

На правах рукописи



**ДИДЕНКО АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ**

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТИМУЛИРУЮЩЕГО  
ДОИЛЬНОГО АППАРАТА С УПРАВЛЯЕМЫМ ПОДСОСКОВЫМ  
ВАКУУМНЫМ РЕЖИМОМ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации  
сельского хозяйства

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

Новосибирск – 2014

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Новосибирский государственный аграрный университет».

Научный руководитель: доктор технических наук, старший научный сотрудник,  
**Петухов Николай Александрович,**

Официальные оппоненты: **Сабиев Уахит Калижанович,**  
доктор технических наук, профессор,  
ФГБОУ ВПО «Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина», профессор кафедры агроинженерии

**Камышов Юрий Николаевич,**  
кандидат технических наук  
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», доцент кафедры наземных транспортно-технологических систем

Ведущая организация: Государственное научное учреждение Сибирский научно-исследовательский институт животноводства Российской академии сельскохозяйственных наук  
(ГНУ СибНИИЖ Россельхозакадемии)

Защита диссертации состоится «12» декабря 2014 г. в 9 часов на заседании диссертационного совета ДМ 006.059.01 при Государственном научном учреждении Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ СибИМЭ Россельхозакадемии) по адресу: 630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью, просим направлять в адрес диссертационного совета: 630501, Новосибирская область, Новосибирский район, п. Краснообск – 1, а/я 460, ГНУ СибИМЭ Россельхозакадемии, телефон (факс): (383) 348-12-09; e-mail: sibime@ngs.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ СибИМЭ Россельхозакадемии, автореферат размещен на сайте ВАК Минобрнауки России [www.vak2.ed.gov.ru](http://www.vak2.ed.gov.ru), автореферат и диссертация размещены на сайте [www.sibime-rashn.ru](http://www.sibime-rashn.ru).

Автореферат разослан «13» октября 2014 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат технических наук



Коротких Владимир  
Владимирович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Молочная продуктивность коров зависит от многих факторов, одним из которых является качество доения. Неполное выдаивание нарушает молокообразовательную деятельность молочной железы, что приводит к снижению продуктивности животных, преждевременному запуску коров, а также к воспалению вымени – маститу. Чтобы обеспечить полное выдаивание, необходимо чтобы доильный аппарат соответствовал физиологическим требованиям животных, основными из которых являются: стимуляция полноценного рефлекса молокоотдачи, полнота выдаивания, соответствие интенсивности выдаивания молокоотдаче, безвредность для вымени.

Несмотря на разнообразие выпускаемых доильных аппаратов признано, что они не полностью отвечают физиологическим требованиям. Поэтому проведение исследований, направленных на создание доильного аппарата, соответствующего основным требованиям физиологии животных при машинном доении, является актуальной задачей.

**Цель исследований.** Увеличение полноты выдаивания коров при машинном доении на основе обоснования доильного аппарата со стимуляцией рефлекса молокоотдачи и управляемым подсосковым вакуумным режимом.

**Объект исследований.** Процессы, протекающие в доильном аппарате со стимуляцией рефлекса молокоотдачи и управляемым подсосковым вакуумным режимом.

**Предмет исследований.** Закономерности протекания процессов в доильном аппарате со стимуляцией рефлекса молокоотдачи и управляемым подсосковым вакуумным режимом.

**Научная гипотеза.** Возможность увеличения полноты выдаивания коров за счет стимуляции рефлекса молокоотдачи и изменение подсоскового вакуума в соответствии с актом сосания коровы теленком с предотвращением задержки молоковыведения будет способствовать выполнению физиологических требований к машинному доению коров.

**Методы исследований.** Доильный аппарат рассматривается, как элемент системы «доильный аппарат–животное». При этом используются методы: моделирования систем в машинном доении, оптимизации и математической статистики с применением персонального компьютера.

**Научную новизну работы** представляют:

1. Модель функционирования биотехнической системы «доильный аппарат – корова».
2. Принципиальная схема стимулирующего доильного аппарата с управляемым подсосковым вакуумным режимом.
3. Конструктивные параметры элементов стимулирующего доильного аппарата.

