

При анализе экспериментальных данных, полученных при различных значениях эксцентриситета ротора – 19, 27, 33, 43, 57 %, было установлено, что величина достоверности аппроксимации при диагностике под нагрузкой несколько выше, чем на холостом ходу, и функция зависимости эксцентриситета ротора от частоты вращения под нагрузкой более информативна.

Результаты исследований. В результате экспериментальных исследований было установлено, что эксцентриситет ротора прямо пропорционален разности амплитуд изменения частоты вращения при испытаниях как под нагрузкой, так и на холостом ходу с достоверностью аппроксимации $R^2 \geq 0,92$. Диагностирование двигателя с моментом инерции на валу позволяет получить более достоверные результаты, а применение фотоэлектрического датчика уменьшает погрешность эксперимента до 1,5 %.

Выводы. Разработанный способ диагностики позволяет с большой точностью определить техническое состояние подшипников асинхронного двигателя в эксплуатационных условиях по разности амплитуд изменения частоты вращения ротора технически исправного и диагностируемого двигателя.

Литература

1. *Никиян Н.Г., Сурков Д.В.* Освоение и оценка методов электромагнитной диагностики эксцентриситета ротора асинхронных двигателей // Вестн. ОГУ. – 2005. – № 2. – С. 163–166.
2. *Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю.* К вопросу определения эксцентриситета ротора асинхронного двигателя // Современные проблемы и перспективы развития АПК: мат-лы регион. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 80-летию ФГБОУ ВПО ИрГСХА (25–27 февраля 2014 г.). – Ч. 2. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2014. – С. 175–178.
3. *Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю.* Метод определения эксцентриситета ротора асинхронного двигателя // Вестн. КрасГАУ. – 2015. – № 5 (104). – С. 68–72.

Literatura

1. *Nikiyan N.G., Surkov D.V.* Osvoenie i otsenka metodov ehlektromagnitnoi diagnostiki ehkscentrisiteta rotora asinhronnyh dvigatelei // Vestn. OGU. – 2005. – № 2. – S. 163–166.
2. *Prudnikov A.Yu., Bonnet V.V., Loginov A.Yu.* K voprosu opredeleniya ehkscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelya // Sovremennye problemy i perspektivy razvitiya APK: mat-ly region. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem, posvyashch. 80-letiyu FGBOU VPO IrGSKHA (25–27 fevralya 2014 g.). – CH. 2. – Irkutsk: Izd-vo IrGSKHA, 2014. – S. 175–178.
3. *Prudnikov A.Yu., Bonnet V.V., Loginov A.Yu.* Metod opredeleniya ekscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelya // Vestn. KrasGAU. – 2015. – № 5 (104). – S. 68–72.



УДК 631.95

Л.Н. Андреев

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ЖИВОТНОВОДСТВА

В статье приведены негативные последствия перехода отечественного животноводства на промышленную основу, одним из которых является повышение экологической нагрузки на окружающую среду. Обоснованным является высокoeffективная очистка и обеззараживание вытяжного вентиляционного воздуха животноводческих помещений. Сравнение воздушных фильтров выявило очевидное преимущество двухступенчатого мокрого электрофильтра, промышленные испытания которого показали высокую эффективность по очистке воздушной среды животноводческих помещений от пыли, микроорганизмов и вредных газов.

Ключевые слова: экологическая нагрузка, очистка вытяжного воздуха, электрофильтр, промышленное животноводство, очистка от пыли, обеззараживание, очистка от вредных газов.

L.N. Andreev

IMPROVING ENVIRONMENTAL INDUSTRIAL LIVESTOCK

The article describes the negative effects of the transition of domestic livestock on an industrial basis, one of which is the increase of the environmental burden on the environment. Well-grounded method is highly effective cleaning and disinfection of the air vent of livestock buildings. Comparison of air filters showed a clear advantage of two-stage wet electrostatic precipitator, industrial tests which have shown high efficiency of cleaning the air environment of livestock buildings from dust, micro-organisms and harmful gases.

