

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 636.221.28.082.453

К обоснованию конструктивных параметров аппарата для искусственного осеменения коров

Купреенко А.И., Исаев Х.М., Конопелькин А.А., Исаев С.Х.

Аннотация. Аппараты для искусственного осеменения коров как отечественного, так и зарубежного производства оснащены только устройствами для дозирования семени, подсветки и мини-видеокамерами. Подогрев рабочей части для обеспечения комфортной работы в зимних условиях в этих аппаратах отсутствует. Целью исследования является разработка аппарата, имеющего подогрев рабочей части, возможность визуального контроля места ввода семени в шейку матки животного. Предложена конструктивно-технологическая схема аппарата для искусственного осеменения коров. Аппарат для искусственного осеменения содержит корпус, шприц ШО-3М, устройство для фиксации шприца, устройство для подогрева и поддержания заданной температуры рабочей части аппарата, мини-видеокамеру с подсветкой. Изображение с мини-видеокамеры непрерывно выводится на экран мобильного телефона, установленного на кронштейне корпуса аппарата. Основными конструктивными параметрами аппарата для искусственного осеменения коров являются: диаметр трубки, длина трубки, вылет кончика шприца за обрез трубки, мощность нагревателя рабочей части аппарата. В результате проведенного исследования определены конструктивные параметры рабочей части аппарата для искусственного осеменения коров: длина вводимой части трубки - 40 см, вылет кончика шприца относительно обреза трубки - 50 мм, диаметр трубки - 0,02 м, требуемая мощность нагревателя при его непрерывной работе – 7,72 Вт. Коэффициент теплоотдачи поверхности нагревателя определен с использованием критериальных уравнений.

Ключевые слова: аппарат для искусственного осеменения, шприц осеменатора, мощность нагревателя.

Для цитирования: Купреенко А.И., Исаев Х.М., Конопелькин А.А., Исаев С.Х. К обоснованию конструктивных параметров аппарата для искусственного осеменения коров // Инновационная техника и технология. 2023. Т. 10. № 3. С. 44–49.

To substantiate the design parameters of the apparatus for artificial insemination of cows

Kupreenko A.I., Isaev H.M., Konopelkin A.A., Isaev S.H.

Abstract. Devices for artificial insemination of cows of both domestic and foreign production are equipped only with devices for seed dosing, illumination and mini-video cameras. There is no heating of the working part to ensure comfortable operation in winter conditions in these devices. The aim of the study is to develop a device that has heating of the working part, the possibility of visual control of the place of seed insertion in the cervix of the animal. The constructive and technological scheme of the apparatus for artificial insemination of cows is proposed. The device for artificial insemination contains a housing, a SHO-3M syringe, a device for fixing the syringe, a device for heating and maintaining the set temperature of the working part of the device, a mini-video camera with backlight. The image from the mini-video camera is continuously displayed on the screen of a mobile phone mounted on the bracket of the

device body. The main design parameters of the apparatus for artificial insemination of cows are: the diameter of the tube, the length of the tube, the departure of the tip of the syringe beyond the tube, the heater power of the working part of the apparatus. As a result of the study, the design parameters of the working part of the apparatus for artificial insemination of cows were determined: the length of the inserted part of the tube is 40 cm, the tip of the syringe extends relative to the tube cut-off is 50 mm, the tube diameter is 0.02 m, the required heater power during its continuous operation is 7.72 watts. The heat transfer coefficient of the heater surface is determined using criterion equations.

Keywords: artificial insemination apparatus, inseminator syringe, heater power.

For citation: Kupreenko A.I., Isaev H.M., Konopelkin A.A., Isaev S.H. To substantiate the design parameters of the apparatus for artificial insemination of cows. *Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]*. 2023. Vol. 10. No. 3. pp. 44–49. (In Russ.).

Введение

Эффективность скотоводства в значительной мере определяется уровнем организации искусственного осеменения животных в хозяйствах. Недостатком естественного способа является его успешность в пределах 40%, возможная передача болезней, мутаций от быка-производителя, дополнительные затраты на его содержание [4, 5].

