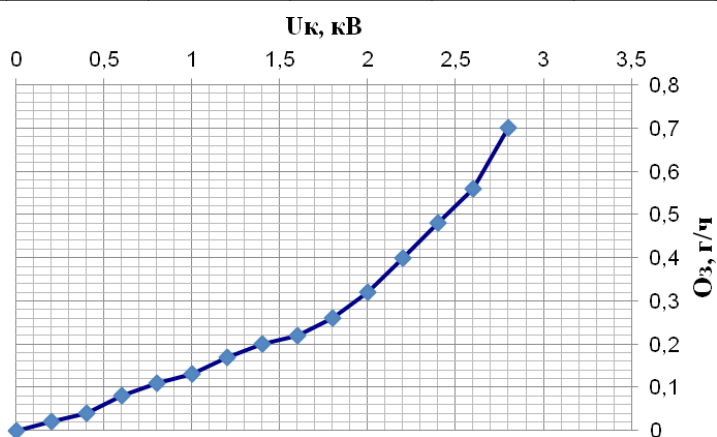


Рисунок 4 – Зависимость концентраций озона от напряжения короны

Таблица 5 – Зависимость выхода озона от частоты импульсов

| № | f, Гц | U _{ЛАТР} , В | v, мл | t, мин | V, Na ₂ S ₂ O ₃ | m, мг/л; прокачка а 35л за 10 мин | O ₃ , г/ч | O ₃ , г/кВтч |
|---|-------|-----------------------|-------|--------|--|--|----------------------|----------------------------|
| 1 | 150 | 125 | 100 | 10 | 0,35 | 8,4 | 0,176 | – |
| 2 | 1000 | 125 | 100 | 10 | 0,5 | 12 | 0,252 | 55,5 |
| 3 | 2000 | 125 | 100 | 10 | 0,9 | 21,6 | 0,453 | 49,8 |
| 4 | 3000 | 125 | 100 | 10 | 0,85 | 20,4 | 0,428 | 31,42 |
| 5 | 4000 | 125 | 100 | 10 | 0,5 | 12 | 0,252 | 13,87 |