**Практическая значимость.** Обоснованы параметры, режимы работы стимулирующего доильного аппарата с управляемым подсосковым вакуумным режимом. Применение доильного аппарата позволяет увеличить полноту

выдаивания коров на 10%, получить чистую прибыль на один доильный аппарат 55,4-85,2 тыс. руб. в год в зависимости от типа доильной установки.

Результаты исследований могут быть применены проектно-конструкторскими организациями для создания новых типов доильных аппаратов, и также могут использоваться в учебно-методических целях.

**Техническая новизна.** Получены два патента РФ: № 2337533 – коллектор доильного аппарата (2008 г.), № 2438299 – электромагнитный пульсатор доильного аппарата (2012 г.).

**Реализация результатов исследований.** По результатам исследований разработаны исходные требования на аппарат доильный переносной, стимулирующий рефлекс молокоотдачи, с управлением подсосковым вакуумом, которые рассмотрены и одобрены НТС департамента АПК администрации Новосибирской области (утверждены 18.11.2009).

**Апробация работы.** Основные материалы работы рассматривались на международных и региональных конференциях и конкурсах, в частности: IV Международной научно-практической конференции молодых ученых «Современные тенденции развития аграрной науки в России», посвященной 70-летию НГАУ (Новосибирск, 2006); Международной научно-практической конференции «Современные и перспективные технологии в АПК Сибири» (Новосибирск, 2006); Ежегодной научно-практической конференции студентов и аспирантов инженерного института НГАУ (Новосибирск, 2008-2009); II-III этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (Красноярск, Москва, 2008); VI Межрегиональной конференции молодых ученых и специалистов аграрных вузов Сибирского федерального округа «Научное и инновационное обеспечение АПК Сибири» (Барнаул, 2008).

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Модель функционирования биотехнической системы «доильный аппарат – корова».
2. Принципиальная схема стимулирующего доильного аппарата с управляемым подсосковым вакуумным режимом.
3. Конструктивные параметры элементов доильного аппарата, обеспечивающие его функционирование.

**Публикации.** Основное содержание диссертационной работы изложено в 15 печатных работах, в том числе 5 публикаций в изданиях из перечня рецензируемых журналов, рекомендованных ВАК, получено 2 патента РФ на изобретение.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, общих выводов, библиографического списка из 122 наименований, из них 10 на иностранных языках и приложений. Работа изложена на 120 страницах машинописного текста и включает 18 таблиц, 32 рисунка и 5 приложений.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Введение** отражает актуальность темы диссертации, цель исследования, научную новизну и практическую значимость.

**В первой главе** проведен анализ литературных источников и составлена классификация существующих конструкций доильных аппаратов с целью выявления направления разработки аппаратов, соответствующих физиологическим особенностям животных.

Вопросами механизации животноводства занимались: А.А. Аверкиев, В.П. Бабкин, М.К. Базаров, А.С. Веприцкий, А.А. Ганеев, А.В. Гольденфанг, С.Я. Горм, Ю.Н. Камышов, Л.П. Карташов, Э.А. Келпис, Л.П. Кормановский, В.Ф. Королев, И.С. Краснов, А.Е. Кузьмин, Г.Е. Литман, В.С. Мкртумян, В.П. Ожигов, М.Л. Пейнович, Н.А. Петухов, В.Н. Петухов, У.К. Сабиев, А.А. Скроманис, В.А. Стремнин, В.Ф. Ужик, У.Г. Уиттлстоун, И.Я. Федоренко, А.И. Фененко, Ю.А. Цой и др.

Общепризнано, что доильный аппарат должен выполнять технологические операции в соответствии с физиологическими требованиями к машинному доению.

К настоящему времени проведено значительное число исследований и предложен ряд методических подходов и технических решений по отдельным сторонам воздействия на вымя коровы, но нет комплексного методического подхода к решению поставленного вопроса.