Наибольшее распространение в хозяйствах получили три способа искусственного осеменения: ректо-, визо- и маночервикальный. [1, 2, 9, 10]. Наиболее распространен ректоцервикальный способ. Однако при этом способе осеменения у осеменатора отсутствует визуальный контроль места ввода семени в канал шейки матки коровы. Молодые и неопытные специалисты далеко не всегда могут отыскать шейку матки и зафиксировать ее. В результате шприц вводится в лучшем случае на $\frac{1}{4}$ ее длины, что значительно снижает результативность процедуры осеменения. Кроме того, из-за плохой фиксации и неумения помочь проведению пипетки оператор может травмировать слизистую оболочку шейки матки [6, 7].

Недостатком визо-цервикального аппарата, имеющего зеркало и подсветку, является неудобство обеспечения постоянного подогрева рабочей части вагинального зеркала тем или иным образом, особенно в зимнее время, что создает дискомфорт для животного особенно в холодное время года и также снижает вероятность успешного осеменения [3].

Существующие аппараты как отечественного, так и зарубежного производства оснащены только устройствами для дозирования семени, подсветки и мини-видеокамерами. Подогрев рабочей части для обеспечения комфортной работы в зимних условиях в этих аппаратах отсутствует.

Поэтому актуальной задачей является разработка аппарата, имеющего подогрев рабочей части, возможность визуального контроля места ввода семени в шейку матки животного.

Цель исследования. Разработка аппарата, имеющего подогрев рабочей части, возможность визуального контроля места ввода семени в шейку матки животного.

Объекты и методы исследования

На основе анализа существующих конструкций аппаратов разработана конструктивно-технологическая схема аппарата для искусственного осеменения коров [8].

Аппарат для искусственного осеменения содержит корпус, шприц ШО-3М, устройство для фиксации шприца, устройство для подогрева и поддержания заданной температуры рабочей части аппарата, мини-видеокамеру с подсветкой. Изображение с мини-видеокамеры непрерывно выводится на экран мобильного телефона, установленного на кронштейне корпуса аппарата (рис. 1).

Фиксация кончика шприца осеменатора осуществляется в отверстии заглушки 5 рабочей части аппарата. Со стороны зажима шприц укладывается в посадочное место 7 и зажимается фиксатором 8. Перемещение поршня шприца осеменатора осуществляется рычажно-шарнирным механизмом. Требуемая температура рабочей части аппарата поддерживается нагревателем 22, размещенным в трубке 23 рабочей части аппарата. Управление терморегулятором 25 осуществляется датчиком температуры 24. Питание электрической сети производится от батареи питания 26.

Перед началом работы осеменатор включает в работу устройство подогрева рабочей части аппарата. При достижении заданной температуры осеменатор фиксирует заряженный семенем шприц с выдвинутым поршнем на корпусе аппарата. Далее осеменатор вводит аппарат для искусственного осеменения во влагалище, контролируя процесс ввода по изображению на экране мобильного телефона. При достижении кончика шприца шейки матки осеменатор нажимом на кулису рычажно-шарнирного механизма выдавливает семя в канал шейки матки

