

Перспективы развития систем очистки вентиляционного воздуха на основе мокрых электрофильтров

*Л.Н. Андреев, к.т.н., А.В. Козлов, ст. преподаватель,
ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья*

В связи с переводом животноводства на промышленную основу возник ряд проблем, связанных с высокой плотностью посадки животных на ограниченном пространстве. Это прежде всего высокие энергозатраты на создание оптимального микроклимата, рост риска распространения инфекций, передаваемых аэрогенным путём, повышение экологической нагрузки на окружающую среду и ухудшение условий труда обслуживающего персонала.

Одним из важнейших параметров микроклимата животноводческих помещений является

концентрация аэрозольных (пылевых) частиц, микроорганизмов и вредных газов (аммиак, сероводород, углекислый газ), которые являются продуктами жизнедеятельности животных и в больших количествах генерируются в воздушную среду помещения [1, 2].

Результаты многочисленных исследований свидетельствуют, что хозяйства, где содержат животных в помещениях с воздухом, загрязнённым аммиаком, сероводородом, углекислым газом, несут значительные потери от снижения производительности животных, повышения уровня смертности, а также перерасходов кормов на единицу продукции.

Цель исследования – определить перспективные направления развития систем очистки вентиляционного воздуха в помещениях АПК на основе электрофильтрации воздуха.

Материал и методы исследования. Снижение вышеуказанных вредностей до предельно допустимых значений (ПДК) осуществляется с помощью систем механической принудительной приточно-вытяжной вентиляции. Исследование режимных и конструктивных параметров существующих систем вентиляции и их фильтрующих элементов показало, что наибольшую перспективность и энергоэффективность имеют системы вентиляции с частичной рециркуляцией воздуха с одновременной непрерывной высокоэффективной очисткой и обеззараживанием вентиляционного рециркуляционного воздуха [3].

В качестве фильтрующих и обеззараживающих элементов в системах высокоэффективной очистки и обеззараживания рециркуляционного воздуха после сравнения основных конструктивных и технологических характеристик предлагается использовать одно- и двухступенчатые мокрые однозонные электрофильтры (МЭФ), неоднократно зарекомендовавшие себя как высокоэффективные и энергосберегающие аппараты для фильтрации и обеззараживания вентиляционного воздуха животноводческих помещений [4, 5].

Однако в процессе эксплуатации вентиляционных систем очистки и обеззараживания рециркуляционного воздуха животноводческих помещений с использованием одно- и двухступенчатых мокрых однозонных электрофильтров были выявлены несколько направлений совершенствования данных систем. Это в первую очередь повышение эффективности по обеззараживанию воздушной среды животноводческих помещений, во-вторых, интенсификация очистки осадительных электродов от осев-

шего аэрозоля и пылевых частиц и, в-третьих, автоматизация процесса замены омывающей жидкости.

Эффективность очистки вентиляционного рециркуляционного воздуха от микроорганизмов находится в зависимости от эффективности очистки воздуха от мелкодисперсных пылевых и аэрозольных частиц, на которых, как правило, находятся микроорганизмы [6]. Производственные испытания МЭФ показали эффективность очистки рециркуляционного воздуха от микроорганизмов, достигающую 70% [5]. Откуда видно, что после прохождения через мокрый однозонный электрофильтр в воздухе остаётся достаточное количество микрофлоры, способной привести к распространению инфекций, передающихся аэрогенным путём.

Результаты исследования. Повысить эффективность очистки воздуха от микроорганизмов возможно дополнительной установкой на выходном патрубке МЭФ бактерицидного облучателя, который используют для обеззараживания воздуха и поверхностей в помещении, дезинфекции питьевой воды, стерилизации предметов и медицинских инструментов [7].

Для визуального контроля работоспособности бактерицидного облучателя предусматривается смотровое окно из стекла, расположенное на уровне установки самого облучателя в стенке воздуховода.

Для исключения создания препятствия проходящему через электрофильтр воздушному потоку и удобства в эксплуатации (в частности, замены ламп) бактерицидный излучатель устанавливается снаружи воздуховода, внутрь воздуховода через специальное отверстие помещается только часть облучателя, излучающая УФ (рис. 1).

Применение бактерицидного облучателя в системах очистки и обеззараживания рециркуляционного воздуха позволит повысить эффективность очистки рециркуляционного воздуха от микроорганизмов.

