

**Критерии авторства**

Новиков А.Е., Шевченко В.А., Филимонов М.И. провели обобщение и написали рукопись. Новиков А.Е., Шевченко В.А., Филимонов М.И. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 13.03.2019

**Contribution**

Novikov A.E., Shevchenko V.A., Filimonov M.I. summarized the material and wrote the manuscript. Novikov A.E., Shevchenko V.A., Filimonov M.I. have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

**Conflict of interests**

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on March 13, 2019

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

УДК 631.81/631.5/539.1.07/ 546.02

DOI 10.34677/1728-7936-2019-3-35-39

## СОЗДАНИЕ ОЗОННО-ИОННОЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В ЗАКРЫТЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ

**ВЛАДИМИР ФЕДОРОВИЧ СТОРЧЕВОЙ**, докт. техн. наук, профессор

E-mail: V\_Storchevoy@mail.ru

**СЕРГЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ СУЧУГОВ**, канд. техн. наук, доцент

E-mail: Sergei-Suchugov@yandex.ru

**АЛЕКСАНДР ЕВГЕНЬЕВИЧ КОМПАНИЕЦ**, аспирант

E-mail: kompaniets.a@yandex.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

Проведены исследования по прединкубационной обработке куриных яиц в дезинфекционной камере инкубатория с помощью озонатора воздуха. Установлено, что содержание озона и отрицательных ионов в дезинфекционной камере зависит от объёма камеры, точки размещения выходного патрубка озонатора и от времени насыщения дезинфекционной камеры инкубатория. Отмечено, что с увеличением насыщения дезинфекционной камеры инкубатория озоном и ионами, концентрация озона достигает до 12 мг/м<sup>3</sup>, ионов – 2500 пКл/м<sup>3</sup>. Получены математические модели, описывающие рабочие процессы насыщения и разложения озона в дезинфекционной камере инкубатория. Установлены основные параметры и требуемые режимы работы озонаторов с концентрацией 0,12 мг/м<sup>3</sup> по озону и 490 пКл/м<sup>3</sup> по ионам. Концентрация озона и ионов в дезинфекционной камере инкубатория, в зависимости от времени работы озонатора, представлена степенной функцией. Определено, что для обеспечения концентрации озона в камере 5 мг/м<sup>3</sup> и отрицательных ионов порядка 500 пКл/м<sup>3</sup> продолжительность работы озонатора должна составлять 30 мин. При этом удельные энергозатраты на достижение требуемой концентрации озона в дезинфекционной камере инкубатория составят 2,2 кВт·ч/г, удельный расход электроэнергии на выработку 1000 яиц – 0,0004 кВт·ч.

**Ключевые слова:** озонирование, ионизация, озонатор, ионизатор, озонно-ионная воздушная смесь.

**Формат цитирования:** Сторчевой В.Ф., Сучугов С.В., Компаниец А.В. Создание озонно-ионной воздушной среды в закрытых помещениях для содержания животных и птицы // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. №3(91). С. 35-39. DOI 10.34677/1728-7936-2019-3-35-39.

