

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДОИЛЬНЫХ РАЗДРАЖИТЕЛЕЙ НА СОСКИ ВЫМЕНИ КОРОВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИБОРА «PULSOTEST COMFORT»

---

Евгений Александрович Андрианов  
Алексей Александрович Андрианов  
Виктор Васильевич Труфанов

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

К основным показателям, характеризующим уровень физиологического воздействия доильных раздражителей на соски вымени, можно отнести величину и характер вакуумной и механической нагрузок, которые нормируются международным стандартом ISO 5707-87 и определяют достаточный уровень безопасности доильного и вакуумного оборудования. Представленные в литературных источниках материалы по техническим решениям и разработкам доильных аппаратов не раскрывают особенностей их физиологического воздействия на молочную железу. Одним из способов определения параметров физиологического воздействия доильных раздражителей на соски вымени (физиологических параметров) является использование специализированного приборного оборудования, позволяющего осуществлять построение осциллограмм доения путем измерения пульсации и вакуума в доильных установках. В приведенных исследованиях авторы ставят перед собой задачу представить в общедоступной форме информацию, позволяющую рассчитывать уровень физиологического воздействия доильных раздражителей на соски вымени. Для расчета физиологических параметров в лабораторных условиях доильные стаканы надевают на имитаторы сосков искусственного вымени и подключают к вакуумпроводу, при этом подсосковую и межстенную камеры одного из доильных стаканов с помощью тройника и измерительных коротких шлангов соединяют с прибором «PulsoTest Comfort». Полученные данные используют для построения графических зависимостей колебаний, перепада давления вакуума в камерах доильных стаканов и вакуума смыкания сосковой резины в программной среде Microsoft Excel. Путем математических вычислений рассчитывают физиологические параметры: максимальное давление сосковой резины на ткани соска; максимальное растягивающее усилие, воздействующее на соски; вакуумную нагрузку, которую получают ткани сосков вымени за одну минуту и за весь период доения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: доильный аппарат, прибор «PulsoTest Comfort», искусственное вымя, осциллограмма доения, вакуумная нагрузка, растягивающее усилие, давление на ткани соска.

## IDENTIFICATION PROCEDURE OF THE PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF THE IMPACT OF CONTACT IRRITANTS ON THE COW UDDER TEATS USING THE PULSOTEST COMFORT DEVICE

Evgeniy A. Andrianov  
Aleksey A. Andrianov  
Viktor V. Trufanov

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The value and the character of vacuum and mechanical load of milking machines are the main indicators characterizing the level of physiological impact of contact irritants on the udder teats. These effects are normalized by ISO 5707-87 international standard and determine the sufficient level of safety of milking and vacuum equipment. Presented in the literature materials on technical solutions and developments of milking machines do not disclose the features of their physiological impacts on the mammary gland. The most advanced method to determine the parameters of the physiological impacts of contact irritants on the udder teats (physiological parameters) is the use of specialized instrumentation equipment that allows constructing oscillograms of the process of milking by measuring pressure pulsation and vacuum in milking machines. The authors made an effort for providing in an easily

accessible form information used in order to calculate the level of physiological impact of contact irritants on the udder teats. In laboratory conditions milking cups are put on simulators of teats of an artificial model of udder and connect them to a vacuum line, hereby under udder teat and insulation chambers of one of the teat cups by means of a tee and measuring short hoses are connected to PulsoTest Comfort device. The data obtained are used to construct graphical dependences of oscillations, vacuum pressure drop in the chambers of teat cups and closing vacuum of milking liner in the Microsoft Excel software environment. Based on mathematical calculations, such physiological parameters are determined: maximum pressure of the milking liner on the teat tissue; maximum tension force affecting the teats; vacuum load on the udder teat tissue in one minute and throughout milking period. KEYWORDS: milking machine, PulsoTest Comfort device, artificial model of udder, milking oscillogram, vacuum load, tension force, vacuum load on the udder teat tissue.

### **В**ведение

Доение представляет собой сложный физиологический процесс, цель которого заключается не только в быстром и достаточно полном извлечении образовавшегося в вымени молока, но и в том, чтобы создать хорошие условия для стимуляции продуктивности животного. Процесс молокоотдачи вызывается рефлекторным раздражением рецепторов молочной железы в результате преддоильной подготовки, а также соблюдением параметров работы доильного аппарата.

