

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.95

DOI: 10.26897/2687-1149-2022-3-45-50

**ИСПЫТАНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ  
ДЛЯ ОБЕСПЫЛИВАНИЯ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОЗДУХА В ПТИЧНИКЕ****ЮФЕРЕВ ЛЕОНИД ЮРЬЕВИЧ**, *д-р техн. наук, доцент, главный научный сотрудник*<sup>1</sup>

leouf@yandex.ru

**СЕЛЕЗНЕВА ДАРЬЯ МИХАЙЛОВНА** , *старший преподаватель*<sup>2</sup>energo-dms@rgau-msha.ru <sup>1</sup> Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5<sup>2</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

**Аннотация.** Проблема загрязнения воздуха помещений сельскохозяйственного назначения ведет к уменьшению привеса живой массы животных и птиц, росту заболеваемости, а также к ухудшению санитарных условий труда работников. В воздухе птичников содержатся как пылевые частицы различного происхождения и размеров, так и болезнетворные микроорганизмы и вредные газы. Поэтому к очистке воздуха в птицеводческих помещениях необходимо подходить комплексно. Для решения данной проблемы предложено использовать комбинированную электроустановку для очистки воздуха, в которой используются два метода очистки воздуха: электрофильтрация и ультрафиолетовое излучение. Испытания проводились на двух группах птенцов перепелок по 35 шт. в каждой группе. Содержание птенцов – клеточное в боксе. Концентрацию пылевых частиц в воздухе птичника определяли с помощью ПК-ГТА 0,3-002, параметры и химических состав воздуха – приборами «Метеоскоп-М», «Testo 440» и газоанализатором Н-320. Замер проводился после 3-х ч работы установки в центре помещения на высоте 1 м от пола. Достоверность результатов подтверждена многократной повторностью исследований и воспроизводимостью полученных сведений, использованием общепринятых методов, приборов и математической обработкой результатов. Проведено исследование зависимостей концентрации пылевых частиц, количества газовых составляющих от времени работы комбинированной электроустановки для очистки воздуха, определено влияние санации воздуха на живую массу птиц. Экспериментально установлено, что использование комбинированной электроустановки в боксе с птенцами перепелов привело к уменьшению бактерицидной обсемененности помещения на 59%, снижению концентрации углекислого газа почти на 4% и аммиака на 45% по сравнению с контрольным боксом. Применение комбинированной электроустановки в течение месяца по 3 ч в день позволило увеличить прирост живой массы цыплят на 28-й день на 20,3%.

**Ключевые слова:** обеспыливание, обеззараживание, электрофильтр, озонирование, ультрафиолетовое излучение, бактерицидная лампа.

**Формат цитирования:** Юферев Л.Ю., Селезнева Д.М. Испытания комбинированной электроустановки для обеспыливания и обеззараживания воздуха в птичнике // Агроинженерия. 2022. Т. 24. № 3. С. 45-50. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-3-45-50>.

© Юферев Л.Ю., Селезнева Д.М., 2022



## ORIGINAL PAPER

**TESTING A COMBINED ELECTRICAL INSTALLATION  
FOR DUST DEPARATION AND AIR DISINFECTION IN A POULTRY HOUSE****LEONID YU. YUFEREV**, *DSc (Eng), Associate Professor, Chief Researcher*<sup>1</sup>

leouf@yandex.ru

**DARYA M. SELEZNEVA** , *Senior Lecturer*<sup>2</sup>energo-dms@rgau-msha.ru <sup>1</sup> Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 5, 1<sup>st</sup> Institutsky Proezd Str., Moscow, 109428, Russian Federation<sup>2</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation

**Abstract.** The problem of air pollution in agricultural premises leads to a decrease in the weight gain of animals and poultry, an increase in morbidity, as well as a deterioration in the sanitary working conditions. The air in poultry houses contains dust particles of various origins and sizes, as well as pathogens and harmful gases. Therefore, air purification in poultry premises must be approached comprehensively. An analysis of the air purification installations used in agricultural premises showed that these installations do not have a high efficiency of dedusting and disinfection at the same time. To solve this problem, the authors propose to use a combined electrical installation for air purification, which uses two electrotechnological methods of air purification – electrofiltration and ultraviolet