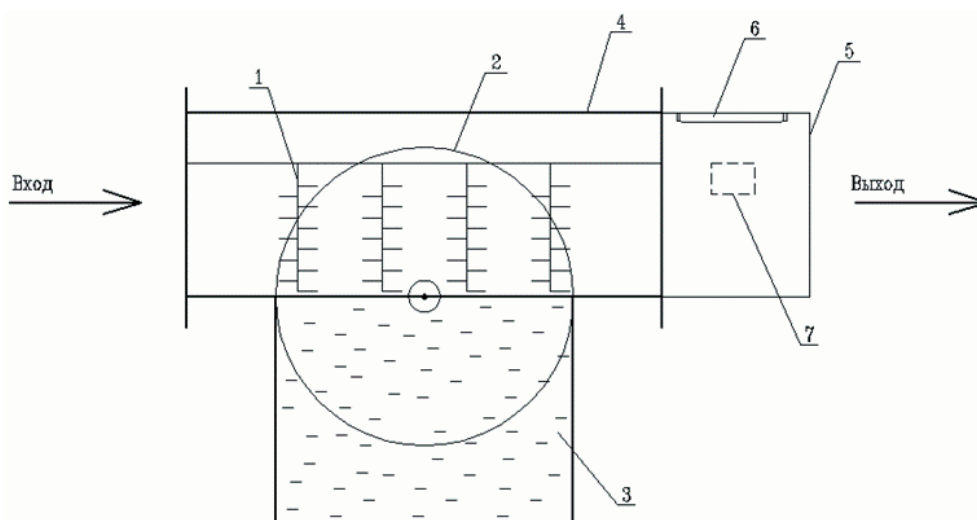


Рис. 1 – Мокрый однозонный электрофильтр с повышенной эффективностью обеззараживания вентиляционного воздуха:

1 – коронирующие электроды; 2 – осадительные электроды; 3 – омывающая жидкость; 4 – корпус МЭФ; 5 – фланец; 6 – бактерицидный излучатель; 7 – смотровое окно

Следующим направлением совершенствования является решение проблемы недостаточной очистки осадительных электродов от осевших аэрозольных и пылевых частиц, т.к. в процессе долговременной безостановочной работы МЭФ на осадительных электродах образуется слой уловленных аэрозольных и пылевых частиц, не смываемых естественным путём за счёт вращения электродов.

При этом происходит увеличение удельного сопротивления осевшего слоя, поверхностный электрический заряд не стекает на электроды, а накапливается на слое осевших загрязнителей, и, как следствие, возрастает риск возникновения явления «обратной короны», что является недопустимым при работе электрофильтра и приведёт к аварийному отключению установки.

Повысить эффективность очистки осадительных электродов от осевшего аэрозоля можно с помощью установки в нижней части электрофильтра системы ультразвуковой очистки (рис. 2) [8].

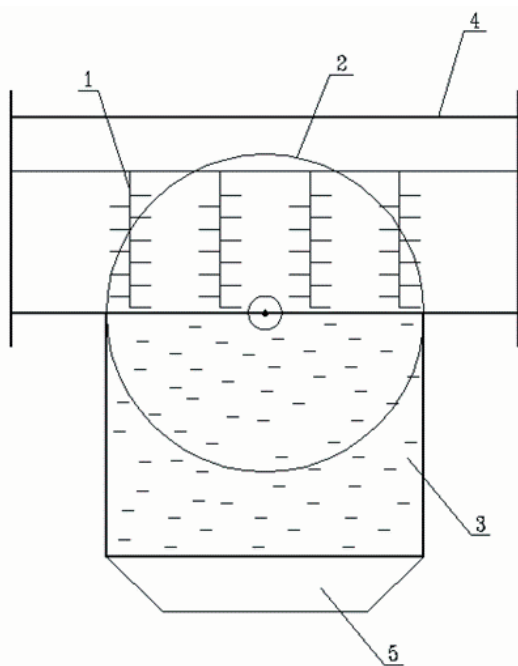


Рис. 2 – Мокрый однозонный электрофильтр с ультразвуковой системой очистки осадительных электродов:

1 – коронирующие электроды; 2 – осадительные электроды; 3 – омывающая жидкость; 4 – корпус МЭФ; 5 – система ультразвуковой очистки осадительных электродов

Ультразвуковые волны, распространяющиеся в омывающей жидкости от источника излучения, оказывают на поверхность осадительных электродов давление, обусловленное кавитационными явлениями. Кавитационные пузырьки производят микроударное разрушение образовавшейся плёнки. Кавитация проявляется в разрывах жидкости под действием звуковой волны с образованием мелких пузырьков, заполненных парами моющей жидкости.