## PROVIDING OZONE-ION AIR INDOOR ENVIRONMENT FOR KEEPING LIVESTOCK AND POULTRY

**VLADIMIR F. STORCHEVOY**, DSc (Eng), Professor

E-mail: V\_Storchevoy@Mail.Ru

**SERGEY V. SUCHUGOV**, PhD (Eng), Associate Professor

E-mail: Sergei-Suchugov@Yandex.Ru

**ALEKANDR YE. KOMPANIETS**, *postgraduate student*

E-mail: Kompaniets.A@Yandex.Ru

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

The paper reports on the studies carried out on the pre-incubation treatment of chicken eggs in the disinfection chamber of a hatchery using an air ozonizer. It has been established that the content of ozone and negative ions in the disinfection chamber depends on the chamber volume, the location of the ozonizer outlet and the saturation time of the disinfection chamber of a hatchery. It is noted that when the saturation of the disinfection chamber of a hatchery with ozone and ions increases, the concentration of ozone reaches up to  $12 \text{ mg/m}^3$ , and ions –  $2500 \text{ pC/m}^3$ . Mathematical models describing the working processes of ozone saturation and decomposition in the hatchery disinfection chamber have been obtained. The main parameters and the required operating modes of ozonizers with a concentration of  $0.12 \text{ mg/m}^3$  for ozone and  $490 \text{ pC/m}^3$  for ions have been determined. The concentration of ozone and ions in the disinfection chamber of a hatchery, depending on the operating time of the ozonizer, is represented by a power function. It has been determined that in order to ensure the ozone concentration in the chamber of  $5 \text{ mg/m}^3$  and negative ions of the order of  $500 \text{ pC/m}^3$ , the ozonizer should operate for 30 minutes. At the same time, specific energy consumption for achieving the required ozone concentration in the disinfection chamber of a hatchery will amount to  $2.2 \text{ kWh/g}$ , the specific energy consumption for the production of 1000 eggs will amount to  $0.0004 \text{ kWh}$ .

**Key words:** ozonation, ionization, ozonizer, ionizer, ozone-ion air mixture.

**For citation:** Storchevoy V.F., Suchugov S.V., Kompaniets A.Ye. Providing ozone-ion air indoor environment for keeping livestock and poultry. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 3(91): 35-39. (In Rus.). DOI: 10.34677/1728-7936-2019-3-35-39.

**Введение.** В настоящее время существует широкий спектр очистки и обеззараживания воздуха в животноводческих помещениях. Наиболее привлекательными, с точки зрения экологии и возможности сочетания с технологическими процессами в животноводстве и птицеводстве, являются ионизация и озонирование [1, 2].

Озон – высокоэффективный и универсальный окислитель, который используется в промышленности в целях дезинфекции, устранения цвета и запаха, а также для удаления опасных органических соединений. Озонирование успешно применяется в следующих отраслях промышленности:

– в системах очистки сильно загрязнённых природных вод, содержащих органику, железо, марганец, сероводород, нитриты;

– в системах получения растворов озонированной воды, используемой в СР-технологиях для «холодной» дезинфекции на пищевых предприятиях;

– в оборотных системах общественных плавательных бассейнов (способствует снижению газовой фазы и завоздушивания трубопроводов);

– в оборотных системах очистки воды рыбных хозяйств (содействует в минимальном содержании азота в растворяемой газовой фазе, большие количества которого вредны для здоровья рыбы);

– в системах дезинфекции молокопроводов молочных ферм;

– в системах очистки и обеззараживания сточных вод.

Предлагается посредством озонирования в дезинфекционной камере инкубатория осуществлять прединкубационную обработку куриных яиц.

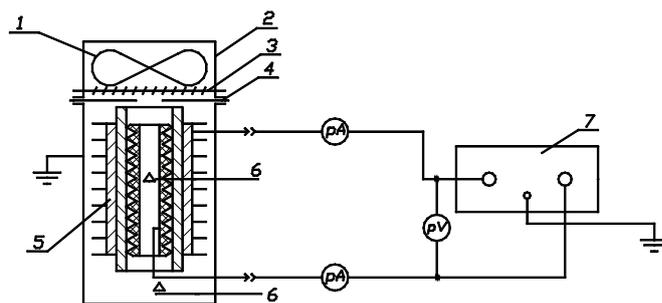
**Цель исследования** – обоснование конструкционно-технологических параметров озонатора воздуха и режимов его работы.

**Материал и методы.** На основе эксперимента созданы математические модели, описывающие рабочие процессы

насыщения и разложения озона в дезинфекционной камере инкубатория, установлены основные параметры и требуемые режимы работы озонатора.

Озонатор применяется для дезодорации и дезинфекции животноводческих помещений, концентрация на выходе составляет  $4...5 \text{ мг/м}^3$ , что превышает санитарные нормы России (предельно допустимые значения по озону  $0,1 \text{ мг/м}^3$ ) [3, 4].

Лабораторная установка для обоснования конструкционно-технологических параметров озонатора воздуха и режимов его работы представлена на рисунке 1.