radiation. Tests were carried out on two groups of 35 quail chicks in each group. The chicks were kept in a box according to the cage housing method. Concentration of dust particles in the air of the poultry house was determined with PC-GTA 0.3-002, air parameters and chemical composition – with Meteoroscope-M, Testo 440 and H-320 gas analyser. Measurements were taken after 3 hours of operation in the center of the room at a height of 1 m above the floor. The reliability of the results was confirmed by multiple repetitions of studies and reproducibility of the obtained data, the use of conventional methods, devices and mathematical processing of the results. The relationships between the concentration of dust particles, quantity of gas components, and the operating time of the combined electric air-cleaning unit were studied, the effect of air sanitation on the living weight of poultry was determined. It was experimentally established that the use of the hybrid electrical installation in a box with quail chicks led to a decrease in the bactericidal contamination of the room by 59%, the concentration of carbon dioxide by almost 4% and ammonia by 45% as compared with the control box. The use of the proposed installation increased the gain in the live weight of chicken by 20.3% on day 28.

**Key words:** dedusting, disinfection, electrostatic precipitator, ozonation, ultraviolet radiation, bactericidal lamp.

**For citation:** Yuferev L. Yu., Selezneva D.M. Testing a combined electrical installation for dust deparation and air disinfection in a poultry house. *Agricultural Engineering (Moscow)*, 2022; 24(3): 45-50. (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-3-45-50>.

**Введение.** Для крупных животноводческих и птицеводческих комплексов характерна высокая плотность посадки животных и птиц. Вследствие этого в закрытом помещении, а также за пределами животноводческих и птицеводческих комплексов в воздух выделяется значительное количество различных вредных составляющих (пыль, микроорганизмы, газы).

Концентрация пыли, микроорганизмов и вредодействующих газов (аммиак, сероводород, углекислый газ, кишечные газы и др.) в животноводческих и птицеводческих помещениях зависит от ряда факторов и, как правило, значительно превышает предельно допустимые концентрации (ПДК).

Установлено, что система вентиляции крупных птицеводческих комплексов выбрасывает за 1 ч в окружающую среду до 13,3 кг пыли, 175 млрд бактерий. Системой вентиляции комплекса на 10 тыс. телят за 1 ч в холодное время года удаляется до 6,2 кг пыли, 103,9 млрд микробных тел [1].

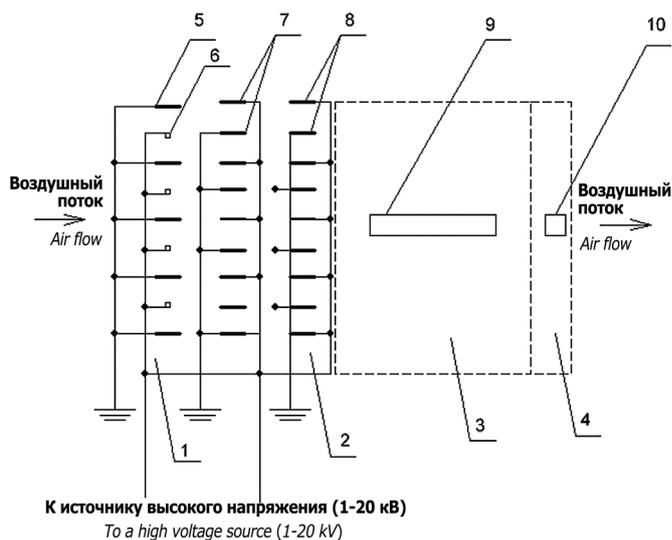
Превышение ПДК пыли, микробных тел и газов ведет к росту заболеваемости животных и птиц, нарушению гигиенических условий труда, также негативно влияет на окружающую среду и оборудование.

В большинстве случаев в сельском хозяйстве проблему очистки воздуха решают при помощи вентилирования воздуха. Но важно иметь в виду то, что, например, уровень аммиака пропорционален интенсивности вентиляции. В результате, если вентиляция снижается на 50% в ночное время, поскольку, как правило, работает по минимальному режиму, высока вероятность того, что концентрация аммиака может быть в два раза выше ночью, чем она была в течение дня. Тот факт, что качество воздуха может резко меняться от дня к ночи, может привести к нарушению санитарных норм воздушной среды сельскохозяйственных помещений [2-4]. Поэтому проблема очистки воздуха в животноводческих и птицеводческих помещениях является весьма актуальной для современного сельского хозяйства.

