Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

УДК 621.311

Методика расчета производительности компрессорного генератора озона

Таранов М.А., Гуляев П.В., Степанчук Г.В., Корчагин П.Т., Пупенко К.К., Сударкин В.Н.

Азово-Черноморский инженерный институт Донской ГАУ

Аннотация

В статье рассмотрена универсальная экспериментальная конструкция компрессорного генератора озона модульного типа, позволяющая формировать как последовательные, так и параллельные сборки, повышающие концентрацию озона и производительность озонирующих систем. Приведена методика расчета производительности предлагаемой конструкции компрессорного генератора озона, учитывающая как конструктивные параметры устройства, так и энергетические параметры источника питания. Представлены результаты моделирования параметров по предлагаемой методике и выводы.

Ключевые слова: МЕТОДИКА РАСЧЕТА, КОМПРЕСОРНЫЙ ГЕНЕРАТОР ОЗОНА, ОЗОНО-ВОЗДУШНАЯ СМЕСЬ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ГЕНЕРАТОРА ОЗОНА, МОДЕЛИРОВАНИЕ

Введение

Озонаторы – специализированное электрооборудование, синтезирующее озон из газообразного кислорода или из воздуха. Эффективны и широко востребованы при обеззараживании кормов, воды и воздуха используемых для выращивания и содержания сельскохозяйственной птицы и животных. При искусственном разведении гидробионтов (рыбы, моллюсков, ракообразных) в установках замкнутого водоснабжения для обеззараживания воды успешно применяются компрессорные системы озонирования. Озонирование уничтожает патогенную микрофлору в воде, разлагает продукты жизнедеятельности гидробионтов, связывает и осаждает соли тяжёлых металлов, насыщает воду кислородом и

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

снижает нагрузку на фильтрующие и оксигенационные установки.

Озонирующие установки во всем мире эффективно применяются при обеззараживании питьевой воды в системах городского водоснабжения и воды, используемой для полива сельскохозяйственных растений в тепличных хозяйствах. При поливе растений озонированной водой ускоряется их развитие и повышается сопротивляемость заболеваниям.

Озонаторы уже довольно давно и эффективно используются в птицеводстве, для санации помещений, складов, тары, готовой продукции. К примеру, хранение товарных яиц в озоно-воздушной среде продлевает их товарную сохранность ориентировочно на 25–30 суток [1, 2]. Озон эффективно используется для увеличения сроков хранения мясной продукции и санации помещений убойных цехов и мясоперерабатывающих предприятий.

Одним из перспективных направлений применения озонирующих установок является использование их для повышения эффективности сгорания топлива в двигателях внутреннего сгорания (ДВС). За счет высокой окислительной способности озон, смешиваясь с топливовоздушной смесью, разрушает сложные углеводородные соединения на более простые кластеры, которые полностью сгорают и отдают свою энергию внутри камеры сгорания ДВС и не выбрасываются в атмосферу загрязняя её.

Но несмотря на достоинства от применения озонаторов их преимущества нивелируются их низкой надежностью, малой производительностью, а для высокопроизводительных озонаторов их высокой стоимостью.

С вентиляторными конструкциями генераторов озона дело обстоит несколько лучше. Они широко распространены. На рынке имеется огромное количество разнообразных конструкций, в основном конечно малопроизводительных.

Однако у компрессорных озонаторов эти недостатки выражены довольно значительно. Если рассматривать конструктивные особенности компрессорных озонаторов, то необходимо отметить, что их функция заключается в генерации озоно-воздушной или озоно-кислородной смеси очень высокой концентрации, способной разлагать резину, пластики и даже металлы за ограниченно короткое время, поэтому либо они должны быть изготовлены из конструктивных материалов инертных к озону, либо их жизненный цикл будет ограничен химическим старением. Другая особенность заключается в работе с относительно малой подачей воздушного потока и, следовательно, в ухудшенном естественном

охлаждении, высоком нагреве таких генераторов озона, приводящем к снижению производительности и повреждению диэлектрического барьера генератора и его пробоя. Без принудительного охлаждения таких генераторов их эксплуатация невозможна [3].

Поэтому на рынке ограничено количество таких генераторов озона, они, как правило, имеют малую производительность и в основном предназначены для длительного обеззараживания воды в плавательных бассейнах.

Для остальных тех. процессов, компрессорные генераторы озона, разрабатываются и изготавливаются индивидуально и под заказ [3].

Основываясь на вышеизложенных фактах, можно сделать вывод, что разработка, изготовление и эксплуатация универсальной конструкции компрессорных генераторов озона (модульного типа) является актуальной темой научного исследования.

На рис. 1 приведена конструкция предлагаемого компрессорного генератора озона, показывающая схему расположения электродов и специальную форма диэлектрика барьера.