Key words: environmental pressures, cleaning of exhaust air, electrostatic, industrial livestock production, dusting, disinfection, removal of harmful gases.

Введение. Мировое производство мяса в последние 50 лет росло быстрыми темпами, в том числе благодаря росту народонаселения и уровня доходов. Менялась структура питания: в мире стали больше потреблять белка животного происхождения. В семь раз увеличилось производство мяса птицы, более чем в три раза увеличилось производство свинины, по мясу КРС также отмечается положительная динамика роста. И по прогнозам, до 2020 года планируется сохранить тенденцию к увеличению объёмов производства мяса.

В России ситуация становится похожей на общемировую. В свое время, когда у нас было большое поголовье, более 40 % в производстве приходилась на мясо крупного рогатого скота. Мясное птицеводство занимало лишь 18 % в мясной промышленности. Но ситуация давно изменилась, и сегодня на мясо птицы приходится почти 43 % рынка, на свинину – 32 %, а доля говядины продолжает снижаться.

Эта картина соответствует структуре потребления мяса в России, которая отражает экономическую доступность птицы в отличие от говядины и свинины.

В свою очередь, в перспективе развития мясного животноводства РФ до 2020 г. запланирован рост производства мяса по основным направлениям. Так, объёмы производства мяса говядины планируется увеличить на 10 %, свинины – на 62, мяса птицы – на 40 % [1].

С ростом производства и потребления мяса в России происходит одновременное снижение импорта. Это связано, в первую очередь, с активным ростом объёмов производства мяса птицы и свинины, а также с более жесткими ограничениями импорта.

Однако отечественным производителям мяса сложно конкурировать с западными фермерами, прежде всего по причине использования экстенсивных, ресурсозатратных технологий. Например, в свиноводстве – низкие показатели выхода деловых поросят, низкие показатели прироста, высокий падеж, высокая конверсия корма и т. д.

Одной из основных причин таких низких производственных показателей являются последствия перехода промышленного животноводства России на промышленную основу. В результате чего резко выросла концентрация поголовья животных на ограниченном пространстве, что привело к значительному ухудшению качества воздушной среды животноводческого помещения, так как в процессе жизнедеятельности животных в замкнутом помещении воздух загрязняется аммиаком, сероводородом, углекислым газом, органическими соединениями и пылью.

И, как следствие, это стало причиной ряда серьёзных проблем, без решения которых дальнейшее прогрессивное развитие мясного животноводства затруднительно: повышение экологической нагрузки на окружающую среду, рост риска распространения инфекций, передающихся воздушно-капельным путём, высокое энергопотребление производства (до 32 % всех энергозатрат животноводства связаны с микроклиматом), а также ухудшение условий труда для обслуживающего персонала (рис. 1).



Рис. 1. Последствия перехода животноводства на промышленную основу

Вред, наносимый воздушной среде крупными животноводческими и птицеводческими комплексами, заключается в загрязнении воздушного бассейна над территорией комплексов и в их окрестностях веществами с неприятными запахами, пылью, различными антибиотиками, вакцинами и иммунными сыворотками, используемыми в больших количествах в технологических процессах животноводства и птицеводства.

Для животноводческих комплексов характерна высокая концентрация пыли и микроорганизмов в воздушной среде помещений. Так, концентрация пыли может достигать 40 мг/м^3 и выше, а микроорганизмов – до $1,5 \cdot 10^6 \text{ мкрб.тел/м}^3$ и более. Из возможных путей передачи инфекции наибольшую опасность представляет аэрогенный путь, поскольку является одним из основных для большинства инфекционных заболеваний животных и птицы и наиболее сложным для контроля.