**Цель исследований:** исследовать зависимости концентрации пылевых частиц, количества газовых составляющих от времени работы комбинированной электроустановки для очистки воздуха, определить влияние санации воздуха на живую массу птиц.

**Материалы и методы.** Для обеспыливания и обеззараживания воздуха применена комбинированная электроустановка (рис. 1), в которой используются два электро-технологических метода очистки воздуха: электрофильтрация и ультрафиолетовое излучение [5-7]. Применение данных методов в определенной последовательности

в одной установке позволит повысить бактерицидную эффективность очистки вследствие уменьшения коэффициента пропускания излучения средой при прочих неизменных параметрах [6].



**Рис. 1. Комбинированная электроустановка (вид сверху):**

- 1 – ионизатор; 2 – осадитель;
- 3 – зона бактерицидного излучения;
- 4 – озоноразрушающая зона;
- 5 – заземленный электрод ионизатора;
- 6 – коронирующий электрод ионизатора;
- 7, 8 – электроды осадителя; 9 – бактерицидная лампа;
- 10 – озоноразрушающая лампа

**Fig. 1. Combined electrical installation (top view):**

- 1 – ionizer; 2 – precipitant; 3 – zone of bactericidal radiation;
- 4 – ozone depleting zone; 5 – grounded ionizer electrode;
- 6 – corona electrode of the ionizer; 7, 8 – precipitator electrodes;
- 9 – bactericidal lamp; 10 – ozone-destroying lamp

Основные элементы электроустановки (рис. 1):

1 – источник высокого напряжения по схеме генератора высоких импульсов, который позволит получать выпрямленное регулируемое напряжение на электродах установки от 3 до 6 кВ;

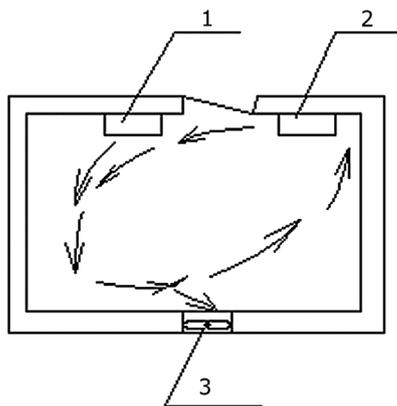
2 – зона осаждения, представляющая собой раму с металлическими пластинами 7 и 8;

6 – коронирующие металлические электроды, имеющие заостренные выступы на боковых поверхностях игл, что позволяет увеличить разность потенциалов между электродами (межэлектродное расстояние составляет 12 мм);

9 – лампа бактерицидная ультрафиолетовая Osram HNS, являющаяся лампой низкого давления из увиолевого стекла для обеззараживания воздуха и воды;

10 – лампа ДРТ-125. Максимальная спектральная мощность приходится на длину волны порядка 350 нм. Лампа имеет озоноразрушающее воздействие, что важно при работе электрофильтров в присутствии животных, птиц и человека [8, 9].

Производительность комбинированной электроустановки составляет 20 м<sup>3</sup>/ч. Расположение установки в опытном боксе представлено на рисунке 2.



**Рис. 2. Расположение электроустановки в опытном боксе (вид сверху):**

1 – система вентиляции птичника; 2 – электроустановка; 3 – вытяжной вентилятор

**Fig. 2. Location of the electrical installation in the experimental box (top view):**

1 – poultry ventilation system; 2 – electrical installation; 3 – exhaust fan

Испытания комбинированной электроустановки в птицеводческом помещении было проведено на базе тимирязевского птичника. Испытания проводились на двух группах птенцов перепелок по 35 шт. в каждой группе. До посадки здоровых птенцов проводилась механическая дезинфекция, а именно: механическая очистка, мойка боксов и оборудования, далее проводилась аэрозольная обработка поверхностей и оборудования. Птенцы выращивались в клетках до возраста 28 дней. Содержание птенцов – клеточное в боксе размером 310 × 268 см высотой 280 см.

При микробиологическом исследовании поверхности в помещениях птичника делался смыв, полученный при помощи стерильной марлевой салфетки размером 5 × 5 см, смоченной стерильным физиологическим раствором. Затем салфетка встряхивалась в пробирке с определенным количеством физраствора в течение 10 мин для десорбции микробов с салфетки. Количество микроорганизмов в смывной жидкости определялось методом глубинного посева с последующим пересчетом колоний.