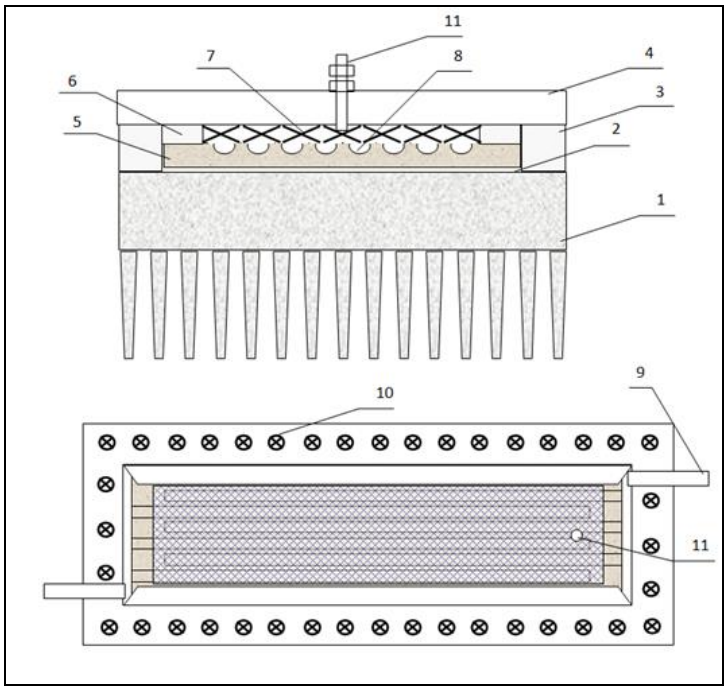

Рис. 1. Схема расположения электродов и топология элементов генерирующего модуля
Примечание: 1 – электрод-радиатор; 2 – термопаста; 3 – полипропиленовый корпус; 4 – крышка из органического стекла; 5 – керамогранитная диэлектрическая пластина; 6 – диэлектрические направляющие воздушного потока; 7 – сетчатый электрод; 8 – направляющие канавки; 9 – штуцера для подачи воздуха и отвода озона; 10 – болты для стягивания корпуса и крышки; 11 – контактный болт для подачи потенциала на сетчатый электрод.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Такая топология элементов предположительно должна повысить производительность разрабатываемого генератора озона.

Отметим что из атмосферного воздуха при температуре 20°С, можно синтезировать озон до 2% от массы кислорода в прокачиваемом воздухе, что ориентировочно составляет не более 4...4,5 г озона/м^3, а при работе на чистом кислороде (90-96% чистоты) концентрация озона будет в 5 раз больше, что ориентировочно составляет не более 20...23 г озона/м^3 [4, 5].

Для повышения концентрации озона в промышленных озонаторных установках применяется системы предварительной осушки и охлаждения воздуха или кислорода до температуры - 60 ^{O}С. При таких параметрах можно синтезировать озон из воздуха с концентрацией ориентировочно 10...16 г озона/м^3, а при работе на чистом кислороде (90-96% чистоты) можно добиться концентрация озона ориентировочно 60...70 г озона/м^3 [6, 7].

Рассмотрим принцип работы предлагаемой конструкции барьерного генератора озона. Она заключается в следующем.

Предварительно осушенный воздух через штуцер 9 попадает в начало разрядной камеры, здесь он распределяется и по пути наименьшего сопротивления поступает в направляющие канавки 8. Обойти их сбоку мешают диэлектрические направляющие воздушного потока 6, а сверху сопротивление оказывает сетчатый электрод 7, полностью заполняющий пространство между крышкой из органического стекла 4 и керамогранитной диэлектрической пластиной 5. Часть воздуха проходит между ячейками сетчатого электрода и не попадает в зону генерации озона, часть воздуха через ячейки сетки попадает в зону генерации, а основная масса воздуха проходит вдоль направляющих канавок, до упора. По ребрам направляющих канавок будет происходить максимальная генерация, так как там будут зоны с максимальной напряженностью электрического поля. Упершись в концы канавок, воздух будет стремиться обойти преграду через ребра и попасть в параллельные канавки, которые сообщаются с зоной выхода озона.

За счет такой схемы распределения направляющих потоков можно добиться максимального попадания прокачиваемого воздуха к разрядным зонам и получения максимально возможной производительности по озону.

Потери энергии в диэлектрике, выделяемые в виде тепловой энергии, будут нагревать как элементы, конструкции, так и прокачиваемый газ, что будет приводить к само-

распаду озона и снижению концентрации ОВС на выходе. Для предотвращения этого нижний не генерирующий электрод выполнен в виде радиатора, который через слой термопасты отбирает тепло из диэлектрика и переносит его в окружающий воздух. Принудительно охлаждая электрод радиатор, можно стабилизировать температуры генератора озона.

