

УДК 631.3:628.8

Визначення параметрів осаджуючого електрода електротехнологічного засобу для очищення повітряного середовища тваринницьких приміщень від шкідливих газів і бактеріальної забрудненості

Герасимчук Ю. В.,

к.т.н., пров. н. с., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», e-mail: ger_yuri1949@ukr.net

Адаменко О. І.,

д.т.н., проф., Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», тел.: 044-424-00-07

Лавріщев О. О.,

аспірант, Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

Новосилецький Ю. Л.,

викладач, Житомирський агротехнічний коледж

Анотація

Мета. Отримати залежність для визначення маси хімічного адсорбенту, який утримується на обертовому осаджуючому електроді електротехнологічного засобу, з урахуванням кінетики процесу очищення повітря тваринницьких приміщень від шкідливих газів і бактеріальної забрудненості за комплексного використання електрофізичних і хімічних методів знезараження й очищення.

Методи. Аналіз впливу хімічного адсорбенту і поля коронного розряду на ефективність очищення повітря тваринницьких приміщень від шкідливих газів та бактеріальної забрудненості. Експериментальні дослідження для визначення основних параметрів осаджуючого електрода електротехнологічного засобу.

Результати. Схема електротехнологічного засобу з комплексним використанням електрофізичних і хімічних методів очищення та знезараження рециркуляційного повітря вентиляційних викидів від аміаку, вуглекислого газу, сірководню і бактеріальної забрудненості.

Поліноміальна залежність для визначення маси хімічного адсорбенту, який утримується на обертовому осаджуючому електроді.

Висновки. Комплексне використання електротехнологічного засобу для очищення повітря від шкідливих газів і бактеріальної забрудненості потоку рециркуляційного повітря та утилізації теплоти вентиляційних викидів із реалізацією захисту від обмерзання теплообмінної поверхні рекуперативних теплоутилізаторів дозволяє зменшити рівень повітрообміну та суттєво скоротити енерговитрати на забезпечення нормативного повітряного середовища тваринницьких приміщень у холодний період року. На диски осаджуючих електродів електротехнологічного засобу для очищення й знезараження рециркуляційного повітря вентиляційних викидів необхідно закріплювати полімерну сітку з площею чарунок 16 мм², а частоту обертання дисків підтримувати в межах від 0,25 с⁻¹ до 1 с⁻¹.

Ключові слова: мікроклімат, теплоутилізатор, рекуператор, очищення повітря, коронний розряд, осаджуючий електрод.

UDC 631.37:621.3

Determination parameters of the precipitating electrode of the electrotechnical means for cleaning air of livestock buildings from harmful gases and bacterial contamination

Gerasymchuk Y. V.,

Ph. D., Senior Research Fellow Head of department, NSC "IAEE",
e-mail: ger_yuri1949@ukr.net

Adamenko O. I.,

d. tech. Sciences, Prof., NSC "IAEE", tel.: 044-424-00-07

Lavrishchev A. A.,
postgraduate, NSC "IAEE"
Novoselytskiy Y. L.,
lecturer, Zhytomyr Agrotechnical College

Annotation

Purpose. Get dependence to determine the mass of the chemical adsorbent which is contained on the rotating precipitating electrode of the electro-technical means, taking into account the kinetics of the process of air purification of livestock buildings from harmful gases and bacterial contamination with the complex use of electrophysical and chemical methods of decontamination and air purification.

Methods. Analysis of the influence of chemical adsorbent and crown discharge field on the efficiency of air purification of livestock buildings from harmful gases and bacterial contamination. Experimental researches for determination of basic parameters of a precipitating electrode of an electrotechnical means.

Results. Scheme of the electrotechnical means with the complex using of electrophysical and chemical methods of purification and disinfection of recirculation air of ventilation emissions from ammonia, carbon dioxide, hydrogen sulfide and bacterial contamination. Polynomial dependence for

determining the mass of a chemical adsorbent which is contained on a rotating depositing electrode.

Conclusions. Complex using of the electrotechnical means for air purification from harmful gases and bacterial contamination of the recirculation air flow and the utilization heat of ventilation emissions with the implementation anti-icing protection heat exchange surface of the recuperative heat utilizers allows to reduce the level of air exchange and significantly reduce energy costs to provide regulatory airspace of livestock buildings in the cold season. On the disks of precipitating electrodes of an electrotechnical mean for cleaning and disinfection of recirculation air of ventilation emissions, it is necessary to fix a polymer mesh with an area of cellules of 16 mm², and the frequency rotation of the discs to support within the range from 0.25 s⁻¹ to 1 s⁻¹.

