

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ ДЕЗИНФЕКЦИИ ЯИЦ**Е. Л. Белов, Т. В. Шаронова, Т. Н. Акулова***Чувашская государственная сельскохозяйственная академия
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

***Аннотация.** Свежеснесенные яйца надежно защищены от проникновения микробов: их распространение ограничено протоками пор и подскорлупными оболочками. Большинство этих микроорганизмов безвредно, однако нередко встречаются и болезнетворные, также опасны мельчайшие плесневые грибки. Для того чтобы исключить попадание болезнетворных бактерий внутрь яйца, необходимо их тщательно продезинфицировать. Дезинфекция инкубационных яиц позволяет увеличить выводимость, пищевых яиц – сроки хранения, а также сохраняет их вкусовые качества на длительный срок. В работе предложен перспективный метод дезинфекции яиц с использованием ультрафиолетового высокочастотного излучения на разрабатываемом устройстве. Разрабатываемое устройство может применяться в крестьянско-фермерских хозяйствах и на небольших птицефабриках. При использовании устройства гибель болезнетворных микроорганизмов происходит следующим образом: при высокой напряженности электрического поля высокой частоты на мембране клетки избирательно происходит биологический пробой без образования сквозного электроискрового канала, который приводит к угнетению и гибели биологических клеток и микроорганизмов в целом. В работе приведены теоретические формулы для расчета параметров требуемого бактерицидного потока ультрафиолетового (УФ) излучения.*

***Ключевые слова:** дезинфекция яиц; ультрафиолетовое излучение; электрогазоразрядная лампа; высокочастотное излучение.*

Введение. Яйца – один из самых ценных продуктов питания. Обычно оно стерильно внутри, но поверхность скорлупы яиц всегда загрязнена микробами, которые попадают туда со слизью клоаки, с пылью, при соприкосновении яйца с подстилкой гнезда и т. д. Свежеснесенное полноценное яйцо надежно защищено от проникновения микробов: их распространение ограничено протоками пор и подскорлупными оболочками. Большинство этих микроорганизмов безвредно, однако нередко встречаются и болезнетворные, опасность представляют также мельчайшие плесневые грибки. Для того чтобы исключить попадание болезнетворных микроорганизмов внутрь яйца, необходимо их тщательно дезинфицировать. Дезинфекция инкубационных яиц позволяет увеличить выводимость, пищевых яиц – сроки хранения, а также сохраняет их вкусовые качества на длительный срок [9].

Дезинфицирующие средства делятся по своим свойствам на химические, физические, биологические. Дезинфекция может быть влажной, аэрозольной или газовой, однократной или многократной (последовательной).

Химические средства дезинфекции яиц – хлорная известь, хлорамин, марганцовокислый калий, озон, йод, формальдегид и др.

Биологические средства дезинфекции – это, в первую очередь, антибактериальные препараты (антибиотики).

Физические средства дезинфекции – повышенная температура воздуха, ультрафиолетовые лучи диапазона С и др.

У каждого из вышеперечисленных способов есть свои преимущества и недостатки. У химического и биологического способов основным недостатком дезинфекции является возможность накопления и попадания внутрь яйца дезинфицирующих препаратов, что, безусловно, снижает качество яиц. Также низкий технический уровень технологий дезинфекции яиц приводит к потерям продукции до 3-8 %. [4, 7, 8]

Материалы и методы исследования.

Теоретические и экспериментальные исследования позволяют выбрать рациональные параметры разрабатываемого устройства для обеззараживания яиц, а также изготовить опытный образец для его испытания в производственных условиях.

Результаты исследований и их обсуждение.

Одним из перспективных методов обеззараживания яиц является использование физических способов дезинфекции. Мы предлагаем дезинфицировать яйца с помощью одновременного использования как ультрафиолетового, так и радиоволнового излучения. Такой метод позволяет стабилизировать тонкий жидкий наружный слой, примыкающий к подскорлупной пленке яйца, тем самым блокируя доступ воздуха с патогенной микрофлорой к содержимому яйца. Озон и бактерицидный поток УФ излучения обеззараживают поверхность скорлупы и яйцо в целом [1, 2].