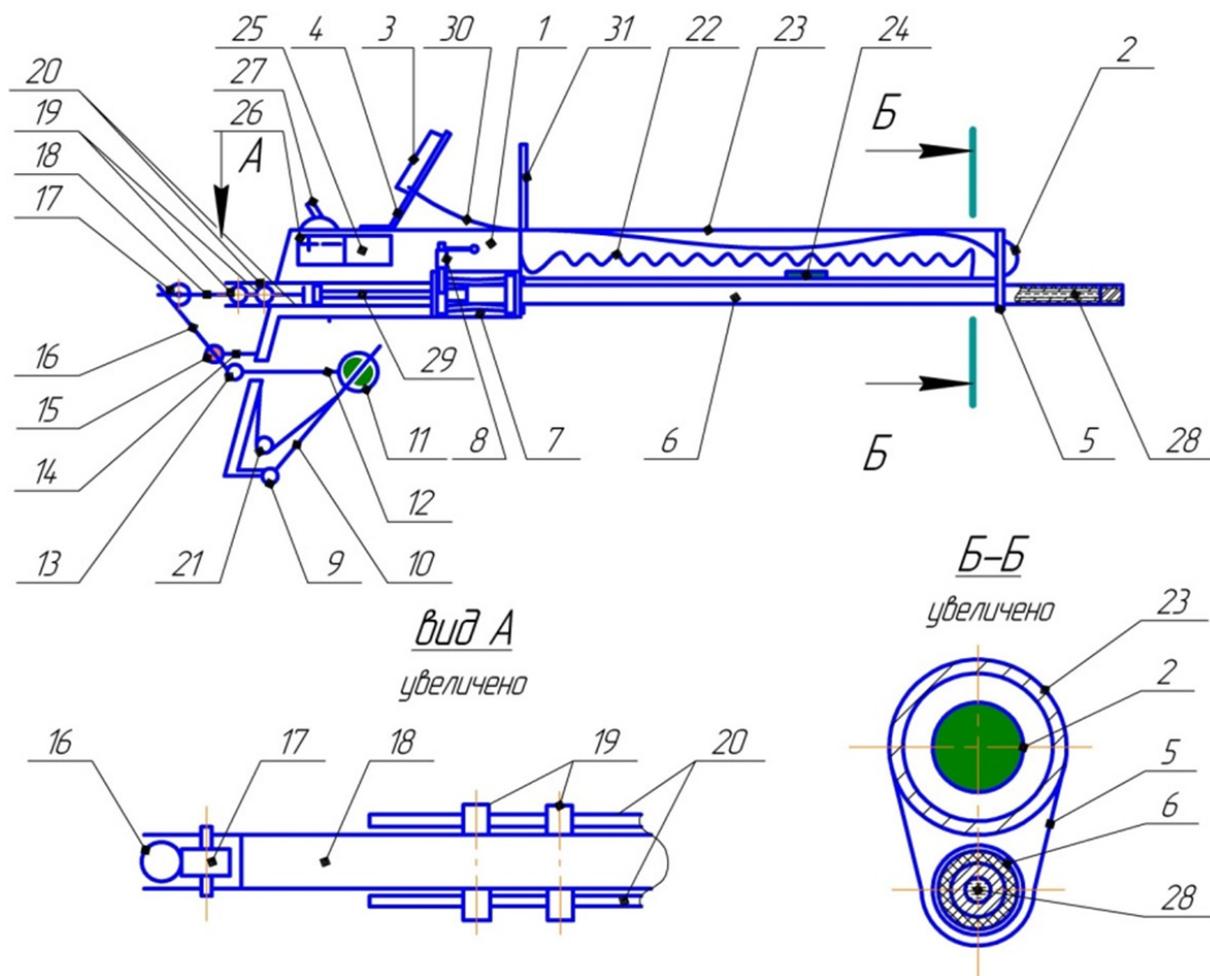


Рис. 1. Схема аппарата для искусственного осеменения: 1 – корпус; 2 – мини-видеокамера; 3 – мобильный телефон; 4 – кронштейн; 5 – заглушка; 6 – шприц осеменатора; 7 – посадочное место под шприц; 8 – фиксатор; 9 – шарнир; 10 – кулиса; 11 – шарнир-ползун; 12 – шатун; 13 – шарнир; 14 – кронштейн; 15 – ось; 16 – рычаг; 17 – ролик; 18 – толкатель; 19 – бобышки; 20 – направляющая; 21 – возвратная пружина; 22 – нагреватель; 23 – трубка; 24 – датчик температуры; 25 – терморегулятор; 26 – батарея питания; 27 – выключатель; 28 – порция семени; 29 – поршень; 30 – кабель; 31 – упор

коровы. При этом устранение дискомфорта животного, особенно в зимнее время, обеспечивается устройством подогрева рабочей части аппарата.

Температура рабочей части аппарата должна поддерживаться в пределах 37...39 °С.

Основными конструктивными параметрами аппарата для искусственного осеменения коров являются: диаметр трубки, длина трубки, вылет кончика шприца за обрез трубки, конструкция упоров на конце трубки.

Кроме этого необходимо рассчитать мощность нагревателя по теплопотерям трубки на основании критериальных уравнений.

Результаты

Исходя из строения коровы, длины катетера ШО-3М, равной 405 мм, длина вводимой части трубки должна составлять 40 см. Это позволяет дотянуться до шейки матки концом шприца и не допустить контакта корпуса прибора с телом животного.