К основным показателям, характеризующим уровень физиологического воздействия раздражителей доильных установок на соски вымени, можно отнести величину и характер вакуумной и механической нагрузок [1, 2, 4, 9, 10, 12, 14, 15].

В основном эти показатели нормируются требованиями ГОСТ 28545-90 (ISO 5707-83), которые определяют достаточный уровень безопасности доильного и вакуумного оборудования [5].

Представленные в литературных источниках материалы по техническим решениям и разработкам доильных аппаратов, позволяющие обосновать их конструктивные и технологические параметры, не раскрывают в полном объеме особенности их физиологического воздействия на молочную железу.

Одним из способов определения физиологического воздействия доильных раздражителей на соски вымени является использование специализированного приборного оборудования, позволяющего осуществлять построение кривых колебаний давления (осциллограмм доения) путем измерения пульсации и вакуума в доильных установках [2, 6, 7, 12, 13].

Наиболее известными устройствами для измерения пульсации и вакуума в доильных установках являются приборы таких фирм, как «GEA Farm Technologies» и «DeLaval».

Несмотря на то что специалисты знакомы с инструкциями по эксплуатации подобных устройств, авторы статьи ставят перед собой задачу представить в общедоступной форме информацию, позволяющую широкому кругу агроинженеров рассчитывать уровень физиологического воздействия доильных раздражителей на молочную железу.

### **Описание работы прибора «PulsoTest Comfort»**

Колебания вакуума в диапазоне от +40 до –50 кПа с дискретностью выходного параметра 0,1 кПа фиксируются встроенными тензодатчиками давления прибора «PulsoTest Comfort» через каждые 0,002 с, а погрешность измерений не превышает 0,6 кПа [8].

На ЖК-дисплей выводятся измерительные кривые (осциллограммы) колебаний вакуума в испытываемых камерах доильных стаканов. По измеренным значениям программным обеспечением прибора автоматически рассчитывается максимальное и минимальное давление вакуума (кПа), частота пульсаций вакуума ( $\text{мин}^{-1}$ ), соотношение фаз (%), длительность фаз (мс), продолжительность рабочего цикла (мс). Кроме того, конструкция прибора позволяет автоматически передавать сохранённые данные в формате Microsoft Excel на персональный компьютер.

Общий вид прибора представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Общий вид прибора для измерения пульсации и вакуума в доильных установках «PulsoTest Comfort»: 1 – последовательный порт; 2 – кнопки навигации; 3 – кнопки ESC и OK; 4 – функциональные кнопки F1 – F5; 5 – ЖК-дисплей; 6 – функциональные кнопки F6 – F10; 7 – отсек для батареек; 8, 9, 10, 11 – каналы соответственно 1, 2, 3, 4

Прибор состоит из корпуса, на передней панели которого расположены: жидкокристаллический дисплей 5; кнопки навигации 2, предназначенные для перемещения по меню; кнопки 3 (ESC и OK) для отмены и подтверждения действия; функциональные кнопки 4 (F1 – F5) и 6 (F6 – F10). На левой боковой панели расположен последовательный порт 2 для соединения прибора с компьютером или принтером через интерфейсный кабель. На правой боковой панели расположены отсек для батареек 7 и каналы 8, 9, 10, 11.

#### Методика измерения колебаний вакуумметрического давления в камерах доильных стаканов

Для расчета показателей физиологического воздействия испытываемого доильного аппарата на соски вымени необходимо построить кривые колебаний вакуума.

Для этого доильные стаканы испытываемого доильного аппарата надевают на имитаторы сосков искусственного вымени и подключают к вакуумпроводу. Далее подсосковую и межстенную камеры одного из доильных стаканов с помощью тройника и измерительных коротких шлангов соединяют с прибором «PulsoTest Comfort» (рис. 2), используя каналы 1 и 2 (рис. 1). Включают в работу вакуумную установку. Величину вакуумметрического давления в системе, контролируемую вакуумметром, устанавливают с помощью вакуум-регулятора, равной по значению уровню вакуума, рекомендуемому заводом-изготовителем или разработчиками испытываемого доильного аппарата. Продолжительность каждого опыта не менее 4–5 мин. [6]. Каждый опыт проводят в трехкратной повторности.

При этом с целью получения кривых колебаний давления в условиях лаборатории, наиболее соответствующих реальному процессу доения, необходимо устанавливать пропускную способность аппарата, контролируемую молокомером, идентичной интенсивности молоковыведения под коровой, путем установки в имитаторы сосков искусственного вымени насадок необходимого диаметра, так как вакуумметрическое давление под соском зависит от пропускной способности доильного аппарата.