Концентрацию пылевых частиц в воздухе птичника определяли с помощью счетчика аэрозольных частиц ПК-ГТА 0,3-002, параметры и химического состава воздуха – приборами «Метеоскоп-М», «Testo 440» и газоанализатором Н-320. Достоверность результатов подтверждена многократной повторностью исследований и воспроизводимостью полученных сведений, использованием общепринятых методов, приборов и математической обработкой результатов.

**Результаты и их обсуждение.** Для определения оптимального режима работы электроустановки были произведены замеры концентрации пылевых частиц через 1 ч работы в течение 4-х ч. Исследования [5] показали, что оптимальный режим работы многозонного электрофильтра составляет 3 ч, затем эффективность обеспыливания возрастает незначительно.

На первом этапе производственного исследования был проведен эксперимент по выявлению запыленности птицеводческого помещения (рис. 3).



**Рис. 3. Проведение испытаний комбинированной электроустановки в птицеводческом помещении**

**Fig. 3. Testing the combined electrical installation in a poultry house**

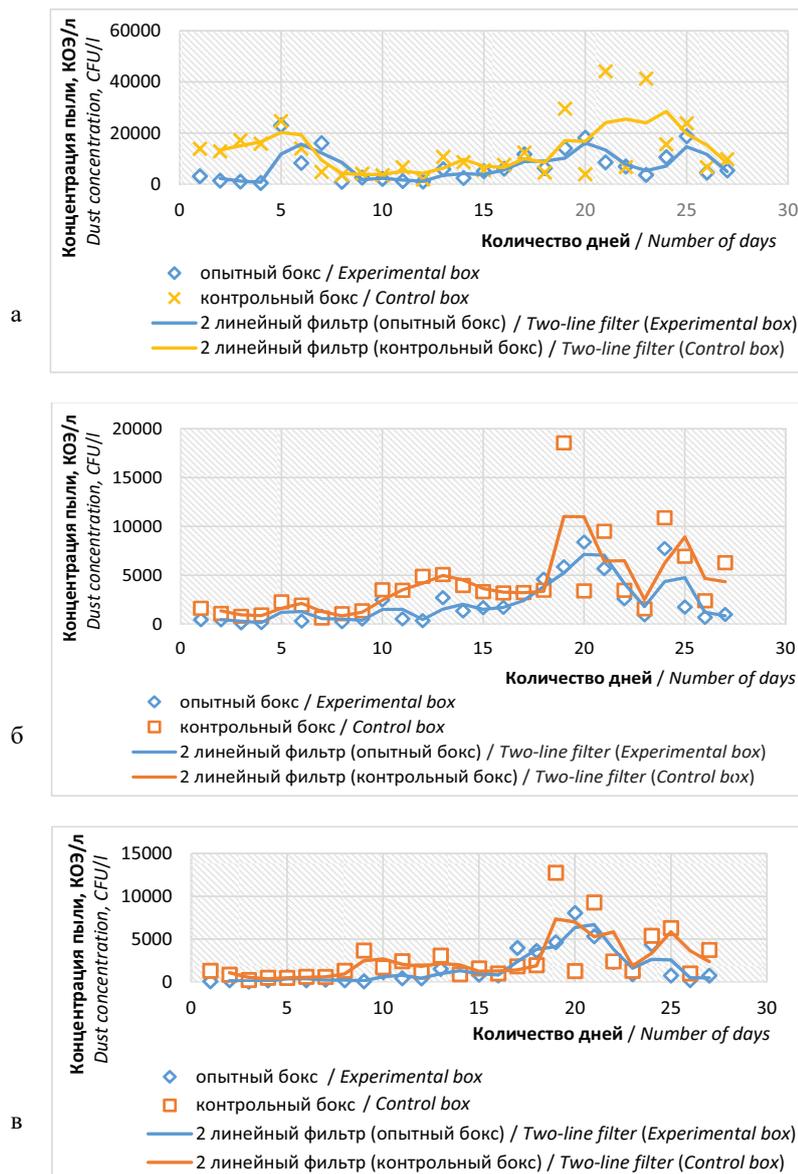
Поскольку пыль в комбинированной электроустановке оседает на электродах, данные элементы нуждаются в очистке. С этой целью первые испытания были направлены на определение времени технического обслуживания данной установки. Концентрацию пылевых частиц замеряли в двух одинаковых боксах (опытный и контрольный) с 35 птенцами перепелок в каждом боксе на протяжении 28 дней. В опытном боксе замер делали после 3-х ч работы установки в центре помещения на высоте 1 м от пола. Результаты исследований представлены на рисунке 4.