Так как сперма должна гарантированно попасть в матку коровы, то необходимый вылет кончика шприца относительно обреза трубки должен

быть не менее 40 мм. Эта длина позволяет пройти через всю шейку матки.

Излишняя длина вылета шприца будет затруднять продвижение аппарата при его вводе и может быть травмо опасно для животного. Поэтому принимаем длину вылета равную 50 мм.

Диаметр трубки должен быть минимален исходя из того, что чем больше площадь поверхности трубки, тем больше микрофлоры может попасть внутрь, сложнее вводить в половые органы, больше поверхность теплоотдачи и больше мощность нагревателя и расход энергии, больше вес аппарата.

В тоже время, так как видеокамера с кабелем, нагреватель, терморезистор и вся проводка располагаются внутри трубки, то диаметр будет определяться возможностью расположения всех этих элементов внутри трубки.

Исходя из геометрических размеров используемых деталей, диаметр трубки принят равным 0,02 м.

Задачу по определению мощности нагревателя можно сформулировать так: определить секундные теплопотери с 0,4 м длины горизонтально расположенной цилиндрической трубки, охлаждаемой

свободным потоком воздуха, если известны наружный диаметр трубки $d=0,02$ м, температура стенки трубы $t_c=38^\circ\text{C}$ и температура воздуха $t_b=2^\circ\text{C}$ в помещении.

Количество теплоты, отдаваемое трубой за время τ можно определить по формуле:

$$Q = \alpha \cdot F \cdot \tau (t_c - t_b) \text{ Дж}, \quad (1)$$

где α – коэффициент теплоотдачи, $\text{Вт}/\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C}$;
 F – площадь поверхности теплоотдачи, м^2 ;
 τ – время, с;

t_c – температура стенки, $^\circ\text{C}$;
 t_b – температура воздуха, $^\circ\text{C}$.

Коэффициент теплоотдачи α можно найти, используя критериальные уравнения. Для случая свободной конвекции при горизонтальных трубах

$$\text{Nu}_b = 0,5(\text{Cr}_b \cdot \text{Pr}_b)^{0,25} \left(\frac{\text{Pr}_b}{\text{Pr}_c} \right)^{0,25} \quad (2)$$

где $\text{Nu}_b = \frac{\alpha d}{\lambda_b}$ – критерий Нуссельта;

$$\text{Cr}_b = \frac{gd^3}{\nu^2} \beta \Delta t \text{ – критерий Грасгофа};$$

$$\text{Pr} = \frac{\nu}{a} \text{ – критерий Прандтля};$$

d – характерный размер (для горизонтальных труб – диаметр), м;

λ_b – коэффициент теплопроводности, $\text{Вт}/\text{м} \text{ }^\circ\text{C}$;

g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$;

β – коэффициент объемного расширения, $1/^\circ\text{C}$;

$\Delta t = t_c - t_b$ – температурный напор, $^\circ\text{C}$;

ν – коэффициент кинематической вязкости, $\text{м}^2/\text{с}$;

a – коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$.

Индекс «в» указывает на то, что соответствующие параметры определяются при температуре воздуха, а индекс «с» – при температуре стенки.

Для воздуха при $t_b=2^\circ\text{C}$ находим справочные данные для следующих параметров:

$$\nu = 13,28 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}; \quad \lambda_b = 2,44 \cdot 10^{-2} \text{ Вт}/\text{м} \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\text{Pr}_b = 0,707.$$

Литература

- [1] Аппарат для визоцервикального способа осеменения коров / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, В.Е. Гапонова, Е.И. Слезко // Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 2 (46). С. 104-107. EDN: HGKCTW

Критерий Прандтля при $t_c=38^\circ\text{C}$: $\text{Pr}_c = 0,707$.