Выделяемые во внешнюю среду с помощью вытяжной вентиляции газы, пыль и микроорганизмы распространяются по горизонтали на довольно большие расстояния, в зависимости от мощности вытяжной вентиляции, объемно-планировочных решений, метеорологических условий и др.

На диаграмме (рис. 2) представлены данные по концентрации микроорганизмов и аммиака в воздушной среде в зависимости от расстояния до крупных животноводческих комплексов. При изучении загрязнения воздушного бассейна вредными выбросами установлено, что значительные концентрации наблюдались на расстоянии 2-3 км от животноводческих помещений. Все это создает постоянную угрозу заноса возбудителей инфекционных болезней и распространения их на животноводческом комплексе [2–4].



Рис. 2. Концентрация вредных примесей в атмосферном воздухе в зависимости от расстояния до животноводческого комплекса

Положение большинства животноводческих комплексов усугубляется тем, что они построены с грубейшими нарушениями зоогигиенических нормативов, касающихся предотвращения распространения инфекций аэрогенным путем. Как правило, основные нарушения заключаются в следующем:

- компоновка и расположение производственных помещений зачастую выполнены без учета направления господствующих ветров;
- значительно занижены рекомендуемые величины санитарных разрывов между основными производственными зонами и помещениями;
- приточно-вытяжные системы вентиляции организованы без учета рекомендаций, позволяющих уменьшить количество микрофлоры, переносимой воздушными потоками из одного объекта в другой.

Ущерб, причиняемый различными инфекционными заболеваниями в виде повышенного отхода животных и снижения их продуктивности, может достигать 15–25 % себестоимости продукции.

В то же время неблагоприятное состояние воздушной среды отрицательно сказывается на состоянии здоровья работников животноводческих ферм. Так, по данным Саратовского НИИ гигиены села и клиники профзаболеваний, работники животноводческих ферм, находящиеся под пылевым воздействием, средняя концентрация которого достигает 19 мг/м³, а в некоторых местах достигает 30 мг/м³, что превышает ПДК в 6–10 раз, в течение 3 лет и более, как правило страдают хроническими бронхитами, бронхиальной астмой и т. д., что приводит к частичной потере трудоспособности, различным группам инвалидности, сокращению жизни.

Современные технологии содержания животных предъявляют высокие требования к микроклимату в животноводческих помещениях. По мнению специалистов животноводства и технологов, зависимость продуктивности животных от параметров микроклимата достигает 30 %. Отклонение параметров микроклимата приводит к снижению удоев молока, прироста живой массы, сохранности молодняка, снижению яйценоскости и увеличению расхода кормов.

В настоящее время оптимальные параметры воздушной среды животноводческих помещений достигаются за счёт использования механической принудительной приточно-вытяжной вентиляции, с помощью которой из помещений с вентиляционным воздухом в атмосферу выбрасывается значительное количество вредных веществ, и важность проблемы загрязнения окружающей среды становится очевидной.

Цель исследований: создание вентиляционных систем, которые бы обеспечивали необходимые зоогигиенические условия содержания животных в сочетании с комплексом научных и практических мероприятий, снижающих экологическую нагрузку на окружающую среду при создании оптимального микроклимата.

Объекты и методы исследований. Для очистки вытяжного вентиляционного воздуха используются воздушные фильтры. Современное производство предоставляет широкую линейку воздушных фильтров и фильтрующих элементов, имеющих различные технологические и конструктивные параметры, сравнение которых показывает очевидное преимущество электрофильтров (рис. 3).

Электрофильтры имеют ряд преимуществ, таких как:

- низкое аэродинамическое сопротивление;
- высокая степень очистки от частиц размером 10–0,01 мкм и менее;
- возможность регенерации фильтрующего элемента;
- возможность автоматизации всех процессов очистки;
- малое собственное потребление электроэнергии;
- низкая себестоимость очистки.

В основу действия электрофильтра положен коронный разряд, в поле которого происходит зарядка взвешенных в очищаемом воздухе частиц и их осаждение на осадительных электродах под действием электрических сил.