Разрабатываемое устройство может применяться в крестьянско-фермерских хозяйствах и на небольших птицефабриках. Способ комплексного воздействия электромагнитных излучений на яйца реализуется с помощью предлагаемой механизированной установки (рис. 1), состоящей из:

- ячеистого диска 5 для размещения яиц;
- электрода, выполненного в виде электрогазоразрядной лампы 7 бактерицидного потока ультрафиолетового излучения (УФ) кольцевой формы;
- генератора 8 высокой частоты (ВЧ);
- отражателя 6;
- подающего и отводящего транспортеров 9,10.

Установка крепится на сварной раме 2. Крутящий момент от электродвигателя 3 передается ячеистому диску 5 через муфту 1 и редуктор 4. Подающий 9 и отводящий 10 транспортеры работают с одинаковой скоростью. Движение ячеистого диска 5 и транспортеров синхронизированы регулировочным узлом 11, что позволяет равномерно подавать и отводить яйца. Непосредственно над ячеистым ротором расположена кольцеобразная электрогазоразрядная лампа 7 бактерицидного потока УФ излучения. Она закреплена под отражателем 6. Ячеистый диск толкает яйца, которые двигаются по кругу, по поверхности стола, равной диаметру электрогазоразрядной лампы

УФ излучения. Отражатель изготовлен из алюминия и хорошо отражает бактерицидные лучи и экранирует электромагнитное поле высокой частоты.