Критерий Грасгофа будет равен:

$$\text{Cr}_b = \frac{9,81 \cdot 0,02^3 (38 - 2)}{13,28^2 \cdot 10^{-12} \cdot 298} = 0,54 \cdot 10^5.$$

Подставляя полученные значения в (2), определим значение критерия Нуссельта:

$$\text{Nu}_b = 0,5(0,54 \cdot 10^5 \cdot 0,707)^{0,25} \left(\frac{0,707}{0,700} \right)^{0,25} = 7.$$

Из определения критерия Нуссельта следует

$$\alpha = \frac{\text{Nu}_b \lambda_b}{d} = \frac{7 \cdot 2,44 \cdot 10^{-2}}{0,02} = 8,54 \text{ Вт}/\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Подставляя найденное значение α в выражение (1) определим искомое количество теплоты:

$$Q = 8,54 \cdot 3,14 \cdot 0,02 \cdot 0,4 \cdot 1(38 - 2) = 7,72 \text{ Дж}.$$

Так как данное количество теплоты отдается за 1 с, то требуемая мощность нагревателя численно будет равна этому значению – 7,72 Вт.

Обсуждение

Полученное значение мощности будет потребляться при непрерывной работе нагревателя. Так как для ускоренного прогрева в начале работы используется более мощный нагреватель с температурой нагрева до 300°C в комплекте с термореле, то периодически потребляемая мощность будет значительно выше. Расход энергии будет зависеть от температуры окружающей среды.

При вводе аппарата в половые пути коровы теплоотдача будет уже не воздуху, а слизистой поверхности путей. По сравнению с воздухом потери теплоты будут выше, поэтому расход энергии будет больше.

Выводы

В результате проведенного исследования определены конструктивные параметры рабочей части аппарата для искусственного осеменения коров: длина вводимой части трубки – 40 см, вылет кончика шприца относительно обреза трубки – 50 мм, диаметр трубки – 0,02 м, требуемая мощность нагревателя при его непрерывной работе – 7,72 Вт.

References

- [1] Apparatus for the visocervical method of insemination of cows / A.I. Kupreenco, H.M. Isaev, V.E. Gaponova, E.I. Slezko // Technique and technologies in animal husbandry. 2022. No. 2 (46). pp. 104-107. EDN: HGKCTW