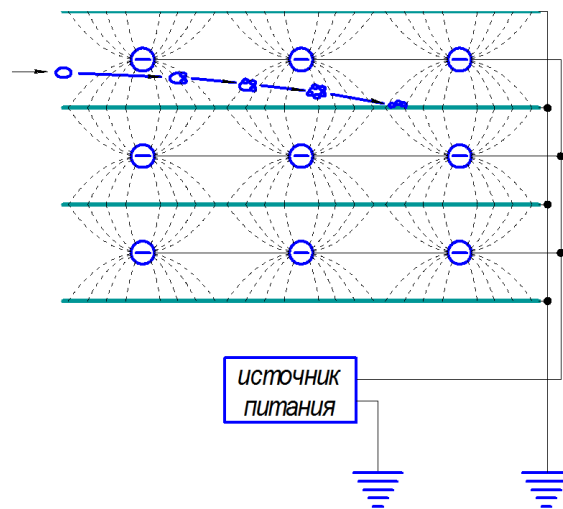


Рис. 3. Однозонный электрофильтр

Нельзя также исключить возможность прямого бактерицидного (изоэлектрического эффекта) и бактериостатического воздействия сильных электростатических полей на микроорганизмы. Необходимо отметить, что атомарный кислород, образующийся при ионизации воздуха, как и озон, является мощным окислителем. Воздействие этих агентов на молекулы органических веществ, являющихся носителями запахов в воздухе, создает эффект дезодорации.

Однако из-за высокой концентрации пылевых частиц и вредных газовых составляющих в удаляемом воздухе электрофильтры должны обладать высокой пылеемкостью, способностью к непрерывной регенерации осадительных электродов от осевших на них пылевых частиц, а также обеспечивать высокоэффективное обеззараживание удаляемого вентиляционного воздуха.

Таковыми качествами обладает двухступенчатый мокрый однозонный электрофильтр (ДМЭФ), специально разработанный при сотрудничестве Челябинской государственной агроинженерной академии и Государственного аграрного университета Северного Зауралья [5–7].

Каждая ступень ДМЭФ состоит из двух основных частей: верхней части с коронирующими электродами и нижней части с емкостью для омывающей жидкости (рис. 4).

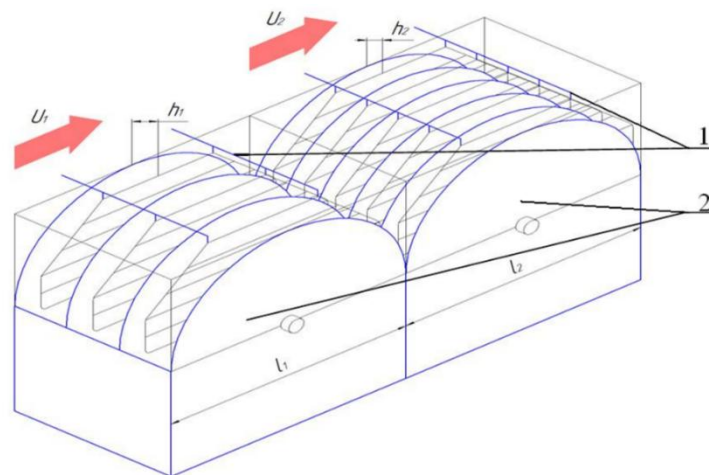


Рис. 4. Схема двухступенчатого мокрого электрофильтра:
(для 1-й и 2-й ступеней ДМЭФ соответственно): h_1 , h_2 – межэлектродное расстояние, м;
 U_1 , U_2 – скорость воздушного потока, м/с; l_1 , l_2 – активная длина электрофильтра;
1 – коронирующие электроды; 2 – осадительные электроды

Осадительные электроды, вращаясь с определенной скоростью на валу электрофильтра, постоянно смачиваются жидкостью в нижней части электрофильтра. Конструкция данного электрофильтра позволяет непрерывно очищать осадительные электроды от осевшего аэрозоля, а также очищать фильтруемый воздух от вредных газовых составляющих за счёт озона и жидкости, покрывающей осадительные электроды.