Из рисунка 4 следует, что при работе комбинированной электроустановки в течение трех часов на протяжении 28 дней на 5-е сутки концентрация пылевых частиц менее 0,5 мкм возрастает. Это говорит о необходимости проведения очистки осадительных электродов от осевшей пыли. Также вне зависимости от размеров пылевых частиц в боксе с электроустановкой для обеспыливания и обеззараживания воздуха концентрация пыли снижается.

На втором этапе исследований определялось количество микроорганизмов и вредных газовых составляющих в опытном и контрольном боксах птичника.

На рисунке 5 представлены результаты исследований микроорганизмов (бактерий групп кишечных палочек, стафилококки), углекислого газа и аммиака в опытном и контрольном боксах. Пробы воздуха были проведены в центре помещений на высоте 1 м от пола на 4-й день работы электроустановки в опытном боксе. Время работы установки – 3 ч в сутки. Параметры микроклимата во время проведения опытов были следующими:

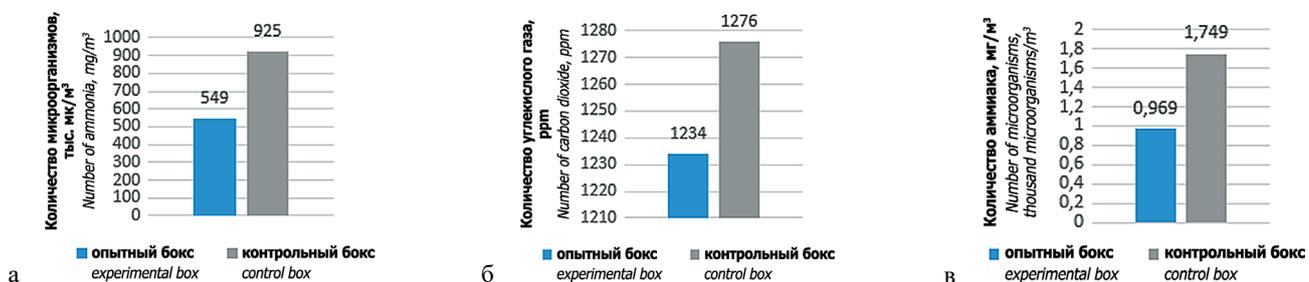
- температура воздуха в помещении +18,51 ± 0,2°С;
- влажность воздуха в помещении – 71,3 ± 3,0%;
- атмосферное давление – 750 ± 1 мм.рт.ст.



**Рис. 4. Зависимость концентрации пыли от продолжительности работы электроустановки в опытном и контрольном боксах:**

а – размер пыли 0,3 мкм; б – 0,5 мкм; в – 0,8 мкм

**Fig. 4. Relationship between dust concentration 0.3 (a), 0.5 (b), 0.8 (c) μm the electrical installation operation time in the experimental and control boxes**



**Рис. 5. Количество микроорганизмов (а), углекислого газа (б) и аммиака (в) в опытном и контрольном боксах**  
**Fig. 5. Number of microorganisms (a), carbon dioxide (b), and ammonia (c) in the experimental and control boxes**

Результаты эксперимента показали, что в опытном боксе бактерицидная обсеменённость снизилась на 59%, концентрация углекислого газа снизилась почти на 4%, концентрация аммиака снизилась на 3-й день работы электроустановки почти на 45%.

На третьем этапе исследований определяли влияние санации воздуха на живую массу птицы. Результаты прироста живой массы цыплят в боксе с использованием комбинированной электроустановки для очистки воздуха сельскохозяйственных помещений (на примере боксов

птичника) с анализом этапов увеличения живой массы в сравнении с контрольным боксом отражены на рисунке 6.

Перед посадкой в боксы живая масса цыплят практически равна: в опытном боксе с экспериментальной установкой средний вес цыплят составил 20,2 г; в контрольном боксе – 19,9 г. На 14-е сутки появились различия: в опытном боксе средний вес цыплят составил 61,16 г;

в контрольном боксе – 51,5 г. К концу эксперимента, на 28-й день, разница в живой массе возросла и составила в контрольном боксе 162,6 г, в контрольном боксе – 129,7 г.