Keywords: microclimate, heat utilizer, recuperate, air purification, corona discharge, precipitating electrode.

УДК 631.3:628.8

Определение параметров осаждающего электрода электротехнологического средства для очистки воздушной среды животноводческих помещений от вредных газов и бактериальной загрязненности

Герасимчук Ю. В.,
к.т.н., вед. н. с., ННЦ «ИМЭСХ», e-mail: ger_yur1949i@ukr.net
Адаменко А. И.,
д. т. н., проф., ННЦ «ИМЭСХ», тел.: 044-424-00-07
Лаврищев О. О.,
аспирант, ННЦ «ИМЕСГ»
Новосилецкий Ю. Л.,
преподаватель, Житомирский агротехнический колледж

Аннотация

Цель исследований. Получить зависимость для определения массы химического адсорбента, который удерживается на вращающемся электроде электротехнологического средства, с учетом кинетики процесса очистки воздуха животноводческих помещений от вредных газов и бактериальной загрязненности при комплексном использовании электрофизических и химических методов обеззараживания и очистки.

Методы. Анализ влияния химического адсорбента и поля коронного разряда на эффективность очистки воздуха животноводческих помещений от вредных газов и бактериальной

загрязненности. Экспериментальные исследования для определения основных параметров осаждающего электрода электротехнологического средства.

Результаты. Схема электротехнологического средства с комплексным использованием электрофизических и химических методов очистки и обеззараживания рециркуляционного воздуха вентиляционных выбросов от аммиака, углекислого газа, сероводорода и бактериальной загрязненности. Полиномиальная зависимость для определения массы химического адсорбента, который удерживается на вращающемся осаждающем электроде.

Выводы. Комплексное использование электротехнологического средства для очистки воздуха от вредных газов и бактериальной загрязненности потока рециркуляционного воздуха и утилизации теплоты вентиляционных выбросов с реализацией защиты от обледенения теплообменной поверхности рекуперативных теплоутилизаторов позволяет уменьшить уровень воздухообмена и существенно сократить энергозатраты на обеспечение нормативной воздушной среды животноводческих помещений в холодный период года. На диски осаждающих электродов электротехнологического средства для очистки и обеззараживания рециркуляционного воздуха вентиляционных выбросов необходимо закреплять полимерную сетку с площадью ячеек 16 мм^2 , а частоту вращения дисков поддерживать в пределах от $0,25 \text{ с}^{-1}$ до 1 с^{-1} .

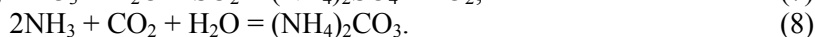
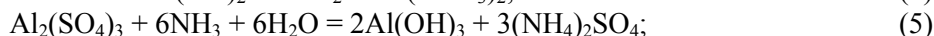
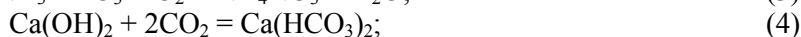
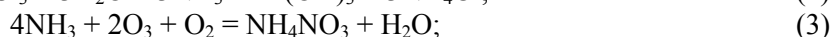
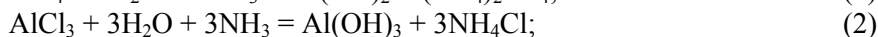
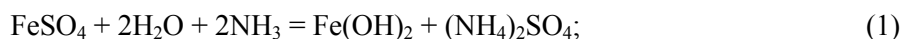
Ключевые слова: микроклимат, теплоутилизатор, рекуператор, очистка воздуха, коронный разряд, осаждающий электрод.

Постановка проблеми. У результаті переведення на промислові методи виробництва продукції тваринництва і птахівництва виникло ряд важливих проблем, які потребують вирішення. Одна з них пов'язана з підтриманням у виробничих приміщеннях такого повітряного середовища, яке забезпечує ефективне використання тваринами і птицею поживних речовин кормів для отримання максимальної їхньої продуктивності. Підтримання у тваринницьких і птахівничих приміщеннях, особливо в холодний і перехідний періоди року, параметрів мікроклімату, які гарантують максимальну і рентабельну реалізацію генетичного потенціалу продуктивності тварин і птиці, потребує значних енергетичних витрат. Такі енерговитрати збільшують енергоємність продукції агропромислового виробництва та валового внутрішнього продукту, який в декілька разів перевищує показники країн Західної Європи з такими ж, як і в Україні кліматичними умовами [1, 2]. Тому розроблення енергоефективних електротехнологічних засобів для агропромислового виробництва, зокрема і для забезпечення нормативного повітряного середовища виробничих приміщень, є задачею важливою й актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У переліку заходів, направлених на збільшення енергоефективності економіки, передбачено широке використання вторинних джерел енергії. Вторинна енергія утворюється з первинної внаслідок неповного її використання в технологічних процесах. У тваринництві – це тепла енергія, яка