Конструктивное отличие первой и второй ступени в общем случае заключается в различии: межэлектродных расстояний ($h_1 \neq h_2$), что позволяет повысить эффективность тонкой очистки от пыли и микроорганизмов, в составе омывающей жидкости осадительные электроды; активной длины электрофильтра ($l_1 \neq l_2$); скорости воздушного потока ($u_1 \neq u_2$).

Первая ступень (ступень грубой очистки) предназначена для очистки воздуха от крупнодисперсного аэрозоля, микроорганизмов, i -го вредного газа (основная очистка) и j -го вредного газа. Вторая ступень (ступень тонкой очистки) обеспечивает очистку от мелкодисперсного аэрозоля, j -го вредного газа (основная очистка) и доочистку от пыли, микроорганизмов, i -го газа.

Результаты исследований. В результате теоретических исследований были выведены выражения для определения эффективности очистки воздушной среды животноводческого помещения от пыли (1), микроорганизмов (2) и вредных i -го (3) и j -го (4) газов двухступенчатыми мокрыми электрофильтрами [8]:

$$\eta_n = 1 - \exp \left[-\frac{l}{u} \left(-\frac{w_1 h_2 + w_2 h_1}{h_1 h_2} \right) \right], \quad (1)$$

$$\eta_{КОЕ} = 1 - (1 - [1 - (1 - \eta_{n1})^{0.66}]) \cdot (1 - [1 - (1 - \eta_{n2})^{0.66}]), \quad (2)$$

$$\eta_i = 1 - \exp \left[-\frac{l}{u} \left(k^{i1}_{O_3} + k^{i1}_{OЖ1} + k^{i2}_{O_3} + k^{i2}_{OЖ2} \right) \right], \quad (3)$$

$$\eta_j = 1 - \exp \left[-\frac{l_1}{u_1} \left(k^{j1}_{O_3} + k^{j1}_{OЖ1} \right) - \frac{l_2}{u_2} \left(k^{j2}_{O_3} + k^{j2}_{OЖ2} \right) \right]. \quad (4)$$

Из данных выражений видно, что эффективность очистки зависит от конструктивных параметров электрофильтра, таких как длина активной части осадительного электрода l и межэлектродного расстояния h , от скорости воздушного потока u , напряжённости электрического поля, а также коэффициентов абсорбции вредных газов омывающей жидкостью $k_{ОЖ}$ и коэффициентов окисления вредных газов озоном k_{O_3} .

Системы очистки вытяжного вентиляционного воздуха на основе ДМЭФ прошли комплексные производственные испытания в свинокомплексах Челябинской и Тюменской областей, в частности в свинокомплексе ООО «Каштак», Красногорском свинокомплексе и свинокомплексе ООО «Согласие» [9, 10].

Производственные испытания показали высокую эффективность по очистке вытяжного вентиляционного воздуха животноводческих помещений от пыли (до 95 %), микроорганизмов (до 77 %), сероводорода (до 50 %) и аммиака (до 84 %) (рис. 5).