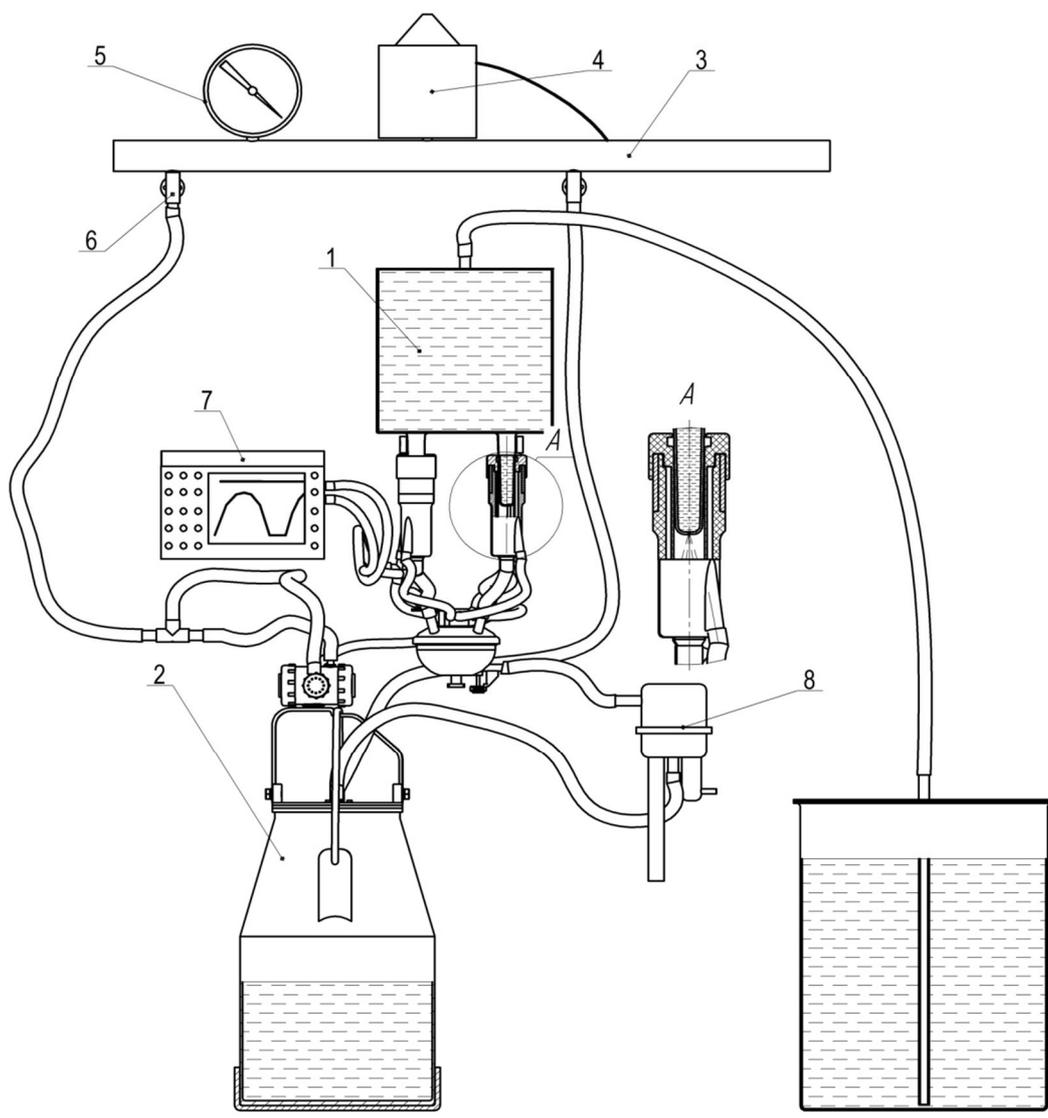


Рис. 2. Схема установки для имитации процесса доения испытываемым аппаратом и построения кривых колебаний вакуума в камерах доильных стаканов: 1 – искусственное вымя; 2 – испытываемый доильный аппарат; 3 – фрагмент вакуумпровода; 4 – вакуум-регулятор; 5 – вакуумметр; 6 – кран; 7 – прибор «PulsoTest Comfort»; 8 – молокомер

Для оценки физиологичности испытываемого аппарата в различных режимах доения рекомендуется построение кривых колебаний вакуума в соответствующих режимах [2, 6, 7, 13]. Все необходимые данные передаются на персональный компьютер. Далее проводится анализ полученной информации и построение кривых колебаний давления в межстенных и подсосковых камерах доильных стаканов и других дополнительных графиков.