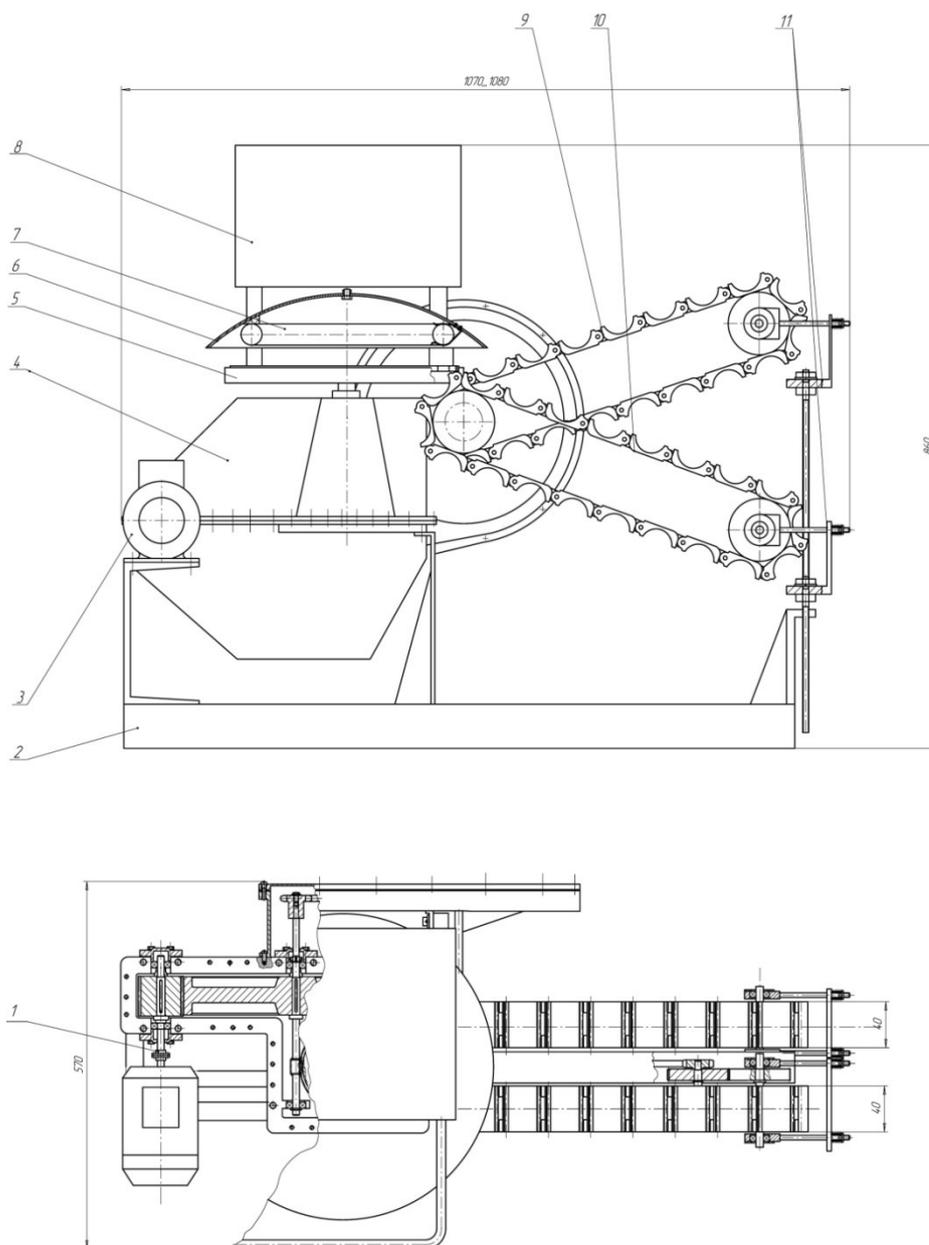


Рис. 1. Общий вид установки для обеззараживания яиц ультрафиолетовым высокочастотным излучением: 1 – муфта; 2 – рама; 3 – электродвигатель; 4 – редуктор; 5 – ячеистый диск; 6 – отражатель; 7 – электрогазоразрядная лампа УФ излучения; 8 – ВЧ генератор; 9 – подающий транспортер; 10 – выгрузной транспортер; 11 – механизм натяжения узлов транспортеров

С целью снижения потерь энергии на высокочастотном кабеле расстояние от электрогазоразрядной лампы до генератора минимизировано. Для этого ВЧ генератор расположен непосредственно над облучателем, то есть на отражателе 6. Генераторный блок 8 находится в алюминиевом корпусе-экране.

В процессе работы установки яйца подаются транспортером 9 в ячеистый диск 5. Расположенная над ротором электрогазоразрядная лампа 7, получающая

питание от ВЧ генератора δ , позволяет облучать яйца бактерицидным потоком УФ излучения на фоне озона и радиоволн. При этом яйца катятся, вращаясь вокруг своей оси с помощью ячеистого диска, что позволяет равномерно облучать их со всех сторон.

Гибель болезнетворных микроорганизмов подчиняется следующей гипотезе. С увеличением до определенных значений напряженности электрического поля высокой частоты на мембране клетки происходит избирательно биологический пробой без образования сквозного электроискрового канала, а это приводит к угнетению биологических клеток и микроорганизмов в целом и их гибели. Причем увеличение коэффициента поглощения бактерицидного потока УФ излучения клетками происходит быстрее на фоне радиоволн и коронного разряда. Мембранные процессы лучше протекают в условиях резонанса, вызывая синергетический эффект [3, 5, 6].

За счет специфического, избирательного (в зависимости от электрофизических свойств компонентов биообъекта) и эндогенного воздействия электромагнитных излучений (коронного разряда, тока мегагерцовой частоты, эндогенного тепла, озона, ультрафиолетового излучения) происходит снижение бактериальной обсемененности яиц. Это, в свою очередь, повышает качество продукции и увеличивает срок ее хранения. [10, 11, 12]

Количество энергии, необходимой для обеззараживания скорлупы яиц, определяют на основании изучения влияния бактерицидного потока УФ излучения на бактерии кишечной палочки (бактерии коли). Метод подобного обеззараживания воды разработан В. Ф. Соколовым. Он основан на способности коротковолновых лучей, проникая сквозь воду, уничтожать рассеянные в воде микроорганизмы и их споры.