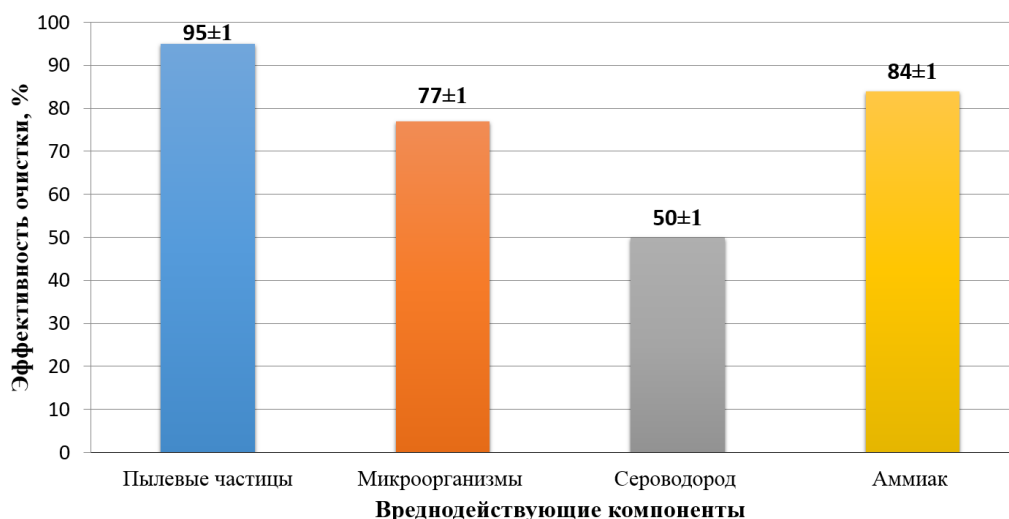


Рис. 5. Эффективность ДМЭФ по очистке вентиляционного воздуха

Выводы

1. Актуальность проблемы очистки и обеззараживания вытяжного вентиляционного воздуха животноводческих помещений от пыли, микроорганизмов и вредных газов не поддается сомнению.
2. Для животноводческих помещений разработан специальный двухступенчатый мокрый электрофильтр, позволяющий производить высокоэффективную очистку и обеззараживание вытяжного вентиляционного воздуха.
3. Комплексные производственные испытания опытного образца ДМЭФ показали высокую эффективность по очистке вытяжного вентиляционного воздуха животноводческих помещений от пыли (до 95 %), микроорганизмов (до 77 %), сероводорода (до 50 %) и аммиака (до 84 %).

Литература

1. Юшин С.А. Россия в мировом производстве и торговле мясом. Состояние и перспективы после вступления в ВТО // Стратегия развития мясной промышленности России в условиях глобализации мировой экономики: мат-лы II Междунар мясного конгресса. – М., 2012. – URL: <http://sfera.fm/articles/myasnaya-promyshlennost-rossii-v-mirovom-proizvodstve>.
2. Возмилов А.Г. Электроочистка и электрообеззараживание воздуха в промышленном животноводстве и птицеводстве: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Челябинск, 1993. – 37 с.
3. Анализ систем очистки воздуха в животноводческих и птицеводческих комплексах / А.Г. Возмилов, В.Б. Файн, Л.Н. Андреев [и др.] // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2014. – Т. 10. – № 4. – С. 45–51.
4. Очистка вентиляционного воздуха свиноферм / А.А. Дмитриев, А.Г. Возмилов, Л.Н. Андреев [и др.] // Свиноводство. – 2015. – № 2. – С. 19–20.
5. Андреев Л.Н. Разработка и исследование мокрого однозонного электрофильтра для очистки рециркуляционного воздуха животноводческих помещений: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск, 2010. – 24 с.
6. Пат. 2343362. Российская Федерация, МПК F24F3/16. Мокрый однозонный электрофильтр / Возмилов А.Г., Мишагин В.Н., Андреев Л.Н., Астафьев Д.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Челябинский государственный агроинженерный университет». – № 2007124044/06; заяв. 26.06.2007; опубл. 10.01.2009; приор. 26.06.2007.