#### Построение графических зависимостей

Программное обеспечение прибора «PulsoTest Comfort» позволяет передавать в формате Microsoft Excel на персональный компьютер фиксируемые тензодатчиками давления колебания вакуума в камерах доильных стаканов в виде осциллограмм доения за период рабочего цикла [8].

Для дальнейшего расчета показателей физиологического воздействия испытываемого доильного аппарата на соски вымени необходимо построение еще двух зависимостей: графической зависимости перепада давления в камерах стаканов и графической зависимости вакуума смыкания сосковой резины [2, 6].

Построение графической зависимости перепада давления осуществляется путем расчета разницы величин давления в камерах доильных стаканов. Эта операция осуществляется в исходном файле Microsoft Excel, который предоставляет программное обеспечение прибора «PulsoTest Comfort», путем расчета разницы значений соответствующих столбцов колебаний давления в подсосковой и межстенной камерах доильных стаканов за время рабочего цикла и построения точечной диаграммы по полученным результатам.

Получение графической зависимости вакуума смыкания сосковой резины осуществляется путем построения линии, параллельной оси абсцисс, через точку на оси ординат, равную по величине вакууму смыкания используемой в аппарате сосковой резины [2, 6]. Эта операция также осуществляется в исходном файле Microsoft Excel путем набора значений вакуума смыкания сосковой резины в соответствующий столбец за время рабочего цикла и построения точечной диаграммы.

На рисунке 3 представлены зависимости колебаний и перепада давления вакуума в камерах доильных стаканов аппарата «Нурлат» в номинальном режиме доения.

