

Юркин В.В., Пейль А.К.

Обеззараживание воздуха животноводческих помещений с помощью электрофильтров

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

УДК: 62–784.222.3

Обеззараживание воздуха животноводческих помещений с помощью электрофильтров

Юркин В.В.¹, Пейль А.К.²

¹Государственный аграрный университет Северного Зауралья

²ООО «Рубеж безопасности»

Аннотация

При расчете и проектировании современных систем очистки вентиляционного воздуха животноводческих помещений с помощью электрофильтров не рассматриваются вопросы обеззараживания воздуха с помощью озона, являющегося побочным продуктом коронного разряда, происходящего в электрофильтрах. Вопрос совершенствования систем очистки воздуха путем разработки и внедрения механизмов озонирования воздушной среды рассматривается с точки зрения внедрения дополнительного озонатора в систему очистки воздуха или совершенствования существующих систем за счет изучения механизмов озонобразования в коронном разряде и исследования механизмов регулирования концентраций озона и поддержания этих концентраций на заданном уровне.

Ключевые слова: ОЗОН, ОЗОНАТОР, КОРОННЫЙ РАЗРЯД, ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ, ЭЛЕКТРОФИЛЬТРАЦИЯ

Введение

В современном промышленном животноводстве при высокой концентрации поголовья и интенсивных методах их содержания появились факторы, приводящие к ухудшению эпизодической обстановки не только вблизи животноводческих комплексов, но и внутри помещений для содержания животных. Создаются благоприятные условия для размножения и накопления различных микроорганизмов (сапрофитных, патогенных и условно-патогенных), пассажа их через организм животных, а в итоге увеличения роли

Юркин В.В., Пейль А.К.

Обеззараживание воздуха животноводческих помещений с помощью электрофильтров

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

действия неблагоприятной микрофлоры на здоровье животных. Так образом, актуальным становятся вопросы, касающиеся проблем защиты животноводческих предприятий от заноса и распространения микроорганизмов, вызывающих инфекционные заболевания. Убыток, причиняемый животноводству инфекционными болезнями, может достигать 15–25% в структуре себестоимости продукции [1, 2].

Цель исследований

Существующие системы электрофилтрации воздуха [3, 4] производят очистку вентиляционного приточного воздуха от пыли, но функций обеззараживания в них не заложено. Часть микроорганизмов, поступающих с вентиляционным воздухом в животноводческое помещение, может оседать на поверхностях стен, пола, оборудования, а также попадать в организм животных с вдыхаемым воздухом. Таким образом встает вопрос в разработке систем электрофилтрации воздуха, обеспечивающих очистку и обеззараживание как приточного, так и рециркуляционного воздуха.

Результаты и обсуждение

Усовершенствование системы электрофилтрации воздуха с целью обеззараживания воздушной среды можно за счет рассмотрения и изучения механизмов озонирования. Здесь просматриваются два основных направления:

1. Добавить к системе электрофилтрации воздуха озонатор, работающий, как правило, на барьерном разряде;
2. Усовершенствовать существующую систему электрофилтрации приточного и рециркуляционного воздуха, обеспечивающую необходимую концентрацию озона.

В рамках первого направления очевидно усложнение системы электрофилтрации воздуха, в связи с тем, что в современных озонаторах концентрация озона на выходе может достигать 40000 мг/м^3 при энергетических затратах не более 58–65 Мдж/кг. При этом вентиляционный воздух нужно предварительно очистить, осушить и охладить. При коронном разряде концентрации озона на выходе могут достигать 500 мг/м^3 при энергозатратах, достигающих 180 Мдж/кг. Видно, что озонаторы, работающие на коронном разряде, значительно уступают озонаторам с барьерным разрядом относительно генерации озона. В свою очередь необходимо отметить, что генерация озона при коронном разряде не зависит от влажности и температуры воздуха. Кроме того,

Юркин В.В., Пейль А.К.

Обеззараживание воздуха животноводческих помещений с помощью электрофильтров

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

межэлектродные расстояния при коронном разряде могут достигать 5–10 см, а в озонаторах, работающих на барьерных разрядах, составляет примерно 2–3 мм. В связи с этим озонаторы на барьерном разряде имеют большее аэродинамическое сопротивление. И если учесть, что концентрация озона, требуемая для эффективного обеззараживания производственных помещений животноводства, находится в пределах 2–300 мг/м³ (концентрация зависит от того проводится обеззараживание в присутствии животных или нет), усложнение системы электрофильтрации воздуха с помощью установки дополнительных озонаторов, работающих на барьерном разряде, не целесообразно.