Количество яиц, обеззараживаемых потоком УФ излучения в единицу времени до степени B/B_0 , определяется по формуле [3]:

$$Q = - \frac{1563,4 \cdot F_u \cdot \eta_u \cdot \eta_n}{\alpha \cdot k \cdot \lg \frac{B}{B_0}}, \frac{м^3}{ч}, \quad (1)$$

где F_u – мощность бактерицидного потока УФ излучения, $б$;

η_u – коэффициент использования бактерицидной мощности источника с учетом коэффициента отражения; $\eta_u = 0,75$;

η_n – коэффициент использования интенсивности потока бактерицидных лучей; $\eta_n = 0,7-0,9$;

α – коэффициент поглощения УФ лучей скорлупой яиц на фоне радиоволн, $л/см$; $\alpha = 0,2 л/см$ – без фона, так как проницаемость УФ лучей (1...2 %);

k – коэффициент сопротивления бактерий, находящихся на скорлупе (для палочек коли $k = 2500 мкб \cdot с/см^2$) [2].

Доза воздействия бактерицидного потока определяется по формуле [3]:

$$D = \frac{t \cdot F_u \cdot N \cdot \eta_n \cdot K_1}{K_2 \cdot S}, \frac{б \cdot с}{м^2}, \quad (2)$$

где t – время воздействия, $с$;

K_1 – коэффициент формы яиц, равный 0,5...0,64;

K_2 – коэффициент запаса, равный 1,5...2;

S – площадь облучаемой поверхности, m^2 ;

N – число электрогазоразрядных ламп.

Время воздействия бактерицидного потока УФ излучения [3]

$$\tau_{уф} = - \frac{Q \cdot \alpha \cdot k_{\sigma} \cdot \lg \left(\frac{B}{B_0} \right)}{1563,4 \cdot F_u \cdot \eta_u \cdot \eta_e}, \text{ с.}$$

Далее определяем дозу воздействия электрического поля высокой частоты. Количество энергии, поглощенной единицей объема обрабатываемых яиц за время воздействия электрического поля, определяется по формуле [3]:

$$D_{HTЧ} = 0,55 \cdot 10^{-10} \cdot \varepsilon \cdot \text{tg} \delta \cdot E^2 \cdot f \cdot \tau, \frac{Вм \cdot с}{м^3},$$

где $\varepsilon \cdot \text{tg} \delta$ – фактор потерь яйца; E – напряженность электрического поля между электрогазоразрядной лампой и рабочей поверхностью, $В/м$; f – частота электрического поля, $Гц$; τ – время воздействия, $с$.

Выводы.

В результате использования устройства для электрофизической дезинфекции яиц получается высококачественный экологически чистый продукт со сроком хранения не менее двух месяцев со дня выработки, сохраняющий вкусовые и питательные качества и санитарную безопасность. Преимущество обработанных таким образом яиц очевидно – они не содержат каких-либо добавок и консервантов и по своим свойствам не отличаются от свежих яиц.

Окончательный выбор параметров обеззараживания обусловлен многими факторами, в том числе: микробиологическим состоянием материала, его свежестью и дальнейшим предназначением конечного продукта. Однако решается также важный вопрос – достижение высокой эффективности обеззараживания, в том числе ликвидация патогенных микробов при сохранении высокой ценности продукта.

Литература

1. Акулова, Т. Н. Определение концентрации пыли с использованием устройства для ионизации и обеспыливания воздуха птицеводческих помещений / Т. Н. Акулова, Е. Л. Белов, Т. В. Шаронова // Научно-образовательная среда как основа развития агропромышленного комплекса и социальной инфраструктуры села: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА. – Чебоксары: ФГБОУ ВО "Чувашская государственная сельскохозяйственная академия", 2016. – С. 339-343.

2. Акулова, Т. Н. Основные параметры установок для ионизации и обеспыливания воздуха птицеводческих помещений / Т. Н. Акулова, Г. В. Новикова, П. В. Зайцев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 11. – С. 12-13.

3. Белов, Е. Л. Обоснование и разработка установки для обеззараживания яиц комплексным воздействием физических факторов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Е. Л. Белов. – Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2007. – 20 с.

4. Жданкин, Г. В. Разработка и обоснование параметров микроволновой установки для термообработки сырья в процессе измельчения / Г. В. Жданкин, В. Ф. Сторчевой, Г. В. Новикова, П. В. Зайцев // Научная жизнь. – 2017. – № 11. – С. 15-25.

5. Кириллов, Н. К. Глубокое обеззараживание инкубационных яиц / Н. К. Кириллов, Г. В. Новикова, Е. Л. Белов. – Сельский механизатор. – 2007. – № 6. – С. 29.