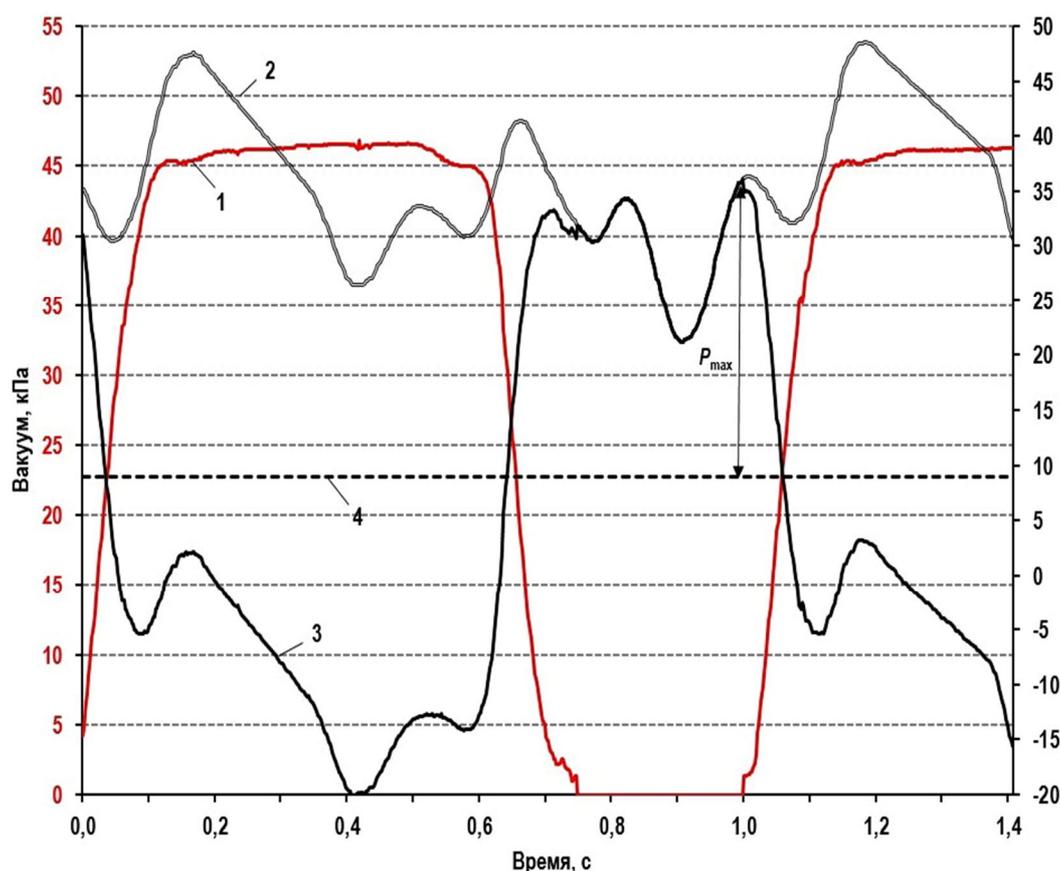


Рис. 3. Графические зависимости колебаний и перепада давления вакуума в камерах доильных стаканов аппарата «Нурлат» в номинальном режиме доения: 1 – график колебаний давления вакуума в межстенных камерах; 2 – график колебаний давления вакуума в подсосковых камерах; 3 – график перепада давления в камерах; 4 – график вакуума смыкания сосковой резины; 1 – соответствует левой оси ординат; 2, 3, 4 – правой оси ординат

### Расчет физиологических параметров воздействия доильных раздражителей на соски вымени

Физиологические параметры воздействия испытываемого доильного аппарата на молочную железу определяются величиной механической и вакуумной нагрузок на соски вымени [1, 2, 4, 9, 10, 12, 14, 15].

Обычно к механической нагрузке относят давление на соски вымени, оказываемое сосковой резиной в такте сжатия, и растягивающее усилие, оказываемое на сосок вакуумметрическим давлением в такте сосания.

Максимальное давление сосковой резины на ткани соска ( $P_{\max}$ , кПа) определяется как разница максимального перепада давления в камерах доильных стаканов в такте сжатия ( $P_{n.\max}$ , кПа) и вакуума смыкания сосковой резины ( $P_{см}$ , кПа)

$$P_{\max} = P_{n.\max} - P_{см}. \quad (1)$$

Вышеуказанные величины составляющих уравнения (1) элементарно рассчитываются в программной среде Microsoft Excel (рис. 3) [3].

Величину максимального растягивающего усилия ( $F_{p.\max}$ , Н) в такте сосания, возникающего от действия на сосок вакуумметрического давления, определяют произведением максимальной величины вакуумметрического давления в подсосковой камере ( $h_{\max}$ , кПа) на площадь поперечного сечения сосковой резины ( $S$ , м<sup>2</sup>) [11]:

$$F_{p.\max} = h_{\max} \cdot S, \quad (2)$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3)$$

где  $d$  – внутренний диаметр сосковой резины, м.

Вышеуказанные величины составляющих уравнения (2) также рассчитываются в программной среде Microsoft Excel (рис. 3) [4].

К вакуумной нагрузке относят вакуумное воздействие, которое получают ткани вымени за одну минуту и за весь период доения.

Вакуумную нагрузку ( $F_m$ , Н·с) находят из выражения [2]

$$F_m = P_{p.cр} \cdot t_{ц} \cdot S \cdot n \cdot t_{д}, \quad (4)$$

где  $P_{p.cр}$  – средняя величина вакуумметрического давления в подсосковой камере за период рабочего цикла, кПа;

$t_{ц}$  – продолжительность рабочего цикла, с;

$n$  – частота пульсаций пульсатора, Гц;

$t_{д}$  – продолжительность времени доения, с.

Средняя величина вакуума в подсосковой камере определяется в программной среде Microsoft Excel, а продолжительность рабочего цикла и частота пульсаций пульсатора автоматически рассчитываются программным обеспечением прибора «PulsoTest Comfort» и представляются в цифровом виде [8].

### **Выводы**

Представленная в статье методика позволяет понять основные принципы расчета физиологических параметров воздействия доильных раздражителей на соски вымени с использованием прибора «PulsoTest Comfort». Тем самым исследователю предоставляются большие возможности для собственных экспериментов, а сравнение расчетных параметров с нормативными, регламентированными ГОСТ 28545-90 (ISO 5707-83), позволяет сделать выводы о физиологичности разработанного доильного оборудования [5].

В качестве примера построены графические зависимости колебаний и перепада давления вакуума в камерах доильных стаканов аппарата «Нурлат» в номинальном режиме доения и рассчитаны физиологические параметры воздействия доильных раздражителей на соски вымени:

- максимальное давление сосковой резины на ткани соска  $P_{\max} = 27,1$  кПа;
- максимальное растягивающее усилие  $F_{p.\max} = 16,8$  Н;
- минутная вакуумная нагрузка  $F_m = 747,2$  Н·с.