видаляється в навколишнє середовище з викидним вентиляційним повітрям, яка витрачається разом з екскрементами та продуктами горіння палива в системах опалення виробничих приміщень [3]. Використання теплової енергії вентиляційних викидів для підігріву припливного повітря рекуперативними теплоутилізаторами [4] в системах вентиляції й опалення тваринницьких приміщень [5-7] зменшує до 50% енерговитрати, які необхідні для забезпечення нормативного повітряного середовища.

Сучасні технології створення мікроклімату, крім насичення киснем повітряного середовища тваринницьких і птахівничих приміщень, забезпечують видалення шкідливих компонентів життєдіяльності тварин, тому вимагають у 10–15 разів більшого повітрообміну від необхідного для поновлення витрат кисню в процесі дихання [8]. Тому використання засобів для очищення повітря від шкідливих газів і бактеріальної забрудненості безпосередньо в виробничих приміщеннях дозволяє зменшити рівень повітрообміну та скоротити до 47% енерговитрати на забезпечення мікроклімату [9]. Проведені дослідження показали, що перспективним є комплексне використання утилізації теплоти вентиляційних викидів та очищення повітря від шкідливих газів і бактеріальної забрудненості потоку рециркуляційного повітря з реалізацією захисту від обмерзання теплообмінної поверхні рекуперативних теплоутилізаторів [10, 11]. Водночас для очищення потоків рециркуляційного повітря можуть застосовуватись іонообмінні фільтри [8, 12] та установки з хімічним очищення повітря, в яких як адсорбенти використовуються розчини вапна, сульфату заліза, хлористого алюмінію, лимонної кислоти, сульфату алюмінію тощо [13, 14]. Відома значна кількість робіт присвячених електрофізичним методам очищення й знезараження повітряного середовища тваринницьких приміщень. Основним діючим фактором таких методів оброблення потоку повітря є озон, який генерується полем коронного розряду або ультрафіолетовим випромінюванням ламп. Найбільш ефективним є поєднання електрофізичних і хімічних методів у системах очищення й знезараження рециркуляційного повітря вентиляційних викидів від аміаку, вуглекислого газу, сірководню і бактеріальної забрудненості [9, 15-18] При цьому відбуваються такі хімічні реакції:



Унаслідок цих реакцій утворюються нетоксичні речовини, що мають удобрювальні властивості [9, 14, 15].

Використання таких електротехнологічних засобів комплексного очищення й знезараження рециркуляційного повітря аерогідродинамічного типу чи на базі мокрого однозонного електрофільтра дозволяє зменшити до 50% енерговитрати на створення нормативних параметрів повітряного середовища тваринницьких приміщень у холодний період року [9, 19]. А проте під час обґрунтування конструкційного виконання і параметрів цих засобів не враховані ряд факторів, які впливають на ефективність їхньої роботи.

Мета досліджень. Отримати залежність для визначення маси хімічного адсорбенту, який утримується на обертовому осаджуючому електроді електротехнологічного засобу, з урахуванням кінетики процесу очищення

повітря тваринницьких приміщень від шкідливих газів і бактеріальної забрудненості за комплексного використання електрофізичних і хімічних методів знезараження й очищення.

Методи досліджень. Аналіз впливу хімічного адсорбенту і поля коронного розряду на ефективність очищення повітря тваринницьких приміщень від шкідливих газів та бактеріальної забрудненості. Експериментальні дослідження для визначення основних параметрів осаджуючого електрода електротехнологічного засобу.

Результати досліджень. Схема електротехнологічного засобу з комплексним використанням електрофізичних і хімічних методів очищення й знезараження рециркуляційного повітря вентиляційних викидів від аміаку, вуглекислого газу, сірководню і бактеріальної забрудненості приведена на рисунку 1.