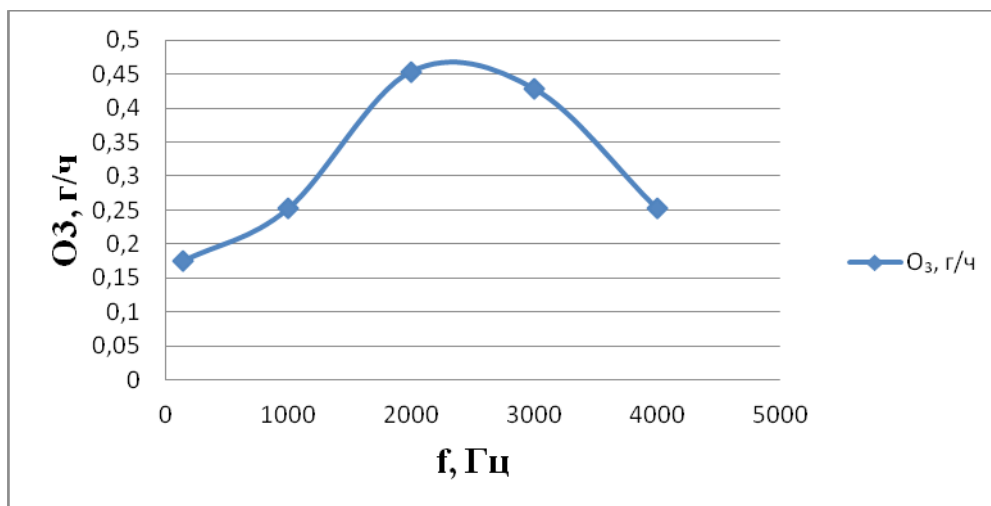


Рисунок 5 – Зависимость концентрации озона от частоты

Таблица 6 – Основные параметры озонатора ОВИ-1

| | | | | | | | | |
|--|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| U _{латр} , В | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 150 |
| U _к , кВ | 0,26 | 0,78 | 1,04 | 1,44 | 1,8 | 2,2 | 2,6 | 2,8 |
| I _к , мА | 1,18 | 3,54 | 4,73 | 6,54 | 8,18 | 10 | 11,81 | 12,72 |
| Q, мкК | 0,44 | 1,32 | 1,77 | 2,45 | 3,06 | 3,75 | 4,42 | 4,77 |
| W, мДж | 0,25 | 0,51 | 0,92 | 1,76 | 2,75 | 4,12 | 5,74 | 6,67 |
| P, Вт | 0,5 | 1,02 | 1,84 | 3,52 | 5,51 | 8,24 | 11,48 | 13,34 |
| O ₃ , г/ч | | | | 0,201 | 0,252 | 0,403 | 0,554 | 0,705 |
| O ₃ , г/кВтч | | | | 56,81 | 54,54 | 48,54 | 47,03 | 44,90 |
| V _{Na2S2O3} | | | | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,1 | 1,2 |
| m | | | | 9,6 | 14,4 | 19,2 | 26,4 | 28,8 |
| $Q = i \cdot t_w / 2$, Кулон. $t_w = 75$ мкс. Энергия импульса $W = Q \cdot U / 2$, Дж Мощность $P = W \cdot f$, Вт. | | | | | | | | |

Выводы: выполненная работа является частью и развитием научно-технического направления «процессы и аппараты озонной технологий». В этой связи особую значимость приобретают вопросы разработки высокоэффективных озонаторов с целью создания научно-технических основ озонной технологии для озонной обработки также питьевых и сточных вод.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 *Габриэльянц М.А. Резго Г.Я.* О возможности сохранения качества и удлинения сроков хранения пищевых продуктов путем озонирования камер хранения// Товароведение пищевых продуктов. – М., 1976. Вып. 5. С. 124 –128.
- 2 *Болога М.К., Литинский Г.А.* Электроантисептирование в пищевой промышленности. – Изд. Штиница: 1988 г. 180с.
- 3 *Бахтаев Ш.А. и др.* Озонаторы на коронном разряде: Аналит.обзор /КазгосИНТИ.- 1998.-30с.
- 4 *Абишев М.А., Бахтаев Ш.А., Кожаспаев Н.К., Боканова А.А.* Озонная технология и охрана окружающей среды. Алматы, КазгосЖенПИ, 2001, 120с.
- 5 *Andersen T., Vad E.* the influence of electric on bacterial growth// International Journal biometeorology. 1965. Vol. 9. N5. P. 211.
- 6 Предпатент РК №12180. Способ получения озона и устройство для его осуществления // Бахтаев Ш.А. и др. Оpubл.Бюлл. №11, 15.11.2002.
- 7 *Бахтаев Ш.А., Гринман И.Г.* Коронноразрядные приборы. Алма-Ата, Наука,1975,212с.
- 8 *Бахтаев Ш.А. и др.* Озонаторы на коронном разряде //Новости науки Казахстана, Научно-техн.сб.МНАН РК, Алматы, 1998, №6, С.19-21.
- 9 *Бахтаев Ш. А., Боканова А.А., Бочкарева Г.В., Сыдыкова Г.К.* Физика и техника коронноразрядных приборов. – Алматы, 2007г., – 213с.
- 10 *Бойко В.И. и др.* Схемотехника электронных систем. Аналоговые и импульсные устройства.- СПб.: БХВ-Петербург, 2004. - 496 с.
- 11 *Бахтаев Ш.А., Сыдыкова Г.К., Тойгожинова А.Ж.* Разработка источника высоковольтных импульсов для озонаторной ячейки // Межд. науч-практ. конф. «Перспективные направления альтернативной энергетики и энергосберегающие технологии» – Шымкент: 2010. – Том 2. С.63-65.
- 12 *Бахтаев Ш.А., Бокова Г.И., Сыдыкова Г.К., Тойгожинова А.Ж.* Озонная стерилизация и дезинфекция закрытых объемов //Казахский национальный пед. университет. «Вестник», 2005. – №2(13). С.48-51.
- 13 Предпатент РК № 19274. Способ усиления электрического тока в озонаторе. Бахтаев Ш.А., Дюсебаев М.К., Нурпеисова К.М. Тойгожинова А.Ж. Оpubл. Бюлл. №4, 15.04.2008.
- 14 Инновационный патент РК №24373. Озонатор. Бахтаев Ш.А., Сыдыкова Г.К., Тойгожинова А.Ж., Амантаев К.О. Оpubл. Бюлл. № 8, 15.08.2011.
- 15 *Пик Ф.* Диэлектрические явления в технике высоких напряжений. Пер.с англ. М.Л., Госэнергоиздат, 1934,362с.
- 16 *Александров Г.Н.* Коронный разряд на линиях электропередач. М.Л., Энергия, 1964,228с.
- 17 *Богданова Н.Б.* Начальные напряжения короны на проводах // Электроэнергетика. Сб.научных работ.М.,1963.вып.7,С.3-15.