В случае механического повреждения диэлектрической пластины, её разрушение произойдет по дну канавки, как по месту с самой малой толщиной, однако при правильно подобранном напряжении, пробой в этом месте не должен произойти, так как для пробоя по кратчайшему направлению он должен произойти через значительный воздушный промежуток, а при пробое по поверхности канавки длина силовой линии будет очень большая, превышающая толщину диэлектрика [7-10].

Предлагаемая методика расчёта производительности разрабатываемого генератора озона:

Основываясь на схемах генерации и топологии элементов, представленных на рис. 1 и 2, рассчитаем возможную производительность.

$$Q_{O_3} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot Q_B \cdot M_B, \quad (1)$$

где: K_1 – коэффициент, зависящий от процентного содержания кислорода в газе;
K_2 –коэффициент, зависящий от температуры прокачиваемого газа;
K_3 – коэффициент, зависящий от напряженности приложенного электрического поля;
K_4 – коэффициент, зависящий от частоты приложенного электрического поля;
K_5 – коэффициент, зависящий от площади и конфигурации электродов и топологии их размещения в пространстве;
Q_B – подача воздушного потока, м^3/ч;
M_B – масса 1 м^3 воздуха при нормальном атмосферном давлении, г, M_B =1024 г.

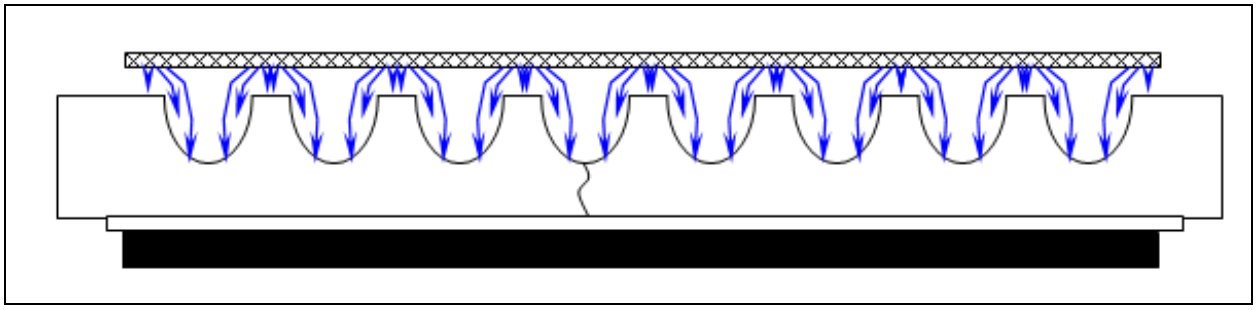

Рис. 2. Схема распределения силовых линий напряженности в разрабатываемом барьерном генератора озона

Данная формула в своих коэффициентах учитывает практически все основные параметры, от которых зависит производительность генераторов озона, однако, определение этих коэффициентов сложная теоретическая и эмпирическая задача. Так, например коэффициент K_1 зависящий от процентного содержания кислорода в прокачиваемом газе, который можно определить на основании данных приведенных в [6, 7].

На рис. 3 представлен график зависимости максимального выхода озона от процентного содержания кислорода в прокачиваемом газе.

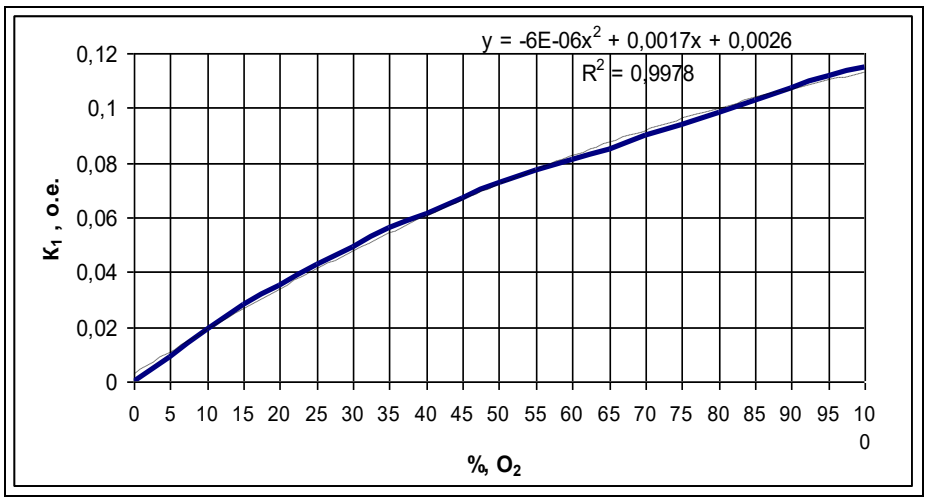

Рис. 3. График зависимости максимального выхода озона от процентного содержания кислорода в прокачиваемом газе

Температура прокачиваемого газа значительно влияет на производительность генератора озона. Определить эту зависимость можно по графику, представленному на рис. 4.