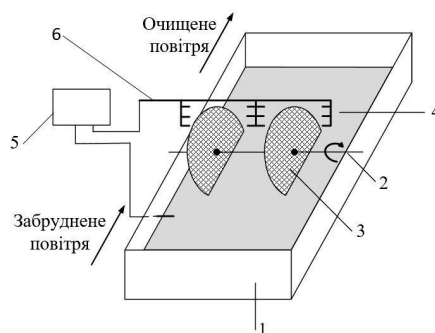


Рис. 1. Схема електротехнологічного засобу для очищення й знезараження рециркуляційного повітря вентиляційних викидів:

1 – ємність для розчину хімічного адсорбенту; 2 – вісь; 3 – обертові осаджуючі електроди; 4 – розчин хімічного адсорбенту; 5 – джерело високої напруги; 6 – коронуючі електроди

Fig. 1. Scheme of electrotechnical means for cleaning and disinfection of recirculation air of ventilation emissions:

1 – capacity for a solution of a chemical adsorbent; 2 – axis; 3 – rotating precipitating electrode; 4 – solution of chemical adsorbent; 5 – source of high voltage; 6 – crowning electrodes

Рециркуляційний потік повітря подається в зону очищення, яка створена коронуючими електродами 1 і осаджуючими електродами 2. Осаджуючі електроди виконані у вигляді дисків, що обертаються. На дисках закріплена сітка з полімерного матеріалу, що дозволяє збільшити масу відповідного розчи-

ну хімічного адсорбенту на поверхні осаджуючого електрода. Отже, створюється «розвинена поверхня» для взаємодії шкідливих газів і бактеріальної забрудненості рециркуляційного повітря з розчином адсорбенту за формулами (1)–(8). У полі коронного розряду між електродами 1 і 2 генерується

озон і створюється «електронний вітер», який направлений перпендикулярно до потоку рециркуляційного повітря. Тому біля поверхні осаджуючих електродів відбувається турбулізація потоку повітря, що збільшує інтенсивність його очищення й знезараження.

Цілком очевидно, що інтенсивність очищення потоку рециркуляційного повітря електротехнологічним засобом (рис. 1) залежить, зокрема, і від маси розчину хімічного адсорбенту, що знаходиться на поверхні обертових осаджуючих електродів 2. Для збіль-

шення цієї маси на обертових осаджуючих електродах закріплена сітка з полімерного матеріалу. Тому маса розчину хімічного адсорбенту на цих електродах залежить від розмірів чарунок полімерної сітки і частоти обертання дисків.

Для визначення залежності маси розчину хімічного адсорбенту, що утримується на обертових осаджуючих електродах, від розмірів чарунок полімерної сітки і частоти обертання дисків, розроблена лабораторна установка (рис. 2).

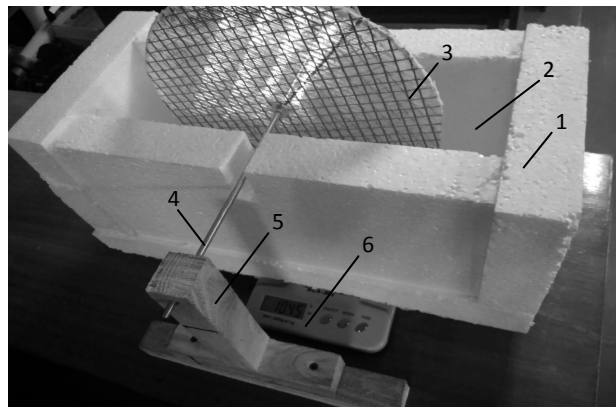


Рис. 2. Лабораторна установка для визначення маси розчину хімічного адсорбенту, що утримується на обертових осаджуючих електродах:

1 – ємність; 2 - хімічний адсорбент; 3 - диск із полімерною сіткою; 4 - вісь;
5 - опора; 6 – електронні ваги

Fig. 2. Laboratory unit for determining the mass solution of a chemical adsorbent which is contained on rotating precipitating electrode:

1 - capacity; 2 - chemical adsorbent; 3 - disk with a polymer mesh; 4 - axle;
5 - support; 6 - electronic scale

Над ємністю 1 із хімічним адсорбентом 2 розташований диск 3 з віссю 4, які закріплені на опорах 5. Ємність із хімічним адсорбентом встановлена на електронних вагах 6 типу SCA-301. Під час обертання диска 3 частина розчину хімічного адсорбенту 2 утримується на диску. За різницею показів електронної ваги 6 до початку обертання диска 3 і під час його обертання визначалась маса розчину хімічного адсорбенту, що утримується на диску.

Під час проведення досліджень площа чарунок полімерної сітки, яка закріплювалася на диску, змінювалася від 4 мм² до 100 мм², а частота обертання диска – від 0,2 с⁻¹ до 2 с⁻¹. Результати визначення маси розчину хімічного адсорбенту, що утримується на поверхні обертового осаджуючого електрода, приведена в таблиці.