Для реализации такого подхода необходимо обоснование методологии разработки технических средств, обеспечивающих выполнение физиологических требований к машинному доению на основе применения закономерностей, выявленных в акте сосания коровы теленком и в исследованиях конкретных технологий и технических средств.

Исходя из анализа состояния вопроса и цели исследования поставлены следующие **задачи**:

1. Разработать модель функционирования биотехнической системы «доильный аппарат – корова», являющийся частью биотехнической системы «человек–машина–животное».
2. Разработать принципиальную схему работы стимулирующего доильного аппарата с управляемым подсосковым вакуумным режимом.
3. Обосновать конструктивные параметры элементов стимулирующего доильного аппарата с управляемым подсосковым вакуумным режимом.
4. Провести производственную проверку стимулирующего доильного аппарата и оценить его эффективность.

**Во второй главе** представлены теоретические исследования по разработке математической модели функционирования элементов системы «доильный аппарат – корова», обоснованию параметров стимулирующего доильного аппарата с управляемым подсосковым вакуумным режимом и оценке влияния их на эффективность функционирования системы.

Адекватный доильный аппарат (режимы и параметры которого соответствуют физиологическим требованиям животных к машинному доению) должен осуществлять стимуляцию рефлекса молокоотдачи, полностью выдаивать и не наносить вреда вымени.

Результатом воздействия адекватного доильного аппарата на сосок коровы является извлечение молока (молоковыделение) в виде расхода  $q_b(t)$  (рисунок 1).

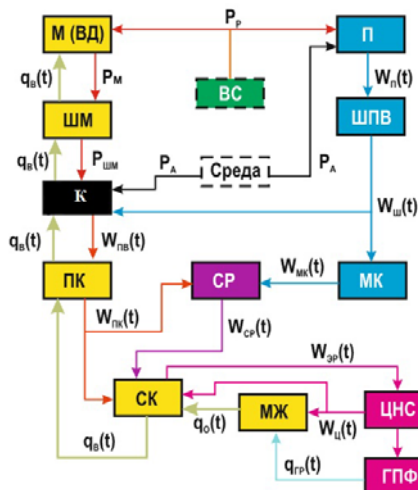


Рисунок 1 – Схема модели функционирования биотехнической системы «доильный аппарат – корова»:

ВС – вакуумная система; П – пульсатор; ШПВ – шланг переменного вакуума; МК – межстенная камера доильного стакана; М (ВД) – молокопровод (ведро доильное); ШМ – шланг молочный; К – коллектор; ПК – подсосковая камера доильного стакана; СР – сосковая резина доильного стакана; СК – сосок коровы; МЖ – молочная железа; ЦНС – центральная нервная система коровы; ГПФ – гипофиз;  $P_p, P_m, P_{шм}, P_a$  – вакуум рабочий, в молокопроводе, в молочном шланге, атмосферное давление;  $W_n(t)$  – мощность на выходе из пульсатора;  $W_m(t)$  – мощность, передаваемая по шлангам переменного вакуума;  $W_{cp}(t)$  – мощность колебаний сосковой резины;  $W_{mk}(t), W_{pk}(t)$  – мощность в межстенных и подсосковых камерах доильных стаканов;  $W_{mb}(t)$  – мощность подсоскового вакуума;  $W_{ck}(t)$  – мощность сжатия соска;  $W_{cp}(t)$  – мощность возбуждения от рецепторов соска;  $W_u(t)$  – мощность возбуждения от центральной нервной системы;  $q_o, q_b$  – расходы молока;  $q_{rp}$  – расход гормона

При этом осуществляется последовательное преобразование постоянного рабочего вакуума  $P_p$  вакуумной системы (ВС) и атмосферного давления  $P_a$  (потенциальной упругостной энергии давления (вакуум – атмосфера)) в колебательный поток энергии (мощность)  $W_{cp}(t)$  сосковой резины (СР) и мощность подсоскового вакуума  $W_{pk}(t)$ .