Использование разработанной комбинированной электроустановки позволило увеличить прирост живой массы относительно прототипа на контрольных отметках: на 7-й день – на 5,03%; на 14-й день – на 14,5%; на 21-й день – на 16,65%; на 28-й день – на 20,3%.

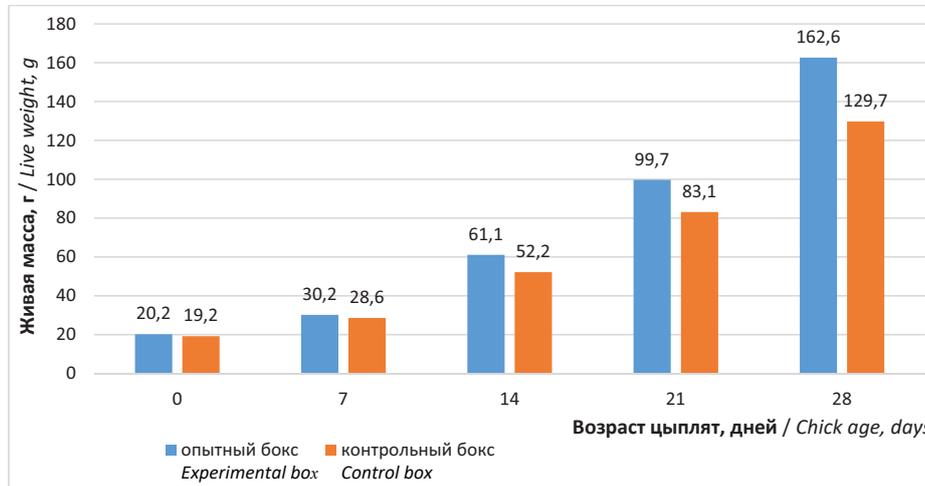


Рис. 6. Влияние санации воздуха на живую массу птенцов

Fig. 6. Influence of air sanitation on the live weight of chicks

## Выводы

1. Применение комбинированной электроустановки в течение месяца по 3 ч в день позволило снизить бактерицидную обсеменённость бокса на 59%, снизить

концентрацию газа почти на 4% и снизить концентрацию аммиака на 3-й день работы электроустановки почти на 45%, увеличить прирост живой массы цыплят на 20,3%.

2. На 5-е сутки работы электроустановки необходима очистка осадительных электродов от осевшей пыли.

## Библиографический список

1. Майорова Т.Л., Мусиев Д.Г., Абдурагимова Р.М., Гунашев Ш.А., Азаев Г.Х., Джабарова Г.А. Использование бактерицидной установки для улучшения экологической ситуации на птицеферме // Юг России: экология, развитие. 2016. Т. 11. № 3. С. 193-201.

2. Lysakov A., Nikitenko G., Grinchenko V., Avdeeva V. Calculation of electrostatic precipitator parameters for large poultry enterprise. *Engineering for Rural Development*. 19th International Scientific Conference Engineering for Rural Development, ERD2020, Jelgava, 20-22 May 2020, 2020; 19: 1157-1161.

3. Lysakov A., Nikitenko G., Konoplev E., Grinchenko V. Method to increase cleaning degree of electrostatic air cleaner. 17th International Scientific Conference Engineering for Rural Development, ERD, 23-25 May 2018, Jelgava. 2018; 17: 554-559.

4. Cherkasova N.G., Chepelev N.I. Improving the technology of dust deposition from the air of livestock premises using an electrostatic precipitator. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. "International Science and Technology Conference "Earth Science" – Chapter 1", 2021: 022006. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/666/2/022006>

5. Селезнева Д.М. Экспериментальное исследование комбинированной электроустановки для очистки воздушной среды сельскохозяйственных помещений // Всероссийская с международным участием научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 155-летию

## References

1. Mayorova T.L., Musiev D.G., Abduragimova R.M., Gunashev Sh.A., Azaev G.Kh., Dzhabarova G.A. Ispol'zovanie bakteritsidnoy ustanovki dlya uluchsheniya ekologicheskoy situatsii na ptitseferme [Use of a bactericidal installation to improve the environmental situation on a poultry farm]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye*, 2016; 11(3): 193-201. (In Rus.)

2. Lysakov A., Nikitenko G., Grinchenko V., Avdeeva V. Calculation of electrostatic precipitator parameters for large poultry enterprise. *Engineering for Rural Development*. 19. Ser. "19th International Scientific Conference Engineering for Rural Development, Proceedings", 2020: 1157-1161.