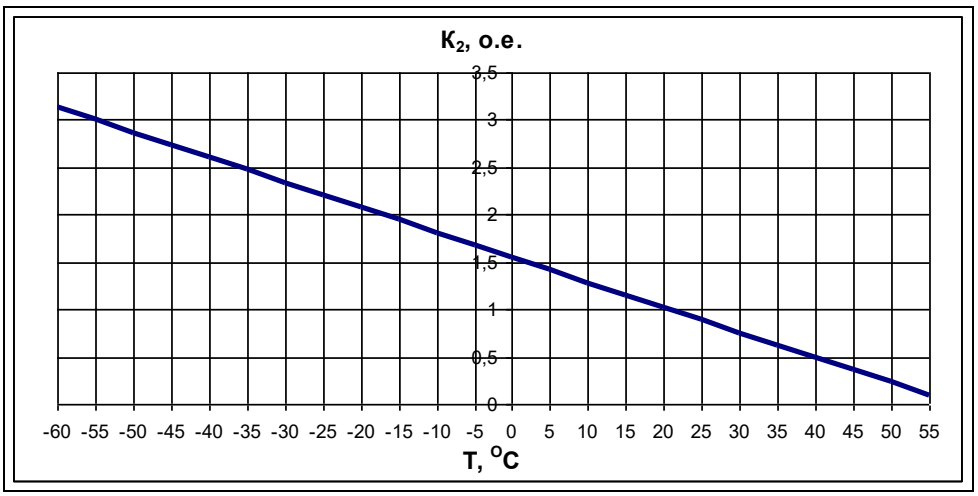

Рис. 4. График зависимости коэффициента K_2 от температуры прокачиваемого газа (воздуха или кислорода).

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Напряжённость приложенного электрического поля сильно влияет на производительность генератора озона. Её можно рассчитать из выражения:

$$E = \frac{U}{h_\delta} \quad (2)$$

где: U – приложенное напряжение, кВ;
hδ – толщина диэлектрического барьера, м.

Коэффициент $K_З$ – зависящий от напряженности приложенного электрического поля; получен эмпирически:

$$K_З = \alpha \cdot \frac{U}{h_\delta} - 2 \cdot 10^{-16} \quad (3)$$

где: $\alpha = 0{,}0003$ м/кВ – коэффициент приведения напряженности электрического поля.

Увеличение частоты питающего напряжения, приводит к увеличению количества смен полярностей напряжённости в единицу времени, влияющих на выброс аэроионов кислорода за пределы «разрядной» зоны. Оно будет пропорционально влиять на увеличение производительности генератора озона, но определить его теоретически не получится, так как он зависит еще и от скорости движения воздуха внутри озонатора. Его определение возможно только эмпирическим путем, поэтому коэффициент K_4 зависящий от частоты приложенного электрического поля примем равным 1. Частота приложенного напряжения влияет на увеличение потерь в диэлектрике барьера и на его нагрев, но этим дополнительным нагревом при моделировании производительности следует пренебречь.

$$K_5 = \gamma \cdot \frac{S_Э}{h_B} \quad (4)$$

где: $S_Э$ – площадь поверхности рабочего сетчатого электрода, см^2;
h_B – эквивалентная толщина зазора для продувки воздуха, мм;
$\gamma = 0{,}005$ мм/см^2 – коэффициент приведения зоны генерации (толщины зазора к площади электрода).

Производительность генератора озона прямо пропорциональна объему прокачиваемого воздуха, площади поверхности электродов и напряженности приложенного электрического поля и обратно пропорциональна температуре нагрева, толщине продуваемого зазора.

На основании вышеизложенной методики произведем расчет производительности

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

компрессорного генератора озона с заданными параметрами, работающего на атмосферном воздухе с температурой 20 ^{O}C по формуле (1).

где: K_1 – коэффициент, зависящий от процентного содержания кислорода в газе (по графику на рис. 3), K_1=0,035 о.е.;

K_2 –коэффициент, зависящий от температуры прокачиваемого газа (по графику на рисунке 4), K_2=1 о.е.;

K_3 – коэффициент, зависящий от напряженности приложенного электрического поля;

$$K_3 = \alpha \cdot \frac{U}{h_\delta} - 2 \cdot 10^{-16} = 0{,}0003 \cdot \frac{6}{0{,}005} - 2 \cdot 10^{-16} = 0{,}36 \text{ о.е.}$$

где: U =6, кВ; hδ = 0,005 м; $\alpha = 0{,}0003$ м/кВ.