7. Об основных задачах, решаемых при проектировании мокрых электрофильтров / А.Г. Возмилов, Л.Н. Андреев, А.А. Дмитриев [и др.] // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2014. – Т. 10. – № 1. – С. 24–28.
8. Разработка полной методики расчёта эффективности очистки воздуха от пыли, микроорганизмов и вредных газов с помощью двухступенчатого мокрого электрофильтра / А.Г. Возмилов, Л.Н. Андреев, А.А. Дмитриев [и др.] // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2013. – Т. 9. – № 4. – С. 60–65.
9. Энергосберегающие технологии микроклимата / А.Г. Возмилов, Л.Н. Андреев, Н.И. Смолин [и др.] // Свиноводство. – 2014. – № 8. – С. 52–55.
10. Результаты производственных испытаний мокрого электрофильтра / А.Г. Возмилов, Л.Н. Андреев, Д.В. Астафьев [и др.] // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 8. – С. 185–191.

Literatura

1. Yushin S.A. Rossiya v mirovom proizvodstve i torgovle myasom. Sostoyanie i perspektivy posle vstupleniya v VTO // Strategiya razvitiya myasnoi promyshlennosti Rossii v usloviyah globalizatsii mirovoi ehkonomiki: mat-ly II Mezhdunar. myasnogo kongressa. – M., 2012. – URL: <http://sfera.fm/articles/myasnaya-promyshlennost-rossii-v-mirovom-proizvodstve>.
2. Vozmilov A.G. Elektroochistka i ehlektroobezrazhivanie vozduha v promyshlennom zhivotnovodstve i pticevodstve: avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk. – Chelyabinsk, 1993. – 37 s.
3. Analiz sistem ochistki vozduha v zhivotnovodcheskih i pticevodcheskih kompleksah / A.G. Vozmilov, V.B. Fajn, L.N. Andreev [i dr.] // Elektrotekhnicheskie i informacionnye komplekсы i sistemy. – 2014. – Т. 10. – № 4. – С. 45–51.
4. Ochistka ventilyacionnogo vozduha svinoferm / A.A. Dmitriev, A.G. Vozmilov, L.N. Andreev [i dr.] // Svinovodstvo. – 2015. – № 2. – С. 19–20.
5. Andreev L.N. Razrabotka i issledovanie mokrogo odnozonnogo ehlektrofil'tra dlya ochistki recirkulyacionnogo vozduha zhivotnovodcheskih pomeshchenij: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. – Chelyabinsk, 2010. – 24 s.
6. Pat. 2343362. Rossiyskaya Federatsiya, MPK F24F3/16. Mokryy odnozonnij ehlektrofil'tr / Vozmilov A.G., Mishagin V.N., Andreev L.N., Astaf'ev D.V.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Челябинский государственный агроинженерный университет». – № 2007124044/06; заяв. 26.06.2007; опubl. 10.01.2009; prior. 26.06.2007.
7. Ob osnovnykh zadachah, reshaemykh pri proektirovanii mokrykh ehlektrofil'trov / A.G. Vozmilov, L.N. Andreev, A.A. Dmitriev [i dr.] // Elektrotekhnicheskie i informacionnye komplekсы i sistemy. – 2014. – Т. 10. – № 1. – С. 24–28.
8. Razrabotka polnoi metodiki raschyota ehffektivnosti ochistki vozduha ot pyli, mikroorganizmov i vrednykh gazov s pomoshch'yu dvuhstupenchatogo mokrogo ehlektrofil'tra / A.G. Vozmilov, L.N. Andreev, A.A. Dmitriev [i dr.] // Elektrotekhnicheskie i informacionnye komplekсы i sistemy. – 2013. – Т. 9. – № 4. – С. 60–65.
9. Energosberegayushchie tekhnologii mikroklimata / A.G. Vozmilov, L.N. Andreev, N.I. Smolin [i dr.] // Svinovodstvo. – 2014. – № 8. – С. 52–55.
10. Rezul'taty proizvodstvennykh ispytaniy mokrogo ehlektrofil'tra / A.G. Vozmilov, L.N. Andreev, D.V. Astaf'ev [i dr.] // Vestn. KrasGAU. – 2013. – № 8. – С. 185–191.