Модель энергетического воздействия стимулирующего доильного аппарата на вымя коровы можно представить в общем виде следующим образом:

$$\begin{aligned}
 W_{mk}(t) &= f(P_{mk}(t), \Delta V_{mk}(t), v_c, \lambda_c); \\
 W_{pk}(t) &= f(P_{pk}(t), \Delta V_{pk}(t), v_o, \lambda_o); \\
 W_{cp}(t) &= f(W_{mk}(t), W_{pk}(t)); \\
 W_{cp}(t) &= f(F_{cp}(t), \Delta R_{ck}(t), v_c, \lambda_c); \\
 W_u(t) &= f(W_{cp}(t)); \\
 q_o(t) &= f(q_o(t)),
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где  $P_{mk}(t)$  – изменение вакуума в межстенных камерах доильных стаканов;  $V_{mk}(t)$  – изменение объема межстенных камер;  $v_c, \lambda_c$  – частота пульсаций и скважность стимулирующей частоты;  $P_{pk}(t)$  изменение вакуума в подсосковой камере доильного стакана;  $\Delta V_{pk}(t)$  – изменение объема подсосковой камеры;  $v_o, \lambda_o$  – частота пульсаций и соотношение тактов основной частоты;  $F_{cp}(t)$  – сила сжатия соска сосковой резиной;  $\Delta R_{ck}(t)$  – амплитуда сжатия соска.



Транспортирующая способность доильного аппарата определяется по формуле:

$$\Delta P = h \cdot \rho_{см} \cdot g + \frac{V_{см}^2}{2 \cdot g} \left( \lambda_{см} + \frac{l}{d} + \zeta_{ax} + 2\zeta_{изз} + \zeta_{вых} \right), \quad (4)$$

где  $h$  – высота расположения молокопровода над коллектором;  $\rho_{см}$  – плотность молоковоздушной смеси;  $V_{см}$  – скорость движения молоковоздушной смеси;  $\lambda_{см}$  – коэффициент гидравлического трения смеси;  $l, d$  – длина и диаметр молочного шланга;  $\zeta_{вх}, \zeta_{изз}, \zeta_{вых}$  – коэффициенты местных сопротивлений входа, изгибов и выхода молочного шланга.

На рисунке 2 представлены теоретические осциллограммы давления в межстенных и подсосковых камерах доильных стаканов рассчитанные по формулам (2), (3).

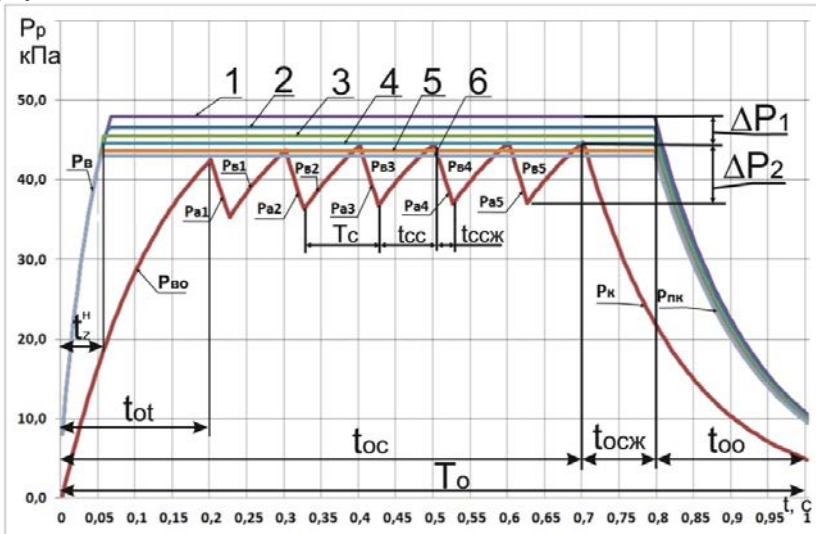


Рисунок 2 – Расчетные значения изменения давления:

1-6 – изменение вакуума в подсосковых камерах при разной интенсивности выдаивания от 0 до 5 л/мин соответственно