K_4 – коэффициент, зависящий от частоты приложенного электрического поля K_4=1;

K_5 – коэффициент, зависящий от площади и конфигурации электродов и топологии их размещения в пространстве.

$$K_5 = \gamma \cdot \frac{S_Э}{h_B} = 0{,}005 \cdot \frac{150}{3} = 0{,}25 \text{ о.е.}$$

где: $S_Э$ – площадь поверхности рабочего сетчатого электрода, SЭ=150 см^2;

h_B – эквивалентная толщина зазора для продувки воздуха, hВ =3 мм;

$\gamma = 0{,}005$ мм/см^2 - коэффициент приведения зоны генерации.

Подача воздушного потока QВ = 30л/мин или, 1,8 м^3/ч;

M_B – масса 1 м^3 воздуха при нормальном атмосферном давлении, г.

M_B =1024 г.

Расчетная производительность компрессорного генератора озона при заданных параметрах равна:

$$Q_{O_3} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot Q_B = 0{,}035 \cdot 1 \cdot 0{,}36 \cdot 1 \cdot 0{,}25 \cdot 1{,}8 \cdot 1024 = 5{,}8 \quad \text{г/ч,}$$

Определим концентрацию выходящей озоно-воздушной смеси по формуле

$$C_{O_3} = \frac{Q_{O_3}}{Q_B} = \frac{5{,}8}{1{,}8} = 3{,}22 \ \ г/м^3 = 3220 \quad \text{мг/м}^3 \qquad (5)$$

Произведем моделирование параметров производительности расчетного генератора озона при работе на чистом кислороде с концентрацией 96%.

При этом изменятся только параметры коэффициента K_1.

K_1 =0,112 о.е.

Производительность компрессорного генератора озона на чистом кислороде станет

равна:

$$Q_{O_3} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot Q_B = 0{,}112 \cdot 1 \cdot 0{,}36 \cdot 1 \cdot 0{,}25 \cdot 1{,}8 \cdot 1024 = 18{,}57 \text{ г/ч},$$

Определим концентрацию выходящей озоно-кислородной смеси по формуле

$$C_{O_3} = \frac{Q_{O_3}}{Q_B} = \frac{18{,}57}{1{,}8} = 10{,}32 \, г/м^3 = 10320 \, мг/м^3 \quad (6)$$

То есть, производительность генератора озона при работе на чистом кислороде увеличится не пропорционально в 5 раз, а только в 3,2 раза по сравнению с работой на атмосферном воздухе.

Для динамической оценки влияния параметров на производительность генератора озона проведем моделирование по формулам (1–5).

Результаты математического моделирования

Сначала произведём моделирование производительности генератора озона при изменении значения питающего напряжения в диапазоне от 1 до 16 кВ. Остальные параметры примем const, со следующими значениями (табл. 1):

Таблица 1. Моделирование производительности генератора озонатора при изменении величины питающего напряжения

T, ^{O}C	K_1, о.е.	U, кВ	K_2, о.е.	$h_б$, м	K_3,о.е.	K_4, о.е.	$S_Э$, см^2	$h_в$, мм	K_5, о.е.	Q_B, л/мин	M_B, г	Q_{O3}, г/ч
20	0,035	0	1	0,005	0	1	150	3	0,25	30	1024	0
20	0,035	1	1	0,005	0,06	1	150	3	0,25	30	1024	0,96768
20	0,035	2	1	0,005	0,12	1	150	3	0,25	30	1024	1,93536
20	0,035	3	1	0,005	0,18	1	150	3	0,25	30	1024	2,90304
20	0,035	4	1	0,005	0,24	1	150	3	0,25	30	1024	3,87072
20	0,035	5	1	0,005	0,3	1	150	3	0,25	30	1024	4,8384
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	5,80608
20	0,035	7	1	0,005	0,42	1	150	3	0,25	30	1024	6,77376
20	0,035	8	1	0,005	0,48	1	150	3	0,25	30	1024	7,74144
20	0,035	9	1	0,005	0,54	1	150	3	0,25	30	1024	8,70912
20	0,035	10	1	0,005	0,6	1	150	3	0,25	30	1024	9,6768
20	0,035	11	1	0,005	0,66	1	150	3	0,25	30	1024	10,64448
20	0,035	12	1	0,005	0,72	1	150	3	0,25	30	1024	11,61216
20	0,035	13	1	0,005	0,78	1	150	3	0,25	30	1024	12,57984
20	0,035	14	1	0,005	0,84	1	150	3	0,25	30	1024	13,54752
20	0,035	15	1	0,005	0,9	1	150	3	0,25	30	1024	14,5152
20	0,035	16	1	0,005	0,96	1	150	3	0,25	30	1024	15,48288

Анализ результатов моделирования, приведенных в таблице 1, показывает практически линейное изменение производительности генератора озона в заданном диапазоне регулирования напряжения.