6. Кириллов, Н. К. Обработка яиц комплексным воздействием электромагнитных излучений / Н. К. Кириллов, Г. В. Новикова, Е. Л. Белов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 6. – С. 73-74.

7. Кириллов, Н. К. Применение комплекса физических факторов в технологии прединкубационной обработки яиц / Н. К. Кирилов, Г. В. Новикова, Е. Л. Белов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2008. – Т. 2. – № 6. – С. 88-90.

8. Самоделкин, А. Г. Энтолейтор с источником энергии сверхвысокой частоты / А. Г. Самоделкин, В. Ф. Сторчевой, А. А. Белов // Естественные и технические науки. – 2015. – № 6 (84). – С. 497-498.

9. Санжаровская, М. И. Глубокое обеззараживание инкубационных яиц / М. И. Санжаровская // Инженерно-техническое обеспечение АПК. – 2008. – № 2. – С. 529.

10. Пат. Российская Федерация. № 2365102. Устройство для обеззараживания яиц комплексным воздействием электромагнитных излучений / Белов Е. Л., Кириллов Н. К., Новикова Г. В.; заявитель и патентообладатель Чувашская государственная сельскохозяйственная академия. - № 2007120267/12; заявл. 30.05.2007; опубл. 27.08.2009, Бюл. № 24. – 6 с.

11. Шамин, Е. А. Микроволновые установки с нетрадиционными резонаторами для сбора пуха со шкур кроликов / Е. А. Шамин, П. В. Зайцев, Е. Л. Белов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2(49). – С. 144-150.

12. Шаронова, Т. В. Рациональное и безопасное применение физических факторов в установке для сыпучих кормов / Т. В. Шаронова, Е. Л. Белов, Т. Н. Акулова // Агроэкологические и организационно-экономические аспекты создания и эффективного функционирования экологически стабильных территорий: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Чебоксары: ФГБОУ ВО "Чувашская государственная сельскохозяйственная академия", 2017. – С. 437-441.

Сведения об авторах

1. **Белов Евгений Леонидович**, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашская государственная

сельскохозяйственная академия, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: belovevg2008@yandex.ru.

2. **Шаронова Татьяна Вячеславовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: sharonova.2017@mail.ru.

3. **Акулова Татьяна Николаевна**, старший преподаватель кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: akulovata@yandex.ru.

THE DEVICE FOR THE ELECTROPHYSICAL DISINFECTION OF EGGS

E.L. Belov, T.V. Sharonova, T.N. Akulova

*Chuvash State Agricultural Academy
428003, Cheboksary, Russian Federation*

Abstract: *Fresh eggs are safely protected from penetration of microorganisms: their distribution is limited by pore ducts and shell membranes. Most of these microorganisms are harmless, but often there are also pathogenic microorganisms, the smallest mold fungi are also dangerous. Therefore, to exclude the ingress of pathogenic bacteria into the egg, they must be thoroughly disinfected. The disinfection of hatching eggs can increase hatchability, that of eating eggs increases their shelf life and retains taste for a long time. The paper offers a promising method for disinfection of eggs using ultraviolet high-frequency radiation of the device under development. The device being developed can be used on peasant farms and small poultry farms. The use of the device causes the death of pathogenic microorganisms the following way: at high electric field intensity of high frequency, a biological breakdown occurs selectively on the cell membrane without the formation of a through electrospark channel, which leads to the depression and death of biological cells and microorganisms as a whole. The paper presents theoretical formulae for calculating the required bactericidal flow of ultraviolet (UV) radiation.*

Key words: *disinfection of eggs, ultraviolet radiation, electric discharge lamp, high-frequency radiation.*

References

1. Akulova, T. N. Opredelenie kontsentratsii pyli s ispol'zovaniem ustroystva dlya ionizatsii i obespylivanii vozdukha pitsevodcheskikh pomeshcheniy / T. N. Akulova, E. L. Belov, T. V. Sharonova // Nauchno-obrazovatel'naya sreda kak osnova razvitiya agropromyshlennogo kompleksa i sotsial'noy infrastruktury sela: materialy Mezhdunarodnyy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchenoy 85-letiyu FGBOU VO Chuvashskaya GSKHA. – Cheboksary: FGBOU VO "Chuvashskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya", 2016. – S. 339-343.