- [2] Аппарат для искусственного осеменения коров / А.И. Купреенко, Х.М.О. Исаев, В.Е. Гапонова, Е.И. Слезко, М.А. Ткачев // В сборнике: От модернизации к опережающему развитию: обеспечение конкурентоспособности и научного лидерства АПК. 2022. С. 57-60. EDN: EAIJVG
- [3] Аппарат для осеменения КРС. Режим доступа: <http://partnerlab.ru/product-153-apparat-dlya-iskusstvennogo-osemeneniya-KRS>.
- [4] Бочаров, И.А. Акушерство, гинекология и искусственное осеменение сельскохозяйственных животных. Л.: Колос, 1967. 150 с.
- [5] Лебедько Е.Я. Состояние мясного скотоводства Брянской области / Е.Я. Лебедько, А.И. Купреенко // Техника и технологии в животноводстве. 2020. № 3 (39). С. 20-25. EDN: POSBNM
- [6] Патент на изобретение 2737486 РФ, МПК А61D 19/02 Аппарат для искусственного осеменения / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, А.Н. Голубов - № 2020107764; заявлено 19.02.20; опубликовано 01.12.20, Бюл. № 34. EDN: RHRIPQ
- [7] Патент на полезную модель 217050 РФ, МПК А61D 19/02 Аппарат для искусственного осеменения / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, С.Х. Исаев, С.М. Михайличенко - № 2022125604; заявлено 29.09.22; опубликовано 15.03.2023, Бюл. № 8. EDN: AOQHDO
- [8] Патент на полезную модель 216983 РФ, МПК А61D 19/02 Аппарат для искусственного осеменения / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, С.Х. Исаев, С.М. Михайличенко - № 2022110024; заявлено 12.04.22; опубликовано 13.03.2023, Бюл. № 8. EDN: TMDUDD
- [9] Ткачев М.А. Способы стимуляции половой функции и миометрия матки коров в условиях молочно-товарных ферм // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства: материалы национальной научно-практической конференции, посвященной 82-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, Почетного профессора Брянской ГСХА, доктора ветеринарных наук, профессора Ткачева Анатолия Алексеевича. 2020. Часть I. С. 141-145. EDN: DFMMNY
- [10] Шприц осеменатора ШО-3М. Режим доступа: <http://www.agrosfera55.ru/catalog/kategoriya-6/shpricz-sho-3m.html>
- [2] Apparatus for artificial insemination of cows / A.I. Kupreenko, H.M.O. Isaev, V.E. Gaponova, E.I. Slezko, M.A. Tkachev // In the collection: From modernization to advanced development: ensuring the competitiveness and scientific leadership of the agro-industrial complex. 2022. pp. 57-60. EDN: EAIJVG
- [3] Apparatus for insemination of cattle. Access mode: <http://partnerlab.ru/product-153-apparat-dlya-iskusstvennogo-osemeneniya-KRS>.
- [4] Bocharov, I.A. Obstetrics, gynecology and artificial insemination of farm animals. L.: Kolos, 1967. 150 p.
- [5] Lebedko E.Ya. The state of beef cattle breeding in the Bryansk region / E.Ya. Lebedko, A.I. Kupreenko // Equipment and technologies in animal husbandry. 2020. No. 3 (39). pp. 20-25. EDN: POSBNM
- [6] Patent for invention 2737486 RF, IPC A61D 19/02 Apparatus for artificial insemination / A.I. Kupreenko, H.M. Isaev, A.N. Golubov - No. 2020107764; announced 19.02.20; published 01.12.20, Byul. No. 34. EDN: RHRIPQ
- [7] Patent for utility model 217050 RF, IPC A61D 19/02 Apparatus for artificial insemination / A.I. Kupreenko, H.M. Isaev, S.H. Isaev, S.M. Mikhailichenko - No. 2022125604; announced 29.09.22; published 15.03.2023, Bul. No. 8. EDN: AOQHDO
- [8] Patent for utility model 216983 RF, IPC A61D 19/02 Apparatus for artificial insemination / A.I. Kupreenko, H.M. Isaev, S.H. Isaev, S.M. Mikhailichenko - No. 2022110024; announced 12.04.22; published 13.03.2023, Byul. No. 8. EDN: TMDUDD
- [9] Tkachev M.A. Methods of stimulation of sexual function and uterine myometrium of cows in dairy farms // Actual problems of veterinary medicine and intensive animal husbandry: materials of the national scientific and practical conference dedicated to the 82nd anniversary of the birth of the Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, Honorary Professor of the Bryansk State Agricultural Academy, Doctor of Veterinary Sciences, Professor Anatoly Tkachev Alekseyevich. 2020. Part I. S. 141-145. EDN: DFMMNY
- [10] The syringe of the inseminator SHO-3M. Access mode: <http://www.agrosfera55.ru/catalog/kategoriya-6/shpricz-sho-3m.html>

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Купреенко Алексей Иванович доктор технических наук профессор кафедры «Технологическое оборудование животноводства и перерабатывающих производств» ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет» 243365, Россия, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а. Тел.: 8(48341) 24-7-59 E-mail: kupreenkoai@mail.ru</p>	<p>Kupreenko Alexey Ivanovich D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Technological equipment for livestock breeding and processing industries» Bryansk State Agrarian University Phone: 8(48341) 24-7-59 E-mail: kupreenkoai@mail.ru</p>
<p>Исаев Хафиз Мубариз-оглы кандидат экономических наук заведующий кафедрой «Технологическое оборудование животноводства и перерабатывающих производств» ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет» 243365, Россия, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а. Тел.: E-mail: kaftogpp@bgsha.com</p>	<p>Isaev Hafiz Mubariz-oglu PhD in Economics head of the department of «Technological equipment for livestock breeding and processing industries» Bryansk State Agrarian University Phone: E-mail: kaftogpp@bgsha.com</p>
<p>Конопелькин Александр Александрович Заместитель управляющего производством КФХ (ЮЛ) Агрохолдинг «Кролково» 242507, Брянская область, Карачевский район, село Вельяминова, Советская ул., стр. 18</p>	<p>Konopelkin Alexander Alexandrovich Deputy Production Manager Agroholding «Krolkovo»</p>
<p>Исаев Самир Хафизович ассистент «Технологическое оборудование животноводства и перерабатывающих производств» ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет» 243365, Россия, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а. Тел.: E-mail: kaftogpp@bgsha.com</p>	<p>Isaev Samir Khafizovich assistant «Technological equipment for livestock breeding and processing industries» Bryansk State Agrarian University Phone: E-mail: kaftogpp@bgsha.com</p>