Часть пузырьков после кратковременного существования захлопывается, создавая при этом местные гидравлические удары, способствующие разрушению образовавшейся плёнки. Другая часть пузырьков не захлопывается, а под действием ультразвукового поля интенсивно пульсирует и перемещается вместе с гидродинамическими потоками, способствуя интенсификации очистки [9].

В процессе эксплуатации вентиляционных систем с использованием мокрых электрофильтров была выявлена проблема, связанная с периодичностью обновления жидкости, омывающей осадительные электроды. Было установлено, что степень загрязнения омывающей жидкости и скорость повышения концентрации растворённых загрязнителей зависит от технологических параметров производства и режимных параметров системы очистки и обеззараживания рециркуляционного воздуха.

Загрязнение жидкости происходит в основном пылью, являющейся наиболее существенным в массовом соотношении улавливаемым из воздушного потока загрязнителем. Поэтому необходимо периодически обновлять омывающую жидкость: сливать загрязнённую жидкость и заливать новую, чистую.

Для обеспечения автономного контроля степени загрязнённости жидкости и периодического своевременного её обновления была создана система, позволяющая постоянно в автономном режиме контролировать степень загрязнённости омывающей жидкости (рис. 3), не допуская повышения содержания в ней загрязняющих веществ до концентрации, способной вызвать повышенное загрязнение осадительных электродов и возникновение явления «обратной короны», приводящее к отключению электрофильтра [10].

Принцип работы описываемой системы заключается в автономном контроле степени загрязнённости жидкости и периодическом своевременном её обновлении.

Подача омывающей жидкости (из расходного бака либо другого источника) обеспечивается насосом 5, установленным на заливном трубопроводе 3. Далее установлена задвижка 6 для перекрытия заливного трубопровода 3. Между насосом 5 и задвижкой 6 установлен проходной обратный клапан 2, исключающий возможность обратного поступления омывающей жидкости из нижней части электрофильтра 1.

Перед началом работы (в первый раз) нижняя часть электрофильтра 1 заполняется омывающей жидкостью вручную, с помощью оперативного персонала. Далее обновление жидкости происходит в автоматическом режиме. При загрязнении жидкости сигнал от измерителя загрязнённости 11 передаётся в контроллерную станцию управления 13 (КСУ). Из КСУ 13 идёт сигнал на открытие задвижки 7. Слив жидкости происходит самотёком.

Для обеспечения слива максимального объёма загрязнённой жидкости прежде, чем произойдёт

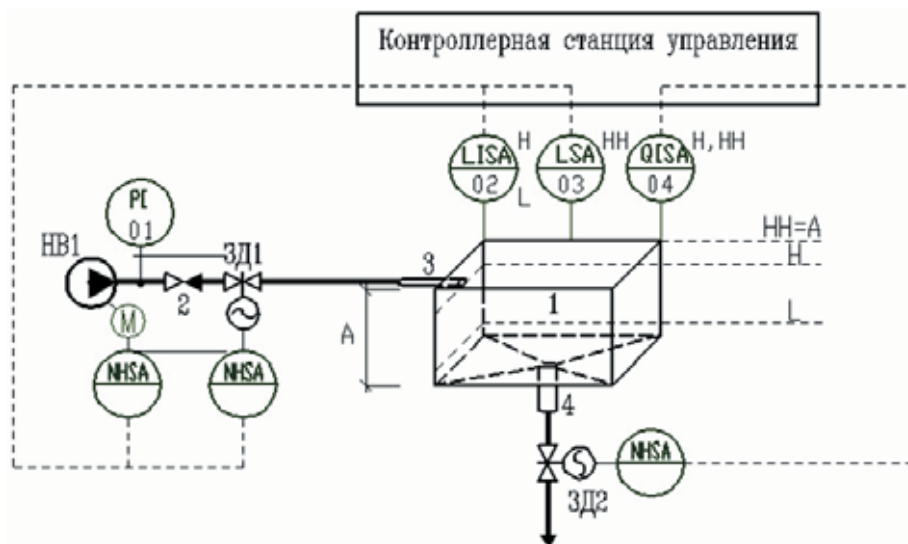


Рис. 3 – Система контроля качества и управления процессом обновления омывающей жидкости: 1 – нижняя часть электрофильтра; 2 – обратный клапан; 3 – заливной трубопровод; 4 – сливной трубопровод; НВ1 – насос с электроприводом; ЗД1 – задвижка с электроприводом на заливном трубопроводе; ЗД2 – задвижка с электроприводом на сливном трубопроводе; PI – манометр; LISA – уровнемер (L – нижнее значение, H – верхнее значение); LSA – сигнализатор уровня (НН-сигнализация); QISA – измеритель загрязнённости (H – верхнее значение, HH – сигнализация); ННСА – электропривод; А – высота нижней части электрофильтра

подача новой, для исключения перемешивания загрязнённой жидкости с чистой в КСУ 13 реализована задержка по времени включения насоса 5. Выбран нижний уровень жидкости (L), при достижении которого будет происходить включение насоса 5 и открывание задвижки 6 (с помощью соответствующего управляющего сигнала из КСУ 13).