2. Akulova, T. N. Osnovnye parametry ustanovok dlya ionizatsii i obespylivaniya vozdukha pitsevodcheskikh pomeshcheniy / T. N. Akulova, G. V. Novikova, P. V. Zaytsev // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva. – 2007. – № 11. – S. 12-13.

3. Belov, E. L. Obosnovanie i razrabotka ustanovki dlya obezzarazhivaniya yaits kompleksnym vozdeystviem fizicheskikh faktorov: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk / E. L. Belov. – Cheboksary: Chuvashskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 2007. – 20 s.

4. Zhdankin, G. V. Razrabotka i obosnovanie parametrov mikrovolnovoy ustanovki dlya termoobrabotki syr'ya v protsesse izmel'cheniya / G. V. Zhdankin, V. F. Storchevoy, G. V. Novikova, P. V. Zaytsev // Nauchnaya zhizn'. – 2017. – № 11. – S. 15-25.

5. Kirillov, N. K. Glubokoe obezzarazhivanie inkubatsionnykh yaits / N. K. Kirillov, G. V. Novikova, E. L. Belov. – Sel'skiy mekhanizator. – 2007. – № 6. – S. 29.

6. Kirillov, N. K. Obrabotka yaits kompleksnym vozdeystviem elektromagnitnykh izlucheniya / N. K. Kirillov, G. V. Novikova, E. L. Belov // Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya. – 2011. – № 6. – S. 73-74.

7. Kirillov, N. K. Primeneniye kompleksa fizicheskikh faktorov v tekhnologii predinkubatsionnoy obrabotki yaits / N. K. Kirillov, G. V. Novikova, E. L. Belov // Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya. – 2008. – T. 2. – № 6. – S. 88-90.

8. Samodelkin, A. G. Entolektor s istochnikom energii sverkhvysokoy chastoty / A. G. Samodelkin, V. F. Storchevoy, A. A. Belov // Estestvennyye i tekhnicheskiye nauki. – 2015. – № 6 (84). – S. 497-498.

9. Sanzharovskaya, M. I. Glubokoe obezzarazhivanie inkubatsionnykh yaits / M. I. Sanzharovskaya // Inzhenerno-tekhnicheskoye obespecheniye APK. – 2008. – № 2. – S. 529.

10. Pat. Rossiyskaya Federatsiya. № 2365102. Ustroystvo dlya obezzarazhivaniya yaits kompleksnym vozdeystviem elektromagnitnykh izlucheniya / Belov E. L., Kirillov N. K., Novikova G. V.; zayavitel' i patentoobladatel' Chuvashskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya. - № 2007120267/12; zayavl. 30.05.2007; opubl. 27.08.2009, Byul. № 24. – 6 s.

11. Shamin, E. A. Mikrovolnovyye ustanovki s netraditsionnyimi rezonatorami dlya sbora pukha so shkur krolikov / E. A. Shamin, P. V. Zaytsev, E. L. Belov // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – № 2(49). – S. 144-150.

12. Sharonova, T. V. Ratsional'noye i bezopasnoye primeneniye fizicheskikh faktorov v ustanovke dlya sypuchikh kormov / T. V. Sharonova, E. L. Belov, T. N. Akulova // Agroekologicheskiye i organizatsionno-ekonomicheskiye aspekty sozdaniya i effektivnogo funktsionirovaniya ekologicheskoy stabil'nykh territoriy: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Cheboksary: FGBOU VO "Chuvashskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya", 2017. – S. 437-441.

Information about authors

1. ***Belov Evgeniy Leonidovich***, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, 29 K. Marx str.; e-mail: belovevg2008@yandex.ru.

2. ***Sharonova Tatyana Vyacheslavovna.***, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, 29 K. Marx str.; e-mail: sharonova.2017@mail.ru.

3. ***Akulova Tatyana Nikolaevna***, Senior Lecturer, Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, 29 K. Marx str.; e-mail: akulovata@yandex.ru.