Таблиця. Результати визначення маси розчину хімічного адсорбенту, яка утримується на поверхні обертового осаджуючого електрода

Table. Results of determination mass solution of the chemical adsorbent, which is held on the surface of the rotating depositing electrode

Габаритні розміри чарунок, мм ²	Частота обертання осаджуючого електрода, с ⁻¹				
	0,2	0,25	0,5	1	2
	Маса розчину хімічного адсорбенту, г				
4	22,7	34,7	39,3	37,7	35,3
16	27,0	37,7	42,3	39,7	37,0
36	25,3	34,7	39,7	36,3	33,0
100	24,0	32,0	34,7	33,0	31,3

Результати досліджень, які приведені в таблиці, апроксимовані поліноміальною залежністю з коефіцієнтом множинної детермінації $D = 0,524$ і коефіцієнтом множинної кореляції $R = 0,724$ як

$$m = 30,169 - 0,057 \cdot s + 19,08 \cdot \nu - 8,07 \cdot \nu^2, \quad (9)$$

де m - маса розчину хімічного адсорбенту, що утримується на поверхні обертового осаджуючого електрода, г;

S - площа чарунки полімерної сітки, яка закріплена на поверхні обертового осаджуючого електрода, мм^2 ;

ν - частота обертання осаджуючого електрода, с^{-1} .

Аналіз отриманих результатів досліджень показав, що на обертовий осаджуючий електрод доцільно закріплювати полімерну сітку з площею чарунки 16 мм^2 , а частота його обертання повинна знаходитися в межах від $0,25 \text{ с}^{-1}$ до 1 с^{-1} . Водночас на осаджуючому електроді утримується найбільша маса розчину хімічного адсорбенту.

Висновки. Комплексне використання електротехнологічного засобу для очищення повітря від шкідливих газів і бактеріальної забрудненості потоку рециркуляційного повітря та утилізації теплоти вентиляційних викидів із реалізацією захисту від обмерзання теплообмінної поверхні рекуперативних теплоутилізаторів дозволяє зменшити рівень повітрообміну та суттєво скоротити енерговитрати на забезпечення нормативного повітряного середовища тваринницьких приміщень у холодний період року. На диски осаджуючих електродів електротехнологічного засобу для очищення й знезараження рециркуляційного повітря вентиляційних викидів необхідно закріплювати полімерну сітку з площею чарунок 16 мм^2 , а частоту обертання дисків підтримувати в межах від $0,25 \text{ с}^{-1}$ до 1 с^{-1} .

Бібліографія

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року: схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 1071-р. URL: <http://document.ua/energetichna-strategija-ukrayini-na-period-do-2030-r.-doc195024.html>.

2. Петриченко В. Ф., Адамчук В. В., Мироненко В. Г., Герасимчук Ю. В. Наукове забезпечення ефективного застосування електрич-

ної енергії в технологічних процесах агропромислового виробництва. *Механізація та електрифікація сільського господарств: міжвідомчий тематичний науковий зб.* / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2014. Вип. 99, Т. 1. С. 14–33.

3. Адамовски Р., Адамовски Д. Использование вторичной теплоты вентиляционного воздуха для обогрева помещений в животноводстве. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2004. № 6. С. 16, 17.

4. СОУ 29.3–37–448: 2006. Техніка сільськогосподарська. Рекуперативні теплоутилізатори вентиляційних викидів тваринницьких приміщень. Основні параметри й загальні технічні вимоги. К.: Мінагрополітики України, 2006. 13 с.

5. ВНТП-АПК-01.05. Відомчі норми технологічного проектування. Скотарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми). К.: Мінагрополітики України, 2005. 112 с.

6. ВНТП-АПК-02.05. Відомчі норми технологічного проектування. Свилярські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми). К.: Мінагрополітики України, 2005. 98 с.

7. ВНТП-АПК-04.05. Відомчі норми технологічного проектування. Підприємства птахівництва. К.: Мінагрополітики України, 2005. 90 с.

8. Иванов Ю. А. Направления научных исследований по механизации и автоматизации животноводства. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2009. № 1 (8). С. 10–16.

9. Самарин Г. Н. Энергосберегающая система кондиционирования воздуха для ферм. *Техника в сельском хозяйстве*. 2007. № 4. С. 43, 44.