**Рис. 1. Лабораторная установка для обоснования конструкционно-технологических параметров озонатора воздуха и режимов его работы:**

- 1 – кондиционер с вентилятором; 2 – воздуховод; 3 – жалюзи; 4 – расходомер; 5 – озонатор; 6 – измерители температуры, влажности и давления воздуха; 7 – высоковольтный трансформатор

**Fig. 1. Laboratory installation to determine the structural and technological parameters of the air ozonizer and its operation modes:**

- 1 – an air conditioner with a fan; 2 – a duct; 3 – shutters; 4 – a flow meter; 5 – an ozonizer; 6 – temperature, humidity and air pressure meters; 7 – a high voltage transformer

Скорость воздуха, принимая значения от 0 до 1,8 м<sup>3</sup>/с, изменялась с помощью жалюзи; замеры скорости движения воздушной озонно-ионной смеси в инкубатории проводились с помощью крыльчаток анемометра У5; поддержание заданной температуры воздуха 10...30°C и влажности от 50 до 100% регулировалось кондиционером; перепад давления в реакционной камере определялся дифференциальным микроанометром, а атмосферное давление в помещении – лабораторным манометром.

Значение вольтамперных характеристик измеряется микроамперметром М-95 и авометром Ц 4311, напряжение – киловольтметром С-96.

Концентрация озона и отрицательных ионов в дезинфекционной камере инкубатория отслеживается соответственно газоанализатором 3-02П-1 и прибором Т-8401.

**Результаты и обсуждение.** Известно, что синтез образования озона и ионов в озонаторе зависит от конструктивно-технологических параметров устройства: геометрических, электрических и кинематические факторов [1, 2, 4, 5].

В результате исследования конструктивно-технологических параметров озонатора были получены вольтамперные характеристики (рис. 2).

Концентрация озона (O<sub>3</sub>) и отрицательных ионов (n), в зависимости от скорости движения озонно-ионной воздушной смеси в дезинфекционной камере инкубатория от 0 до 1,4 м/с, представлена на рисунках 3 и 4.

На основании исследования конструктивно-технологических параметров озонатора [2] были установлены граничные значения ёмкости озонатора, скорости движения воздушной ионно-озонной смеси, силы тока и длины разрядной камеры озонатора.

Получены математические модели, описывающие рабочие процессы насыщения и разложения озона в дезинфекционной камере инкубатория. Установлены основные параметры и требуемые режимы работы озонатора, определяющие концентрацию отрицательных ионов (n) и озона (O<sub>3</sub>) на выходном патрубке озонатора:

$$n = -0,06 C + 402,49 I + 23,33 V - 24 L - 7,44,$$

$$O_3 = -0,01 C + 100,34 I + 17,8 V + 27,78 L - 20,63. \quad (1)$$

С увеличением расстояния от ионизатора по длине дезинфекционной камеры инкубатория наблюдается снижение концентрации озона и отрицательных ионов (рис. 5).

Аппроксимация степенной функции изменения концентрации воздушной озонно-ионной смеси по длине дезинфекционной камеры инкубатория имеет вид:

по ионам (R<sup>2</sup> = 0,94)

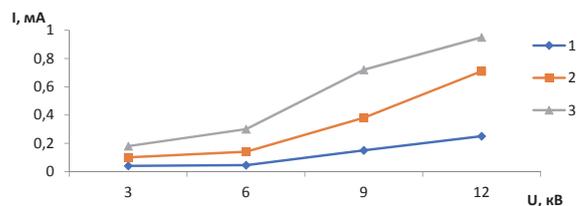
$$L = 73,15n^{-1,14} \quad (2)$$

по озону (R<sup>2</sup> = 0,99)

$$L = 22,43O_3^{-1,14}. \quad (3)$$

На рисунке 6 представлена зависимость концентрации ионов и озона в дезинфекционной камере инкубатория от времени работы озонатора.

Усредненные значения концентрации озона и ионов в дезинфекционной камере инкубатория, в зависимости от времени работы озонатора, отображены на рисунках 7 и 8.