Измерение уровня омывающей жидкости осуществляется с помощью уровнемера 9. При достижении верхнего уровня (H) подаётся сигнал на отключение насоса 5 и закрывание задвижки 6.

С помощью сигнализатора уровня 10 осуществляется сигнализация при достижении верхнего аварийного уровня (когда нижняя часть электрофильтра 1 заполнена почти до краёв) для исключения перелива жидкости и нарушения нормальной работы электрофильтра. Сигнализатор уровня 10 обеспечивает защиту от перелива жидкости в бак в том случае, если откажет уровнемер 9.

Для обеспечения защиты насоса 5 и заливного трубопровода 3 от повышенного давления в том случае, если задвижка 6 откроется позже, чем произойдёт включение насоса 5, устанавливается манометр 8, с помощью которого осуществляется контроль давления на выходе насоса 5.

Применение данной системы обеспечит автоматическое обновление омывающей жидкости в нижней части электрофильтра 1, без вмешательства оперативного персонала. Кроме того, за счёт применения резервирования сигналов по верхнему уровню жидкости (H), обратного клапана 2, а также контроля давления на выходе насоса 5 будет обеспечена высокая степень надёжности данной системы. За счёт уменьшения количества отказов устройства повысится межремонтный интервал его работы, увеличится срок службы.

Вывод. Внедрение перечисленных способов и технологий совершенствования систем очистки и обеззараживания рециркуляционного вентиляционного воздуха с применением одно- и двухступенчатых мокрых электрофильтров позволит повысить эффективность и надёжность систем электрофильтрации воздуха в совокупности с одновременной интенсификацией автоматизации процесса очистки и обеззараживания воздушной среды животноводческого помещения.

Литература

1. Селянский В.М. Микроклимат в птичниках. М.: Колос, 1975. 304 с.
2. Самарин Г.М. Энергосберегающая обработка воздуха в животноводческих помещениях // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2009. № 3. С. 16–17.
3. Возмилов А.Г., Дмитриев А.А., Андреев Л.Н., Юркин В.В. Очистка вентиляционного воздуха свиноферм / А.Г. Возмилов, А.А. Дмитриев, Л.Н. Андреев, В.В. Юркин // Свиноводство. 2015. № 2. С. 19–20.
4. Возмилов А.Г. Исследование и разработка двухзонного электрофильтра для очистки воздуха в промышленном птицеводстве (цех инкубации цыплят): дисс. ... канд. техн. наук. Челябинск, 1980. С. 121.
5. Андреев Л.Н. Разработка и исследование мокрого однозонного электрофильтра для очистки рециркуляционного воздуха животноводческих помещений: дисс. ... канд. техн. наук. Челябинск. 2010. С. 115.
6. Андреев Л.Н. Методика определения эффективности систем очистки воздуха от микроорганизмов / Л.Н. Андреев, В.Н. Мишагин, С.Д. Матвеев, И.Е. Сыромятов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2008. № 5. С. 39.
7. Мокрый однозонный электрофильтр с повышенной эффективностью очистки от микроорганизмов: пат. РФ на полезную модель №151302 / Возмилов А.Г., Андреев Л.Н., Дмитриев А.А., Юркин В.В.: заявл. ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья; опубл. 15.09.14; Бюл. № 9. 4 с.
8. Мокрый однозонный электрофильтр с ультразвуковой системой очистки осадительных электродов: пат. РФ на полезную модель №149653 / А.Г. Возмилов, Л.Н. Андреев, А.А. Дмитриев, В.В. Юркин: заявл. ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья; опубл. 16.09.14; Бюл. № 1. 4 с.
9. Агранат Б.А. и др. Ультразвуковая технология. М: Металлургия, 1974. С. 504.
10. Ресурсосберегающая система автоматического регулирования параметров микроклимата в животноводческих помещениях: пат. РФ на полезную модель № 142385 / А.Г. Возмилов, Л.Н. Андреев, Н.И. Смолин, В.В. Юркин: заявл. ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья; опубл. 04.03.14; Бюл. № 18. 5 с.