В предыдущих исследованиях образование озона в электрофильтрах рассматривалась как негативное явление в связи с чем исследования в основном велись с целью уменьшения озоновыделения. Известно, что озонотенерирование является функцией разрядного тока и поэтому велись работы по уменьшению разрядного тока с сохранением напряжения и, как следствие, напряженности электрического поля коронного разряда для поддержания эффективности по очистке воздуха от пыли на заданном уровне. Для очистки вентиляционного воздуха животноводческих помещений от пыли, как правило, предлагались двухзонные электрофильтры, имеющие низкие показатели по озоновыделению по сравнению с однозонными. В свою очередь необходимо отметить, что однозонные электрофильтры (в том числе и мокрые электрофильтры), имея достаточно высокие показатели по эффективности очистки воздуха от пыли, достигающей 95 %, от аммиака - 70 % и от сероводорода - 50 %, вполне удовлетворяют зооветеринарным требованиям и могут полноценно конкурировать с двухзонными. Кроме того, однозонные электрофильтры имеют более простую конструкцию, менее материалоемкие и проще в эксплуатации. В связи с этим, целесообразно применение однозонных электрофильтров в системе электрофильтрации животноводческих помещений.

Для выбора и расчёта конструктивных и технологических параметров систем электрофильтрации воздуха необходимо знать, как концентрация озона, выделяемого при коронном разряде, с использованием которого работают электрофильтры, зависит от этих параметров.

Кинетика химических реакций в электрических разрядах в воздухе, в том числе барьерном, описывается с помощью теории, разработанной Васильевым С.С., Кобозевым К.М., Ереминым Е.Н. [5], согласно которой к химическим реакциям озонотенерования

Юркин В.В., Пейль А.К.

Обеззараживание воздуха животноводческих помещений с помощью электрофильтров

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

применяются законы кинетики обычных стационарных реакций с заменой в кинетических уравнениях времени на фактор удельной энергии P/Q (P - активная мощность разряда, Q - объемная скорость газа).

Для того чтобы описать кинетику электросинтеза озона в барьерном разряде обычно используют следующее уравнение:

$$[O_3] = [O_3]_{cm} [1 - \exp(-\frac{K_p P}{Q})] \quad (1)$$

где $[O_3]$ - концентрация озона, $[O_3]_{cm} = \frac{K_o}{K_p}$ K_o , K_p - константы образования, и

разложения озона, P - активная мощность разряда, Q - объемная скорость газа.

Активная мощность барьерного разряда P определяется выражением:

$$P = 4C_d U_a f [U_a - (\frac{C_d - C_\Gamma}{C_d})] \quad (2)$$

где U_a - амплитудное значение питающего напряжения, U_Γ - напряжение горения разряда, f - частота питающего напряжения, C_d - емкость диэлектрического барьера, C_Γ - емкость газового промежутка.

В настоящее время уравнение (1) и (2) являются теоретической базой подхода к проектированию озонаторов, работающих на барьерном разряде. Уравнения показывают влияние электрических и конструктивных параметров озонаторов на его производительность по озону.

Константа образования K_o и константа разложения K_p озона в уравнении (1) не зависят от фактора P/Q , а зависят от питающего напряжения, состава и давление газа, температуры, частоты и конструктивных параметров разрядного устройства.

Образование озона в барьерном разряде происходит из кислорода или из воздуха. В настоящее время существует достаточно ёмкое представление о механизме образования озона в барьерном разряде, а полный список химических реакций содержит более семидесяти уравнений, перечень которых приведен в [6]. Константы скоростей многих реакций зависят не только от температуры, но и от напряженности электрического поля.

Основные реакции озонаобразования в барьерном разряде следующие:



Юркин В.В., Пейль А.К.