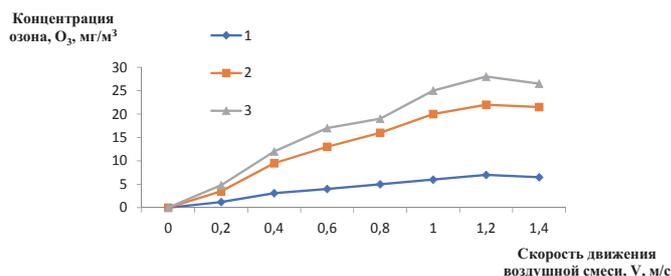


**Рис. 2. Зависимость силы тока I и напряжения U от ёмкости озонатора C:**

1) C = 7,5 · 10<sup>-11</sup> Ф; 2) C = 4,2 · 10<sup>-10</sup> Ф; 3) C = 80 · 10<sup>-9</sup> Ф

**Fig. 2. The dependence of current strength I and voltage U on the capacity of the ozonizer C:**

1) C = 7.5 · 10<sup>-11</sup> F; 2) C = 4.2 · 10<sup>-10</sup> F; 3) C = 80 · 10<sup>-9</sup> F

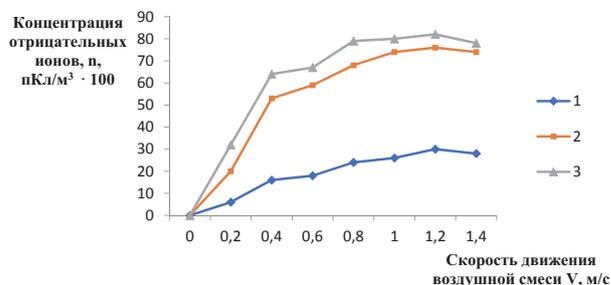


**Рис. 3. Зависимость синтеза озона от скорости движения озонно-ионной воздушной смеси:**

1) C = 7,5 · 10<sup>-11</sup> Ф; 2) C = 4,2 · 10<sup>-10</sup> Ф; 3) C = 80 · 10<sup>-9</sup> Ф

**Fig. 3. The dependence of ozone synthesis on the speed of the ozone-ion air mixture:**

1) C = 7.5 · 10<sup>-11</sup> F; 2) C = 4.2 · 10<sup>-10</sup> F; 3) C = 80 · 10<sup>-9</sup> F

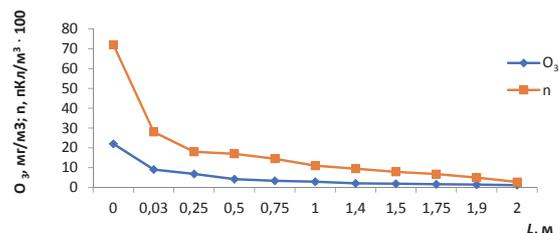


**Рис. 4. Зависимость синтеза ионов от скорости движения озонно-ионной воздушной смеси:**

1) C = 7,5 · 10<sup>-11</sup> Ф; 2) C = 4,2 · 10<sup>-10</sup> Ф; 3) C = 80 · 10<sup>-9</sup> Ф

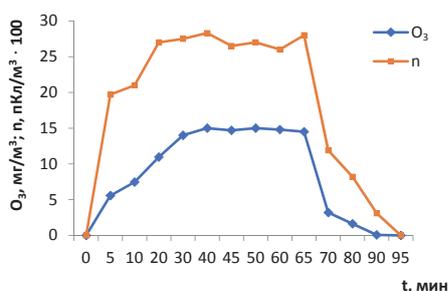
**Fig. 4. Dependence of ion synthesis on the movement speed of an ozone-ion air mixture:**

1) C = 7.5 · 10<sup>-11</sup> F; 2) C = 4.2 · 10<sup>-10</sup> F; 3) C = 80 · 10<sup>-9</sup> F



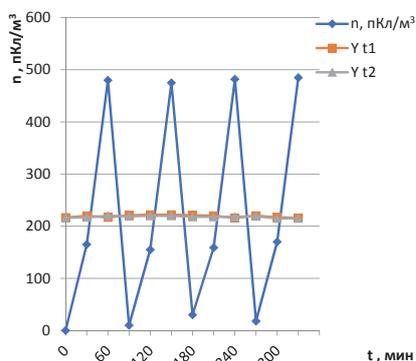
**Рис. 5. Концентрация озона O<sub>3</sub> и отрицательных ионов n по длине дезинфекционной камеры инкубатория**

**Fig. 5. The concentration of ozone O<sub>3</sub> and negative ions n along the length of the hatchery disinfection chamber**