Основными параметрами, от которых зависит влияние доильных стаканов на соски коровы, являются перепады давления ( $\Delta P_1, \Delta P_2$ ) в межстенных и подсосковых камерах доильных стаканов, частота пульсаций основная  $\nu_0$  и стимулирующая  $\nu_c$ , продолжительности тактов сосания  $t_{oc}, t_{cc}, t_{ccж}, t_{ccж}$  и отдыха  $t_{oo}$ , величины рабочего вакуума  $P_p$ , колебательный режим вакуума в межстенных  $P_{мк}(t)$  и подсосковых  $P_{пк}(t)$  камерах доильных стаканов и их взаимосвязь, сила воздействия сосковой резины на сосок  $F_{cp}(t)$ .

За время такта сосания вакуум в межстенных камерах должен колебаться от  $(P_p - \Delta P_1)$  до  $(P_p - \Delta P_2)$  и обратно с частотой 10 Гц. За время тактов сжатия и отдыха  $(t_{ocж} + t_{oo})$  вакуум должен снижаться до атмосферного давления  $P_a$ . (таблица 1).



Вакуум, используемый для транспортировки молока за время цикла должен поддерживаться на одном уровне, примерно  $P_p \dots P_{40}$ .

Таблица 1 – Изменение давления в камерах доильных стаканов за время основного цикла (1 Гц)

Камера	Обозначение давления в камерах	Обозначение такта	Продолжительность такта, % от цикла	Величина вакуума
Подсосковая	$P_{нк}(t)$	$t_{ос}$ $t_{осж}$ $t_{оо}$	<b>80</b> <b>10</b> <b>10</b>	$P_p$ $P_p$ $P_p \rightarrow P_8$
Межстенная	$P_{нк}(t)$	$t_{ос}$ $t_{осж} + t_{оо}$	<b>70</b> <b>30</b>	$(P_p - \Delta P_1) \leftrightarrow (P_p - P_2)$ $P_p \rightarrow P_a$

Изменение давления в межстенных камерах зависит только от величины рабочего вакуума в вакуум-проводе, который поддерживается на постоянном уровне. На величину подсоскового вакуума влияет уровень рабочего вакуума и интенсивность выдаивания. Расчетный перепад давления в подсосковых камерах при максимальной интенсивности доения 5 л/мин составил 5 кПа по отношению к рабочему вакууму.

За основу функционирования стимулирующего доильного аппарата с управлением подсосковым вакуумом был принят способ доения со стимуляцией рефлекса молокоотдачи, разработанный в СибИМЭ. Процесс выдаивания животного доильным аппаратом, работающим по этому способу, состоит из двух параллельных процессов: стимуляция рефлекса молокоотдачи и извлечение молока из сосков.

Исходя из принятого способа разработана принципиальная схема доильного аппарата (рисунок 3). Реализация предложенной схемы позволяет осуществлять процесс доения в соответствии с физиологическими требованиями.

В соответствии с принципиальной схемой доильного аппарата были разработаны комбинированный электромагнитный пульсатор и коллектор.

В основе разработки электромагнитного комбинированного пульсатора (рисунок 4) был принцип минимизации используемого напряжения и силы тока для питания, что даёт возможность осуществлять работу при помощи малогабаритного источника питания, встроенного в доильный аппарат.

Задача решается тем, что комбинированный пульсатор состоит из электромагнита и пневматического повторителя-усилителя, который копирует выходной пневматический сигнал электромагнита, усиливает его и передает по шлангу к межстенным камерам доильных стаканов. При этом электромагнит работает только на управляющую камеру повторителя-усилителя, объем которой примерно в 1000 раз меньше объема межстенных камер доильных стаканов и шланга переменного вакуума доильного аппарата, на который работает электромагнитный пульсатор прямого действия.