10. Герасимчук Ю. В., Довбненко О. Ф. Энергооградний спосіб створення нормативного повітряного середовища в тваринницьких і птахівничих приміщеннях. *Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний науковий зб.* / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2009. Вип. 93. С. 310–318.

11. Пат. на винахід № 86504. Спосіб утилізації теплоти вентиляційних викидів тваринницьких приміщень в холодний період року / Ю. В. Герасимчук, М. Т. Гірченко, О. Ф. Довбненко; ННЦ «ІМЕСГ». № а200708648; заявл. 27.07.2007; опубл. 27.04.2009, Бюл. № 8.

12. Севернев М. М., Шейко И. П. Неотложные проблемы животноводства. *Вестник национальной академии наук Беларуси: серия аграрных наук*. 2006. № 4. С. 67–70.

13. Самарин В. А., Макарова Г. В., Фомин В. Н., Самарин Г. Н., Сукиасян С. М. Энергосберегающая система оптимального микроклимата в животноводческих помещениях. *Техника в сельском хозяйстве*. 2007. № 3. С. 30, 31.

14. Кизь Т. В. Емісія аміаку у пташнику при додаванні до підстилки різних реагентів.

Птахівництво: міжвідомчий тематичний науковий зб. / ІП УААН. Харків, 2010. Вип. 65. С. 156–167.

15. Пат. № 2473213 Российская Федерация (RU). Способ и устройство очистки воздушной среды животноводческих и птицеводческих помещений / Е. К. Маркелова, Л. Н. Петров, В. Ю. Уханова, А. В. Тихомиров, Д. А. Тихомиров, А. Ф. Першин; Федеральное государственное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук» (ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии). № 2011109389/13; заявл. 14.03.2011; опубл. 20.09.2012, Бюл. № 26.

16. Соловьев М. С., Самарин Г. Н. Энергосберегающая рециркуляционная система микроклимата ферм с обеззараживателем воздуха. *Вестник ВНИИМЖ*. 2011. № 1. С. 59–62.

17. Довбненко О. Ф. Виробничі випробування експериментального зразка пристрою для очищення повітря тваринницьких приміщень від шкідливих газів. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний зб. /* ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2016. Вип. № 4 (103). С. 76–83.

18. Растрьгин В. Н., Тихомиров А. В., Тихомиров Д. А., Першин А. Ф. Система микроклимата с теплоутилизатором и озонатором воздуха. *Техника в сельском хозяйстве*. 2005. № 4. С. 7–10.

19. Возмилов А. Г., Фаин В. Б., Андреев Л. Н., Дмитриев А. А., Юркин В. В. Анализ систем очистки воздуха в животноводческих и птицеводческих комплексах. *Электротехнические и информационные комплексы и системы*. 2014. № 4. Т. 10. С. 45–52.

Bibliografija

1. Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2030 roku: skhvalena rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 24 lyupnia 2013 № 1071-r. URL: <http://document.ua/energetichna-strategija-ukrayini-na-period-do-2030-r.-doc195024.html>.

2. Petrychenko V. F., Adamchuk V. V., Myronenko V. H., Herasymchuk Yu. V. Naukove zabezpechennia efektyvnoho zastosuvannia elektrychnoi enerhii v tekhnolohichnykh protsesakh ahropromysloвого виробnytstva / *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstv: mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zb. /* NNTs «IMESH». Hlevakha, 2014. Vyp. 99, T. 1. S. 14–33.

3. Adamovsky R., Adamovsky D. Yspolzovanye vtorychnoi teploty ventyliatsyonnoho vozdukhа dlia obohrevа pomeshcheni v zhyvotnovodstve / *Mekhanizatsiia y elektryfikatsiia silskoho khoziaistva*. 2004. № 6. S. 16, 17.

4. SOU 29.3–37–448: 2006. Tekhnika silskohospodarska. Rekuperativni teploutylyzatory

ventyliatsiinykh vykydiv tvarynnytskykh prymishchen. *Osnovni parametry y zahalni tekhnichni vymohy*. K.: Minahropolityky Ukrainy, 2006. 13 s.

5. VNTP-APK-01.05. Vidomchi normy tekhnolohichnoho proektuvannia. Skotarski pidpriemstva (kompleksy, fermy, mali fermy). K.: Minahropolityky Ukrainy, 2005. 112 s.

6. VNTP-APK-02.05. Vidomchi normy tekhnolohichnoho proektuvannia. Svytnarski pidpriemstva (kompleksy, fermy, mali fermy). K.: Minahropolityky Ukrainy, 2005. 98 s.