REFERENCES

- 1 Gabrielyants M.A., Rezgo G.Y. // Food commodity. - M., 1976. No. 5. Pp. 124 -128.
- 2 Bologna M.K., Litinsky G.A. – Ed. Shtinitza: 1988. P. 180.
- 3 Bahtaev S. A. Analit.obzor /KazgosINTI.-1998.-30p.
- 4 Abishev M.A., Bahtaev S.A., Kozhaspaev N.K., Bokanova A.A. Almaty, KazgosZhenPI, 2001, 120p.
- 5 Andersen T., Vad E. // International Journal biometeorology. 1965. Vol. 9. N5. P. 211.
- 6 Predpatent RK № 12180. // Bahtaev S.A. Opubl.Byull. № 11, 15.11.2002.
- 7 Bahtaev S.A., Greenman I.G. Alma-Ata, Science, 1975. 212p.
- 8 Bahtaev S.A. // News Science of Kazakhstan, Sci-tehn.sb.MNAN, Almaty, 1998, № 6, p.19-21.
- 9 Bahtaev S.A., Bokanova A.A., Bochkarev G.V., Sydykova G.K. - Almaty, 2007., - 213p.
- 10 Boiko V.I. - St.: BHV-Petersburg, 2004. – 496p.
- 11 Bahtaev S.A., Sydykova G.K., Toygozhinova A.Z. // Int. Scientific-practical conference. - Shymkent: 2010. - Volume 2. P.63-65.
- 12 Bahtaev S.A., Bokova G.I., Sydykova G.K., Toygozhinova A.Z. // Kazakh National Pedagogical. University. "Bulletin", 2005. - № 2 (13). P.48-51.
- 13 Predpatent RK № 19274. Bahtaev S.A., Dyusebaev M.K., Nurpeisova K.M., Toygozhinova A.Z. Publ. Bull. № 4, 15.04.2008.
- 14 RK innovative patent number 24,373. Bahtaev S.A., Sydykova G.K., Toygozhinova A.Z., Amantaiev C.O. Publ. Bull. № 8, 15.08.2011.
- 15 Peak F. Gosenergoizdat, 1934. 362 p.
- 16 Alexandrov G.N. Energy, 1964.228 p.
- 17 Bogdanov N.B. // Power. Sb.nauchnyh rabot.M., 1963.vyp.7, p.3-15.

Резюме

Ш.А. Бахтаев, А.Ж. Тойгожсинова

(Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ)

ТӘЖДІ РАЗРЯД НЕГІЗІНДЕ ОЗОНАТОРЛАРДЫ ҚҰРУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

Тиімділігі жоғары озондық технологиялар мен озондаушы құрылғыларды жетілдіре түсуінің жұмыс жайының атмосфералық ауасын тазалауда және дезинфекциялауда практикалық мәні зор. Осыған байланысты озонатордың тәжірибелік үлгісі ОВИ-1 өңделіп жасалды және де озонның қолданыста болу келешегі оқып танылды. ОВИ-1 тәжірибелік үлгісін зертханалық жағдайда эксперименталды зерттеу Қазақстан Республикасының санитарлық-эпидемиологиялық станциясында (ҚРСЭС) жүргізілді.

Кілт сөздер: тәжді разряд, озондаушы элемент, озонатор, озон өнімділігі.

Summary

S. A. Bahtaev, A. J. Toygozhinova

(Almaty University of Power Engineering & Telecommunications)

RESEARCH AND DEVELOPMENT ON OZONATOR CORONA DISCHARGE

Development of high ozone technology and ozonated device is particularly useful for cleaning and disinfection of air in work environments. In this regard, a prototype was developed ozonator JVI-1 and to explore the prospects of ozone. Experimental study of a prototype AMI-1 was conducted in the laboratory in the Kazakh Republican Sanitary - Epidemiological Station (KRSES).

Keywords: corona discharge, ozonated element, ozonizer, ozone performance.