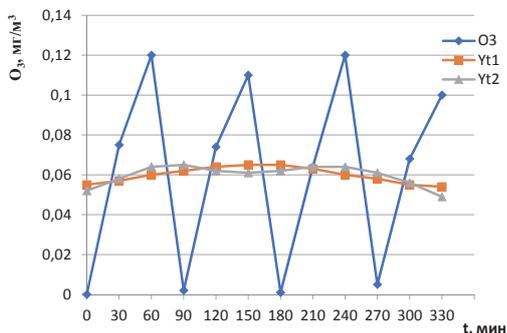
**Рис. 6. Зависимость концентрации ионов n и озона O<sub>3</sub> в дезинфекционной камере инкубатория от времени работы озонатора t**

**Fig. 6. Dependence of the concentration of n ions and ozone O<sub>3</sub> in the hatchery disinfection chamber on the operating time of the ozonizer t**



**Рис. 7. Динамика движения ионов в дезинфекционной камере инкубатория: Yt1 – усредненные значения насыщения ионами; Yt2 – усредненные значения разложения ионов; n – концентрация ионов**

**Fig. 7. Dynamics of the ions movement in the hatchery disinfection chamber: Yt1 – averaged saturation of ions; Yt2 – averaged ion decomposition values; n – ion concentration**



**Рис. 8. Динамика движения озона в дезинфекционной камере инкубатория: Yt1 – усредненные значения насыщения озонном; O<sub>3</sub> – концентрация озона; Yt2 – усредненные значения разложения озона**

**Fig. 8. Dynamics of ozone movement in the hatchery disinfection chamber: Yt1 – average value of ozone saturation; Yt2 – averaged ozone decomposition values; O<sub>3</sub> – ozone concentration**

Обработка данных режима работы озонатора проводилась с помощью метода наименьших квадратов. Динамический ряд описан уравнением в виде ряда Фурье.

В результате математические модели динамического режима работы озонатора в дезинфекционной камере инкубатория имеют следующий вид:

по отрицательным ионам:

– с учётом первой гармоники

$$Yt = 219,08 - 1,62 \cos t + 1,88 \sin t, \quad (4)$$

– с учётом второй гармоники

$$Yt = 219,08 - 1,62 \cos t + 4,38 \sin t + 0,084 \cos 2t + 0,15 \sin 2t; \quad (5)$$

по озону:

– с учётом первой гармоники

$$Yt = 0,06 - 0,005 \cos t + 0,002 \sin t, \quad (6)$$

– с учётом второй гармоники

$$Yt = 0,06 - 0,005 \cos t + 0,002 \sin t - 0,003 \cos 2t + 0,003 \sin 2t. \quad (7)$$

Полученные уравнения (5) и (7) можно использовать в качестве модели для режима динамической работы озонатора в дезинфекционной камере инкубатория.

### Выводы

Предложенная методика и математические модели позволяют определить конструкционно-технологические параметры озонатора воздуха и режимы его работы в животноводческих и птицеводческих помещениях, включая прединкубационную обработку яиц в дезинфекционной камере инкубатория.

В результате экспериментальных исследований установлено, что для прединкубационной обработки яиц в дезинфекционной камере инкубатория (объемом 6 м<sup>3</sup>) обеспечение концентрации озона 5 мг/м<sup>3</sup> и отрицательных ионов 500 пКл/м<sup>3</sup> достигается при работе озонатора в течение 30 мин; удельный расход электроэнергии на выработку 1000 яиц составляет 0,0004 кВт·ч; удельные энергозатраты на достижение требуемой концентрации озона в дезинфекционной камере инкубатория составляет 2,2 кВт·ч/г.

### Библиографический список

1. Сторчевой В.Ф. Математическое моделирование стационарных процессов ионизатора-озонатора // Природообустройство. 2012. № 2. С. 78-82.
2. Способ санации животноводческих помещений в присутствии животных: Патент RU2542504 С1 / В.И. Терехов, Д.А. Нормов, Н.Н. Курзин, В.Ф. Сторчевой, М.М. Абауи; заяв. 06.03.2014; опубл. 20.02.2015. Бюл. № 5.
3. Глазко В.И., Белопухов С.Л., Сторчевой В.Ф. Нанотехнологии и материалы в сельском хозяйстве. М.: Издательство РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. 256 с.
4. Белопухов С.Л., Сторчевой В.Ф. Озон и его применение в АПК. Информационно-справочные материалы: Монография. Иркутск: ООО «Мегапринт», 2018. 145 с.