7. VNTP-APK-04.05. Vidomchi normy tekhnolohichnoho proektuvannia. Pidpriemstva ptakhivnytstva. K.: Minahropolityky Ukrainy, 2005. 90 s.

8. Yvanov Yu. A. Napravleniya nauchnykh yssledovanyi po mekhanizatsii y avtomatyzatsii zhyvotnovodstva *Selskokhoziaistvennye mashyny y tekhnolohyy*. 2009. № 1 (8). S. 10–16.

9. Samaryn H. N. Enerhosberehaiushchaia systema kondytsionirovaniya vozdukhа dlia ferm. *Tekhnika v sel'skom khoziaistve*. 2007. № 4. S. 43, 44.

10. Herasymchuk Yu. V., Dovbnenko O. F. Enerhooshchadnyi sposib stvorennia normatyvnoho povitrianoho seredovyscha v tvarynnytskykh i ptakhivnychykh prymishchenniakh. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva: mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zb. /* NNTs «IMESH». Hlevakha, 2009. Vyp. 93. S. 310–318.

11. Pat. na vynakhid № 86504. Sposib utylizatsii teploty ventyliatsiinykh vykydiv tvarynnytskykh prymishchen v kholodnyi period roku/ Yu. V. Herasymchuk, M. T. Hirchenko, O. F. Dovbnenko; NNTs «IMESH». № a200708648; zaiavl. 27.07.2007; opubl. 27.04.2009, Biul. № 8.

12. Severnev M. M., Sheiko Y. P. Neotlozhnye problemy zhyvotnovodstva. *Vesty natsyonalnoi akademyy nauk Belarussyy: seryia ahrarnykh nauk*. 2006. № 4. S. 67–70.

13. Samaryn V. A., Makarova H. V., Fomyn V. N., Samaryn H. N., Sukyasian S. M. Enerhosberehaiushchaia systema optymalnoho mykroklymata v zhyvotnovodcheskykh pomeshcheniyakh. *Tekhnika v sel'skom khoziaistve*. 2007. № 3. S. 30, 31.

14. Kyz T. V. Emisiia amiaku u ptashnyku pry dodavanni do pidstylky riznykh reahentiv. *Ptakhivnytstvo: mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zb. /* IP UAAN. Kharkiv, 2010. Vyp. 65. S. 156–167.

15. Patent № 2473213 Rossiyskaia Federatsiia (RU). Sposob y ustroystvo ochystky vozdushnoi sredy zhyvotnovodcheskykh y ptytsevodcheskykh pomeshcheniy. / E. K. Markelova, L. N. Petrov, V. Yu. Ukhanova, A. V. Tykhomyrov, D. A. Tykhomyrov, A. F. Pershyn; Federalnoe hosudarstvennoe uchrezhdeniye “Vserossyyskiy nauchno-ysledovatel'skiy ynstytut elektryfikatsii sel'skoho khoziaistva Rossiyskoi akademyy sel'skokhoziaistvennykh nauk” (HNU VYĖSKh Rosselkhozakademyy). № 2011109389/13; zaiavl. 14.03.2011; opubl. 20.09.2012, Biul. № 26.

16. Solovlev M. S., Samaryn H. N. Enerho-sberhaiushchaia retsykuliatsyonnaia systema mykroklymata ferm s obezrazhyvatelem vozdukha. *Vestnyk VNIIMZh*. 2011. № 1. S. 59–62.

17. Dovbnenko O. F. Vyrobnychi vyprovuvannia eksperymentalnoho zrazka prystroiu dlia ochyshchennia povitria tvarynnytskykh prymishchen vid shkidlyvykh haziv. *Mekhanizatsiia ta elektrifikatsiia silskoho hospodarstva: zahalnodierzhavnyi zb. / NNTs «IMESH»*. Hlevakha, 2016. Vyp. № 4 (103). S. 76–83.

18. Растръгун В. Н., Тыхомыров А. В., Тыхомыров Д. А., Першин А. Ф. Systema mykroklymata s teploutylyzatorom y ozonatorom vozdukha. *Tekhnika v selskom khoziaistve*. 2005. № 4. S. 7–10.

19. Vozmylov A. H., Fayn V. B., Andre-ev L. N., Dmytryev A. A., Yurkin V. V. Analiz system ochystky vozdukha v zhyvotnovodcheskykh y pytsevodcheskykh kompleksakh. *Elektrotekhnicheskyye y ynformatsyonnye kompleksy y systemy*. 2014. № 4. T. 10. S. 45–52.