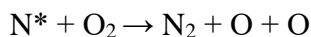
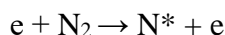
Обеззараживание воздуха животноводческих помещений с помощью электрофильтров

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

При синтезе озона в барьерном разряде в воздухе кроме озона образуются так же и окислы азота, оказывающие влияние на кинетику электросинтеза озона. Эта кинетика представляет собой совокупность ряда последовательно-параллельных, а порой и конкурирующих химических реакций. Кинетические кривые электросинтеза озона в барьерном разряде в воздухе отличаются от аналогичных кривых в кислороде. В первые моменты времени концентрация озона растет по мере увеличения фактора P/Q. После этого кривые проходят через точку максимума и при росте P/Q концентрация озона резко снижается до нуля что связано с образованием окислов азота в барьерном разряде [6]. Максимум концентрации озона наблюдается при P/Q=5,4-10,8 МДж/м³.

При незначительных уровнях удельной энергии P/Q степень преобразования кислорода в озон гораздо выше по сравнению с синтезом в чистом кислороде. Степень преобразования кислорода в озон не постоянна при варьировании содержания кислорода в смеси O₂N₂, и имеет максимум при содержании O₂ 20–40%. Обработка экспериментальных данных показала, что изменение состава смеси N₂O₂ влияет только на величину константы образования озона, а константа разложения при этом остается постоянной. И в связи с тем, что основной реакцией озонобразования является реакция (4), увеличение эффективности синтеза озона в воздухе возможно при наличии процессов, обеспечивающих дополнительную диссоциацию молекул кислорода в воздухе.

В литературе действие азота на синтез озона связывают со следующими процессами:



где N*- некоторое возбужденное состояние молекул азота.

Первичным процессом, с которого начинается синтез озона в электрических разрядах, является процесс диссоциации кислорода при взаимодействии (столкновении) со свободными электронами, которые образуются при ионизации во время газового разряда. Максимальная вероятность диссоциации молекулы кислорода происходит при значениях энергии электронов примерно от 4,5 эВ до 12,5 эВ. При более высоких значениях энергии вероятность диссоциации значительно снижается. Для достижения максимального эффекта при образовании озона необходимо не только достичь необходимого количества свободных электронов, но и обеспечить их распределение по

Юркин В.В., Пейль А.К.

Обеззараживание воздуха животноводческих помещений с помощью электрофильтров

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

энергиям. Функция распределения электронов по энергиям (ФРЭЭ) в электрических разрядах зависит от такого параметра, как приведенная напряженность электрического поля E/p , который был впервые обоснован и применен Таундсендом. Под давлением p в данном случае представляется мера концентрации молекул газа, которая зависит от температуры. В связи с этим в более поздних работах параметр E/p заменялся параметром E/N , который от температуры не зависит. Для измерения параметра E/N применяется единица, которая называется "Таундсендом" и равная $1 \text{ Td} = 10^{-17} \text{ В} \cdot \text{см}^2$ [7].

По данным Соколовой М.В. [8] наиболее максимальная вероятность диссоциации молекулы кислорода при нормальных условиях происходит при значениях напряженностей электрического поля 1500–2500 Кв/м (60–100 Td). С ростом количества свободных электронов в электрическом разряде растет и количество атомов кислорода, а соответственно количество озона. Интегральной характеристикой количества свободных электронов в воздушном промежутке разряда является разрядный электрических ток. Однако, необходимо отметить, что с ростом плотности тока происходит и увеличение температуры газа, при чем скорость реакции разложения озона увеличивается.

Можно сделать вывод, что основными факторами, определяющими озонобразование в электрических разрядах, являются плотность электрического разрядного тока, напряженность электрического поля (вернее E/N) и температура газа. Учитывая, что в барьерном разряде напряжение горения можно считать постоянным, то существует прямая зависимость между средним активным электрическим током и активной мощностью, выделяемой в электрическом разряде. Из чего следует, что генерация озона зависит и определяется величиной энергозатрата в единицу объема газа, а т.к. химическая реакция озонирования происходит в потоке газа, то удельный энергозатрат можно записать, как отношение активной мощности P к объемной скорости газа Q . Поэтому введение показателя P/Q для описания связи между электрическими и кинетическими характеристиками химических реакции в барьерном разряде оправдано. В настоящее время это наиболее широко используемый параметр, который позволяет сопоставлять кинетические данные, полученные в различных экспериментальных условиях.