## References

1. Storchevoy V.F. Matematicheskoye modelirovaniye statsionarnykh protsessov ionizatora-ozonatora [Mathematical modeling of stationary processes of an ionizer-ozonizer]. *Prirodoobustroystvo*. 2012; 2: 78-82. (In Rus.).
2. Terekhov V.I., Normov D.A., Kurzin N.N., Storchevoy V.F., Abaui M.M. Sposob sanatsii zhivotnovodcheskikh pomeshcheniy v prisutstvii zhivotnykh [Sanitation method of livestock premises in the presence of animals]: Patent Ru 2542504 C1, 2015. (In Rus.).

## Критерии авторства

Сторчевой В.Ф., Сучугов С.В., Компаниец А.Е. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Сторчевой В.Ф., Сучугов С.В., Компаниец А.Е. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 10.10.2018

3. Glazko V.I., Belopukhov S.L., Storchevoy V.F. Nanotekhnologii i materialy v sel'skom khozyaystve [Nanotechnology and materials in agriculture]. Moscow, Izdatel'stvo RGAU-MSKHA im. K.A. Timiryazeva, 2015: 256. (In Rus.).

4. Belopukhov S.L., Storchevoy V.F. Ozon i yego primeneniye v apk. Informatsionno-spravochnyye materialy: Monografiya [Ozone and its application in agriculture. Information reference materials: Monograph]. Irkutsk, ООО "Megaprint", 2018: 145. (In Rus.).

## Contribution

Storchevoy V.F., Suchugov S.V., Kompaniets A. Ye carried out the experimental work, on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. Storchevoy V.F., Suchugov S.V., Kompaniets A. Ye have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

## Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on October 10, 2018

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

УДК 635-1

DOI 10.34677/1728-7936-2019-3-39-44

## ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ

**КРАСНЯЩИХ КОНСТАНТИН АЛЕКСАНДРОВИЧ**, канд. техн. наук, доцент

**ВАСЬКОВ АЛЕКСАНДР АНАТОЛЬЕВИЧ**, канд. техн. наук, доцент

**СКОРОХОДОВ ДМИТРИЙ МИХАЙЛОВИЧ**, канд. техн. наук

**ТРУШИНА ЛИДИЯ НИКОЛАЕВНА**, доцент

**ЛАЗАРЬ ВЕРА ВЛАДИМИРОВНА**

E-mail: [ikg@rgau-msha.ru](mailto:ikg@rgau-msha.ru)

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, ул. Тимирязевская, 49, Москва, Российская Федерация

Проанализированы современные способы применения и развития картофелеуборочной техники в Российской Федерации; обоснованы тенденции конструкций данного вида сельскохозяйственных машин. Рассмотрены три группы современной картофелеуборочной техники: малогабаритная техника, применяемая в малых фермерских хозяйствах; средняя – прицепные машины различных систем, применяемые на крупных фермерских хозяйствах, и сложная самоходная высокопроизводительная многорядная техника, отличающаяся применением электронных систем управления контроля технологическим процессом, применяемая на предприятиях, располагающих необходимыми системами технологического обслуживания. Приводятся примеры всех групп исследуемой техники. Исследованы серийные картофелеуборочные машины, представленные отечественными и зарубежными производителями. Несмотря на ряд преимуществ импортной техники, её недостатком является чрезмерно высокая стоимость, равно как и запасных частей к ней. Отмечено, что для увеличения производства картофеля хозяйствам всех типов необходима надежная и простая в эксплуатации серийная техника российского производства, адаптированная для отечественных условий, а также отвечающая оптимальному сочетанию цены и качества.

**Ключевые слова:** картофелеуборочная техника, тенденции развития, отечественные и зарубежные производители, технологический процесс, агрегатирование.

**Формат цитирования:** Краснящих К.А., Васьков А.А., Скороходов Д.М., Трушина Л.Н., Лазарь В.В. Тенденции развития конструкций картофелеуборочной техники // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. N3(91). С. 39-44. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-3-39-44.