Затем произведем моделирование производительности озонатора при изменении подачи воздушного потока. При этом остальные параметры также примем неизменными, с исходными расчетными значениями (табл. 2).

Таблица 2. Результаты моделирования производительности озонатора при изменении подачи воздушного потока

Т, ^{O}C	$К_1$, о.е.	U, кВ	$К_2$, о.е.	$h_б$, м	$К_3$,о.е.	$К_4$, о.е.	$S_Э$, см^2	$h_в$, мм	$К_5$, о.е.	$Q_В$, л/мин	$М_В$, г	$Q_{О3}$, г/ч
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3	0,25	0	1024	0
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3	0,25	5	1024	0,96768
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3	0,25	10	1024	1,93536
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3	0,25	15	1024	2,90304
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3	0,25	20	1024	3,87072
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3	0,25	25	1024	4,8384
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	5,80608
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3	0,25	35	1024	6,77376
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3	0,25	40	1024	7,74144
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3	0,25	45	1024	8,70912
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3	0,25	50	1024	9,6768
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3	0,25	55	1024	10,64448
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3	0,25	60	1024	11,61216
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3	0,25	65	1024	12,57984
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3	0,25	70	1024	13,54752
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3	0,25	75	1024	14,5152
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3	0,25	80	1024	15,48288

Анализ результатов моделирования, приведенных в таблице 2, также показывает практически линейное изменение производительности генератора озона от изменения подачи продуваемого воздушного потока.

Проведем аналогичное моделирование при изменении площади поверхности сетчатого электрода. При этом остальные параметры также примем неизменными, с исходными расчетными значениями (табл. 3).

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Таблица 3. Результаты моделирования производительности озонатора при изменении площади поверхности сетчатого электрода

Т, ^{O}C	$К_1$, о.е.	U, кВ	$К_2$, о.е.	$h_б$, м	$К_3$,о.е.	$К_4$, о.е.	$S_Э$, см^2	hв, мм	$К_5$, о.е.	$Q_{В,}$ *л/мин*	$M_{В,}$ *г*	$Q_{О3}$, г/ч
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	0	3	0	30	1024	0
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	50	3	0,083333	30	1024	1,93536
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	100	3	0,166667	30	1024	3,87072
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	5,80608
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	200	3	0,333333	30	1024	7,74144
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	250	3	0,416667	30	1024	9,6768
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	300	3	0,5	30	1024	11,61216
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	350	3	0,583333	30	1024	13,54752
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	400	3	0,666667	30	1024	15,48288
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	450	3	0,75	30	1024	17,41824
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	500	3	0,833333	30	1024	19,3536
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	550	3	0,916667	30	1024	21,28896
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	600	3	1	30	1024	23,22432
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	650	3	1,083333	30	1024	25,15968
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	700	3	1,166667	30	1024	27,09504
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	750	3	1,25	30	1024	29,0304
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	800	3	1,333333	30	1024	30,96576

Проведенное моделирование, позволяет сделать вывод, что увеличение площади генерирующих электродов при остальных неизменных параметрах генератора озона, прямо пропорционально влияет на увеличение выходной производительности генератора озона. Однако увеличение площади поверхности электродов значительно влияет на потребляемую генератором озона мощность.

Следующий параметр - влияние которого на изменение производительности расчетного генератора озона необходимо исследовать является параметр $h_В$ - эквивалентная толщина зазора для продувки воздуха (табл. 4, рис. 5).

Таблица 4. Результаты моделирования производительности озонатора при изменении эквивалентной толщины зазора для продувки воздуха

Т, ^{O}C	K_1, о.е.	U, кВ	K_2, о.е.	$h_б$, м	K_3,о.е.	K_4, о.е.	$S_Э$, см^2	hв, мм	K_5, о.е.	$Q_{B,}$ *л/мин*	$M_{B,}$ *г*	Q_{O3}, г/ч
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	1,5	0,5	30	1024	11,61216
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	2	0,375	30	1024	8,70912
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	2,5	0,3	30	1024	6,967296
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	5,80608
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	3,5	0,214286	30	1024	4,97664
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	4	0,1875	30	1024	4,35456
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	4,5	0,166667	30	1024	3,87072
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	5	0,15	30	1024	3,483648
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	5,5	0,136364	30	1024	3,166953
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	6	0,125	30	1024	2,90304
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	6,5	0,115385	30	1024	2,679729
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	7	0,107143	30	1024	2,48832
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	7,5	0,1	30	1024	2,322432
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	8	0,09375	30	1024	2,17728
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	8,5	0,088235	30	1024	2,049205
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	9	0,083333	30	1024	1,93536
20	0,035	6	1	0,005	0,36	1	150	9,5	0,078947	30	1024	1,833499