Выводы

Исследований, которые непосредственно посвящены вопросам образования озона в коронном разряде не так много [9-12] и по результатам их изучения можно сделать следующее выводы:

- кинетика озonoобразования (количество озона, выделяемого в газоразрядном промежутке озонатора в единицу времени) пропорциональна разрядному электрическому току коронного разряда при постоянстве других параметров озонирующей системы;
- скорость озonoобразования в газах на единицу разрядного тока коронного разряда растет с увеличением диаметра коронирующего электрода;
- скорость озonoобразования на единицу разрядного тока коронного разряда уменьшается с ростом температуры воздуха и диаметра коронирующего электрода при постоянстве других параметров;
- в воздухе скорость озonoобразования в коронном разряде с отрицательной «коронной» в несколько раз выше, чем при положительной «короне» при проволочном коронирующем электроде;
- в воздухе скорость озonoобразования в отрицательном коронном разряде при игольчатых коронирующих электродах может быть меньше, чем при положительном коронном разряде;
- скорость озonoобразования слабо зависит от материала коронирующего электрода (как правило, используется стальная проволока или стальные игольчатые электроды);
- материал осадительного электрода и межэлектродное расстояние не влияет на скорость образования озона.

Таким образом, возможно применение результатов изучения и исследования механизмов озonoобразования в барьерном разряде при изучении процессов озonoобразования в коронных разрядах с учетом конструктивных и режимных особенностей электрических фильтров, которые работают с использованием коронного разряда. Модернизация существующих систем очистки вентиляционного воздуха животноводческих помещений, осуществляющих высокоэффективную очистку воздуха от пыли, с помощью разработки механизмов и методик регулирования концентраций озона в заданных пределах является актуальной и требует дальнейшего изучения вопроса.

Юркин В.В., Пейль А.К.

Обеззараживание воздуха животноводческих помещений с помощью электрофильтров

*Электронный научно-производственный журнал***«АгроЭкоИнфо»****Список использованных источников:**

1. Чернова С.Е. Влияние микроклимата в помещении на рост, развитие и откормочные качества молодняка свиней / С.Е. Чернова, В.С. Казаков // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 6(50). – С. 127–129.
2. Михайлов Н.В. Свиноводство. Технология производства свинины: учебник для студентов высших учебных заведений по специальности "Зоотехния" / Н.В. Михайлов, А.И. Бараников, И.Ю. Свиначев. – Ростов-на-Дону: ООО "Изд-во "Юг", 2009. – 417 с. – ISBN 978-5-98252-058-6.
3. Анализ систем очистки воздуха в животноводческих и птицеводческих комплексах / А.Г. Возмилов, В.Б. Фаин, Л.Н. Андреев [и др.] // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2014. – Т. 10, № 4. – С. 45–51. – EDN T1RRJJ.
4. Возмилов А.Г., Андреев Л.Н. Энергоэффективные технологии микроклимата в животноводстве // Ветеринария. - 2016. - № 1. - С. 12–17.
5. Васильев С.С., Кобозев Н.И., Еремин Е.Н. Кинетика реакции в электрических разрядах // ЖФХ - 1936. - № 7. - С. 619–625.
6. Самойлович В.Г., Гибалов В.И. Физическая химия барьерного разряда. - М.: издательство МГУ, 1987. – 205 с.
7. Хаксли Л., Кромптон Р. Диффузия и дрейф электронов в газах: Пер. с англ. / Под ред. Иванова А.А.- М.: Мир, 1977. – 423 с.
8. Соколова М.В. Оптимизация образования озона в электрическом разряде // Известия АН СССР Энергетика и транспорт. - 1983. - № 6. - С. 99–107.
9. Вендин С.В., Мануйленко А.Н. Электрический озонатор воздуха на основе коронного разряда для животноводческих помещений // Современные наукоемкие технологии. - 2022. - № 10–1. - С. 14–19.
10. Сторчевой В.Ф., Сучугов С.В., Компаниец А.Е. Создание озонно-ионной воздушной среды в закрытых помещениях для содержания животных и птицы // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». - 2019. - № 3 (91). - С. 35–39.
11. Токарев А.В. Сравнительные характеристики синтеза озона в коронных разрядах // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. - 2008. - Т. 8, № 10. - С. 106–110.
12. Junhong Chen, Jane H. Davidson. Ozone Production in the Negative DC Corona: The Dependence of Discharge Polarity // Plasma Chemistry and Plasma Processing, Vol. 23, No. 3, September 2003. – P. 501-518.

Цитирование:

Юркин В.В., Пейль А.К. Обеззараживание воздуха животноводческих помещений с помощью электрофильтров [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 6. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/6/st_634.pdf DOI: <https://doi.org/10.51419/202136634>.