## Библиографический список

1. Андрианов А.М. Совершенствование устройств для массажа вымени нетелей в период подготовки их к лактации / А.М. Андрианов, Е.А. Андрианов // Совершенствование процессов механизации в растениеводстве и животноводстве : сб. науч. тр. – Воронеж : Воронежский ГАУ, 2000. – С. 115.
2. Бородин С.А. Обоснование конструктивно-режимных параметров многофункционального стимулирующего доильного аппарата : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / С.А. Бородин. – Воронеж, 2018. – 198 с.
3. Вадзинский Р. Статистические вычисления в среде Excel. Библиотека пользователя / Р. Вадзинский. – Санкт-Петербург : Издательский дом «Питер», 2008. – 602 с.
4. Вальдман Э.К. Физиология машинного доения коров : производственно-практическое издание / Э.К. Вальдман. – Ленинград : Колос, Ленингр. отд-ние, 1977. – 191 с.
5. ГОСТ 28545-90 (ИСО 5707-83). Установки доильные. Конструкция и техническая характеристика (с изменениями). – Введ. 1991–07–01. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1998. – 16 с.
6. Обоснование режимных параметров многофункционального стимулирующего доильного аппарата / Е.А. Андрианов, С.А. Бородин, А.А. Андрианов, Т.Н. Тертычная // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 4. – С. 18–23.
7. Петров И.Е. Обоснование параметров доильного аппарата с независимым вакуумным режимом : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / И.Е. Петров. – Москва, 2017. – 183 с.
8. Прибор для измерения пульсации и вакуума в доильных установках PulsoTest Comfort – GEA Farm Technologies [сайт] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.yumpu.com/en/document/view/38416227/pulstest-comfort-gea-farm-technologies> / (дата обращения: 11.03.2019).
9. Ульянов В.М. Конструкция и эксплуатация доильных аппаратов : монография / В.М. Ульянов. – Рязань : РГАТУ, 2012. – 112 с.
10. Ульянов В.М. Физиологически адаптированный доильный аппарат / В.М. Ульянов, В.А. Хрипин // Сельский механизатор. – 2007. – № 1. – С. 12–13.
11. Франс Дж. Математические модели в сельском хозяйстве / Дж. Франс, Дж. Х.М. Торнли ; пер. с англ. А.С. Каменского ; под ред. Ф.И. Ерешко ; предисл. Ф.И. Ерешко и А.С. Каменского. – Москва : Агропромиздат, 1987. – 400 с.
12. Щукин С.И. Методика проведения лабораторных испытаний стимулирующего доильного аппарата / С.И. Щукин, В.Л. Аванесов // Вестник Московского государственного агроинженерного университета им. В.П. Горячкина. – 2012. – № 1 (52). – С. 60–61.
13. Щукин С.И. Обоснование параметров исполнительных механизмов доильного аппарата парного действия : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / С.И. Щукин. – Москва, 2006. – 146 с.
14. Modelling of lactation / E.A. Andrianov, V.P. Shatsky, A.A. Andrianov, S.A. Borodin // Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences. – 2017. – Vol. 19, No. 3. – P. 594–597.
15. Assessment of milking systems / I. Ohnstad, R. Blowey, N. Frame., R. Laven, A. Norton, A. White // Clinical Forum UK Vet. – 2006. – Vol. 11, No. 1. – Pp. 28–34.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Евгений Александрович Андрианов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: [evgeniy377@gmail.com](mailto:evgeniy377@gmail.com).

Алексей Александрович Андрианов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: [alexey739@gmail.com](mailto:alexey739@gmail.com).

Виктор Васильевич Труфанов – доктор технических наук, профессор кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: [bgd@agroeng.vsau.ru](mailto:bgd@agroeng.vsau.ru).

Дата поступления в редакцию 18.08.2019

Дата принятия к печати 30.09.2019

## AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Evgeniy A. Andrianov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Technological Equipment, Processing Plants' Processes, Agricultural Engineering, Health and Safety, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: [evgeniy377@gmail.com](mailto:evgeniy377@gmail.com).

Aleksey A. Andrianov, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Technological Equipment, Processes of Processing Industries, Agricultural Mechanization and Health and Safety, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: [alexey739@gmail.com](mailto:alexey739@gmail.com).

Viktor V. Trufanov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Technological Equipment, Processes of Processing Industries, Agricultural Mechanization and Health and Safety, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: [bgd@agroeng.vsau.ru](mailto:bgd@agroeng.vsau.ru).

Received August 18, 2019

Accepted September 30, 2019