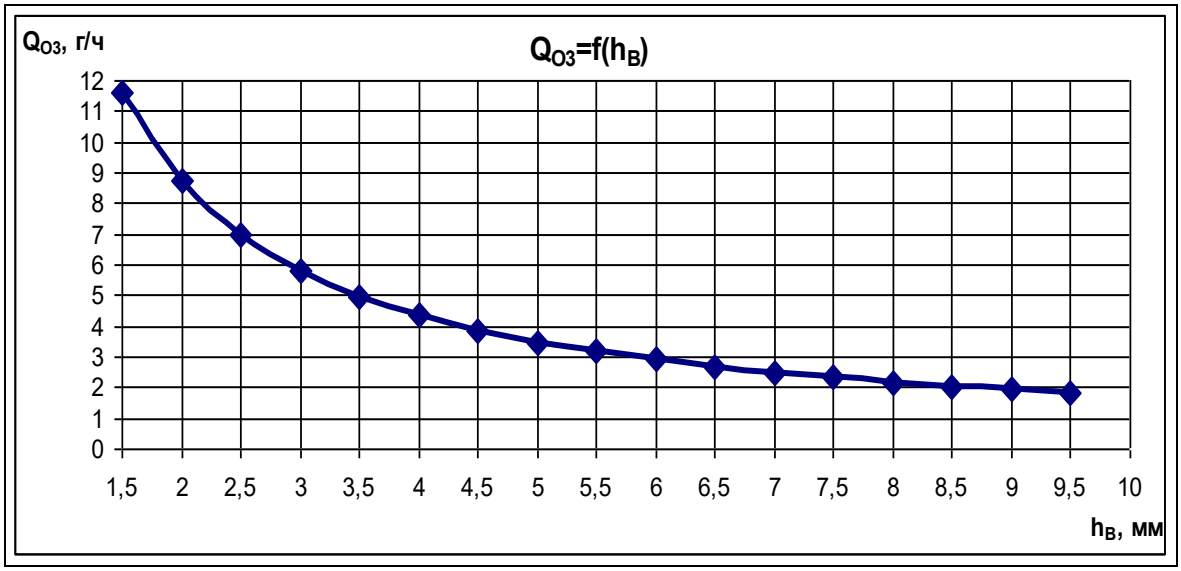

Рис. 5. График моделированной зависимости производительности озонатора от эквивалентной толщины зазора для продувки воздуха

В заключении проведем моделирование изменения производительности генератора озона от температуры прокачиваемого газа (табл. 5, рис. 6).

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Таблица 5. Результаты моделирования производительности озонатора при изменении температуры прокачиваемого воздуха

T, °C	K_1, о.е.	U, кВ	K_2, о.е.	$h_б$, м	K_3,о.е.	K_4, о.е.	$S_Э$, $см^2$	hв, мм	K_5, о.е.	$Q_{В,}$ *л/мин*	$M_{В,}$ *г*	Q_{O3}, г/ч
-25	0,035	6	2,208	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	12,820
-20	0,035	6	2,076	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	12,053
-15	0,035	6	1,944	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	11,287
-10	0,035	6	1,812	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	10,521
-5	0,035	6	1,68	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	9,754
0	0,035	6	1,548	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	8,988
5	0,035	6	1,416	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	8,221
10	0,035	6	1,284	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	7,455
15	0,035	6	1,152	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	6,689
20	0,035	6	1,02	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	5,922
25	0,035	6	0,888	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	5,156
30	0,035	6	0,756	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	4,389
35	0,035	6	0,624	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	3,623
40	0,035	6	0,492	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	2,857
45	0,035	6	0,36	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	2,090
50	0,035	6	0,228	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	1,324
55	0,035	6	0,096	0,005	0,36	1	150	3	0,25	30	1024	0,557