References

1. Energy strategy of Ukraine for the period up to 2030: approved by the order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated July 24, 2013 № 1071-p. URL: <http://document.ua/energetichna-strategija-ukrayini-na-period-do-2030-r.-doc195024.html>.

2. Petrichenko V. F., Adamchuk V. V., Mironenko V. G., Gerasimchuk Yu. V. Scientific provision of efficient use of electric energy in technological processes of agro-industrial production. *Mechanization and electrification of agriculture: interdepartmental thematic scientific library / NSC “IAEE”*. Glevaha, 2014. Vol. 99, T. 1. P. 14-33.

3. Adamovsky R., Adamovsky D. Using of secondary heat of ventilation air for heating premises in livestock breeding. *Mechanization and electrification of agriculture*. 2004. № 6. P. 16, 17.

4. COY 29.3-37-448:2006. Agricultural machinery. Recuperative heat utilizers for ventilation emissions of livestock buildings. Basic parameters and general technical requirements. K.: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine, 2006. 13 p.

5. VNTP-APK-01.05. Departmental standards of technological design. Stock companies (complexes, farms, small farms). K.: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine, 2005. 112 p.

6. VNTP-APK-02.05. Departmental standards of technological design. Pig farms (complexes, farms, small farms). K.: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine, 2005. 98 p.

7. VNTP-APK-04.05. Departmental standards for technological design. Poultry breeding enterprises. K.: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine, 2005. 90 p.

8. Ivanov Yu. A. Directions of scientific research on the mechanization and automation of

livestock farming. *Agricultural machines and technologies*. 2009. № 1 (8). P. 10–16.

9. Samarin G. N. Energy-saving system for farm air conditioning *Technics in agriculture*. 2007. № 4. P. 43, 44.

10. Gerasimchuk Yu. V., Dovbnenko O. F. Energy-saving way of creating normative air environment in livestock and poultry facilities *Mechanization and electrification of agriculture: interdepartmental thematic scientific library / NSC “IAEE”*. Glevaha, 2009. Vol. 93. P. 310–318.

11. Patent for invention № 86504. Method for the heat utilizing of livestock buildings ventilation emissions in the cold period of the year / Yu. V. Gerasimchuk, M. T. Girchenko, O. F. Dovbnenko; NSC “IAEE”. No. a200708648; application. 27.07.2007; published April 27, 2009, Bull. № 8.

12. Severnev M. M., Sheyko I. P. Urgent Problems of Livestock Breeding. *National Academy of Sciences of Belarus: series of agrarian sciences*. 2006. № 4. P. 67-70.

13. Samarin V. A., Makarova G. V., Fomin V. N., Samarin G. N., Sukiasyan S. M. An energy-efficient system of optimum microclimate in livestock buildings. *Technics in agriculture*. 2007. № 3. P. 30, 31.

14. Kiz T. V. Emissions of ammonia in poultry houses when added to the litter of different reagents. *Poultry breeding: inter-departmental thematic scientific collection / IP UAAS*. Kharkiv, 2010. Vol. 65. P. 156-167.

15. Patent № 2444396 Russian Federation (RU). Method and device for cleaning the air environment of livestock and poultry facilities / E. K. Markelova, L. N. Petrov, V. Yu. Ukhanova, A. V. Tikhomirov, D. A. Tikhomirov, A. F. Pershin; Federal State Institution “Federal Center for Toxicological and Radiation Safety of Animals” (FGU FTSTRB VNIVI). № 2011109389/13; appl. 14.03.2011; publ. 20.09.2012, Bul. № 26.

16. Soloviev M. S., Samarin G. N. Energy-efficient recirculation system of microclimate farms with air disinfecting. *Bulletin VNIIMZH*. 2011. № 1. P. 59–62.

17. Dovbnenko O. F. Production tests of the experimental sample of the device for cleaning the air of livestock buildings from harmful gases. *Mechanization and electrification of agriculture: the national assembly / NSC “IAEE”*. Glevaha, 2016. Vol. 4 (103). P. 76–83.

18. Растръгун В. Н., Тихомыров А. В., Тихомыров Д. А., Першин А. Ф. Microclimate system with heat exchanger and air ozonizer. *Technics in agriculture*. 2005. Vol. 4. P. 7–10.

19. Vozmilov A. G., Fain V. B., Andre-ev L. N., Dmitriev A. A., Yurkin V. V. Analysis of air purification systems in livestock and poultry farms. *Electrical and information systems and systems*. 2014. Vol. 4. T. 10. P. 45–52.