3. Lysakov A., Nikitenko G., Konoplev E., Grinchenko V. Method to increase cleaning degree of electrostatic air cleaner. *Proceedings of International conference «Engineering for Rural Development»*, ERD, 23-25 May 2018, Jelgava. 2018; 17: 554-559.

4. Cherkasova N.G., Chepelev N.I. Improving the technology of dust deposition from the air of livestock premises using an electrostatic precipitator. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. "International Science and Technology Conference "Earth Science" – Chapter 1", 2021: 022006. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/666/2/022006>

5. Selezneva D.M. Eksperimental'noe issledovanie kombinirovannoy elektroustanovki dlya ochistki vozduшной sredy sel'skokhozyaystvennykh pomeshcheniy [Experimental study of a hybrid electrical installation for farm in-door air cleaning]. *Materialy Vserossiyskoy s mezhdunarodnym uchastiyem nauchnoy konferentsii molodykh uchonykh i spetsialistov, posvyashchonnay 155-letiyu so dnya rozhdeniya N.N. Khudyakova*. 2021: 219-222. (In Rus.)

со дня рождения Н.Н. Худякова: Материалы Всероссийской с международным участием научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 155-летию со дня рождения Н.Н. Худякова. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. С. 219-222.

6. Юферев Л.Ю., Селезнева Д.М., Овсянникова Е.А. Обеззараживание и обеспыливание воздуха в помещениях на основе электрофильтра // *Сельский механизатор*. 2020. № 4. С. 20-21.

7. Овсянникова Е.А., Сторчевой В.Ф., Кабдин Н.Е., Занфирова Л.В. Определение основных параметров и режимов работы комбинированного облучателя-озонатора воздуха в животноводческих помещениях // *Агротехника и энергообеспечение*. 2021. № 4 (33). С. 22-29.

8. Кривописин И.П. Озон в промышленном птицеводстве. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Росагропромиздат, 1988. 175 с.

9. Котельников С.Н. Основные механизмы взаимодействия озона живыми системами и особенности проблемы приземного озона для России // *Труды ИОФАН*. 2015. Т. 71. С. 10-41.

#### Критерии авторства

Юферев Л.Ю., Селезнева Д.М. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели эксперимент и подготовили рукопись. Юферев Л.Ю., Селезнева Д.М. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 17.02.2022

Одобрена после рецензирования 30.03.2022

Принята к публикации 04.04.2022

6. Yuferev L.Yu., Selezneva D.M., Ovsyannikova E.A. Obез-zarazhivanie i obespylivanie vozdukha v pomeshcheniyakh na os-nove elektrofil'tra [Disinfection and dedusting of indoor air using an electrostatic precipitator]. *Selskiy mekhanizator*, 2020; 4: 20-21. (In Rus.)

7. Ovsyannikova E.A., Storchevov V.F., Kabdin N.E., Zan-firova L.V. Opredelenie osnovnykh parametrov i rezhimov raboty kombinirovannogo obluchatelya-ozonatora vozdukha v zhivotno-vodcheskikh pomeshcheniyakh [Determination of the main param-eters and operation modes of a combined air irradiator-ozonator in livestock premises]. *Agrotekhnika i energoobespechenie*, 2021; 4(33): 22-29. (In Rus.)

8. Krivopishin I.P. Ozon v promyshlennom ptitsevodstve [Use of ozone in the poultry industry]. 2<sup>nd</sup> ed., reviewed and extended. Moscow, Rosagropromizdat, 1988. 175 p. (In Rus.)

9. Kotel'nikov S.N. Osnovnye mekhanizmy vzaimodeystviya ozona zhivymi sistemami i osobennosti problemy prizemnogo ozona dlya Rossii [Main mechanisms of ozone interaction by living systems and features of using surface ozone in Russia]. *Trudy IOFAN*, 2015; 71: 10-41. (In Rus.)

#### Contribution

L.Yu. Yuferev, D.M. Selezneva performed theoretical studies and, based on the results obtained, conducted the experiment and wrote the manuscript. L.Yu. Yuferev, D.M. Selezneva have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

#### Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publica-tion of this paper.

The article was received 17.02.2022

Approved after reviewing 30.03.2022

Accepted for publication 04.04.2022