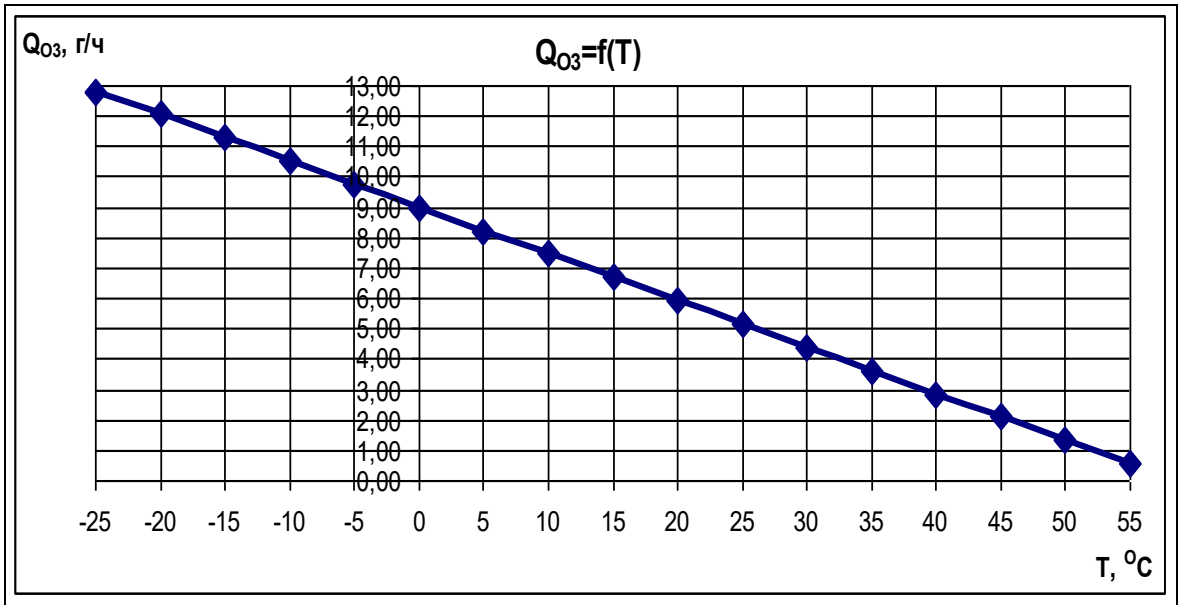

Рис. 6. График моделированной зависимости производительности генератора озона от температуры прокачиваемого газа.

Заключение

Предлагаемая конструкция компрессорного генератора озона позволит повысить ремонтопригодность и эксплуатационную надежность озонирующих систем с компрес-

сорной подачей. За счет предлагаемой схемы распределения направляющих потоков внутри генератора озона можно добиться максимального попадания прокачиваемого воздуха к разрядным зонам и получения максимально возможной производительности по озону. Предложенная методика расчета производительности генератора озона, позволяет учитывать как конструктивные и энергетические параметры, так параметры прокачиваемого газа.

Список использованных источников:

1. Озеров И.Н, Гуляев П.В., Таранов М.М., Гуляева Т.В. Технология обработки комбинированного корма озоно-газовой смесью: Международный сборник научных трудов // Высокоэффективные технологии и технические средства в сельском хозяйстве. – ФГБОУ ВПО АЧГАА. – Зерноград, 2012. – С. 182-185.

2. Гуляев П.В., Гуляева Т.В., Озеров И.Н., Дерипаскин П.С., Охотникова Ю.А. Система обеззараживания сухих комбинированных кормов для птичников // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2014. - № 95. - С. 423-459.

3. Гуляев П.В., Озеров И.Н., Гуляева Т.В., Дерипаскин П.С. Озонатор компрессорного типа // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2016. - № 119(05).

4. Евгений Силкин Синтез озона в электрических разрядах и повышение его эффективности. Часть 1, журнал «КОМПОНЕНТЫ И ТЕХНОЛОГИИ» - № 6 2008. - Режим доступа: http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2008_6_136.pdf.

5. Brandenburg R., Wagner H., Morozov A. Axial and radial development of microdischarges of barrier discharges in N2/O2 mixtures at atmospheric pressure // J. Phsique. D: Appl. Phys. 2005. Vol. 38.

6. Лунин В.В., Попович М.П., Ткаченко С.Н. Физическая химия озона. – М.: изд-во МГУ, 1998. - 480 с.

7. Самойлович В.Г., Филиппов Ю.В. Влияние частоты на электрические характеристики озонаторов // Журнал физической химии, Т. XXXV, №1, –1961. – С. 201–205.

8. Соколова М.В., Кривов С.А., Хулка Л., Питч Г. Влияние материала диэлектрического барьера и вытягивающего напряжения на структуру поверхностного разряда и выход озона // Тезисы докл. всерос. конф., посвящ. озону и другим экологически чистым окислителям, науке и технологиям., Москва, 7–9 июня 2005 г.

9. Бударин М.В., Пригожин В.И. Теоретические и экспериментальные исследования создания высокоэффективного озонаторного оборудования. // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology, ISJAEE – 2004. – С. 16–21.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

10. Kogelschatz U., Eliasson B., Egli W. Dielectric barrier discharges — principle and applications // J. Phsique. 1997. Vol. IV-C4.

Цитирование:

Таранов М.А., Гуляев П.В., Степанчук Г.В., Корчагин П.Т., Пупенко К.К., Сударкин В.Н. Методика расчета производительности компрессорного генератора озона [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – № 5. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/5/st_518.pdf.