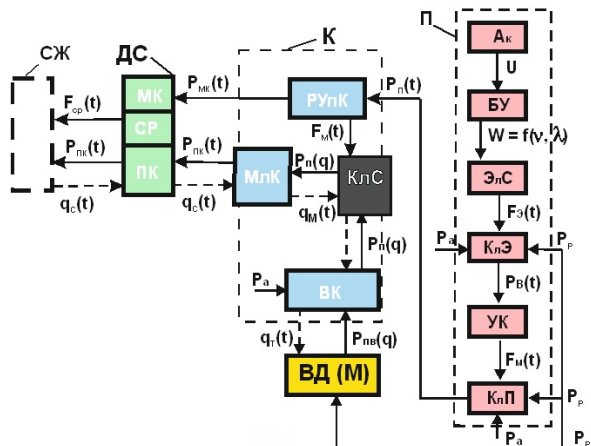


Рисунок 3 – Принципиальная схема стимулирующего доильного аппарата с управляемым подсосковым вакуумным режимом:

ДС – доильные стаканы, К – коллектор (РУпК – распределительно-управляющая камера, КлС – клапанная система, МлК – молочная камера, ВК – выпускная камера), П – пульсатор (Ак – аккумулятор малогабаритный, БУ – блок управления, ЭлС – электромагнитная система, КлЭ – клапан электромагнитный, УК – управляющая камера, КлП – клапан пневматический)

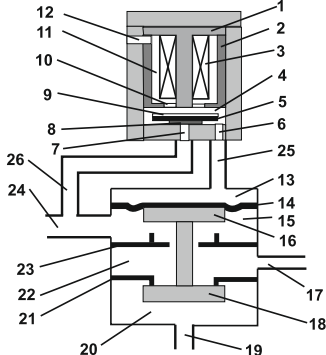


Рисунок 4 – Схема комбинированного пульсатора:

электромагнитная часть: 1 – сердечник; 2 – магнитопровод; 3 – катушка; 4 – камера переменного вакуума электромагнитной части; 5 – дисковый ярлык; 6 – выходное отверстие переменного вакуума; 7 – клапанное отверстие постоянного вакуума; 8 – эластичная прокладка ярлыка; 9 – диамагнитная прокладка; 10 – клапанное отверстие атмосферного давления; 11 – зазоры между магнитопроводом и катушкой; 12 – входное атмосферное отверстие; пневматическая часть: 13 – управляющая камера; 14 – мембрана; 15 – камера постоянного вакуума; 16 – верхний клапан; 17 – патрубок переменного вакуума; 18 – нижний клапан; 19 – патрубок атмосферного давления; 20 – камера постоянного атмосферного давления; 21,23 – перегородки; 22 – камера переменного давления; 24 – патрубок постоянного вакуума; 25 – канал переменного вакуума; 26 – канал постоянного вакуума.

По данным расчета, при стремлении тока срабатывания к минимуму, а магнитной индукции в рабочем зазоре между ярлыком и сердечником ЭМ к 0,3...0,35 Тл выбрали следующие параметры: диаметр вакуумного клапана 1 мм (сила притяжения ярлыка к гнезду клапана 0,07 Н), диаметр сердечника 4 мм, диаметр провода катушки 0,14 мм, длину катушки 30 мм. При этом ток

срабатывания составляет 17,5...20 мА при напряжении 6 В, ток установившийся 30,5 мА, при работе пульсатора в течение 2 ч затраты энергии составят 40...60 мАч.

Основой разработки коллектора являлось снижение вредного воздействия вакуума на соски животного и соответствие интенсивности выдаивания, молокоотдаче животного.

Конструктивно это обеспечивается наличием мембраны с двойным клапаном для получения такта отдыха в каждом цикле работы доильного аппарата, что способствует предохранению сосков животного от вредного действия вакуума. Наличие дополнительного отверстия и всплывающего клапана обеспечивает транспортировку молока из камеры переменного вакуума в камеру постоянного вакуума в тактах сжатия и отдыха, что способствует сохранению интенсивности выдаивания молока на уровне молокоотдачи животного.

Конструктивно-кинематическая схема предлагаемой конструкции коллектора показана на рисунках 5,6.

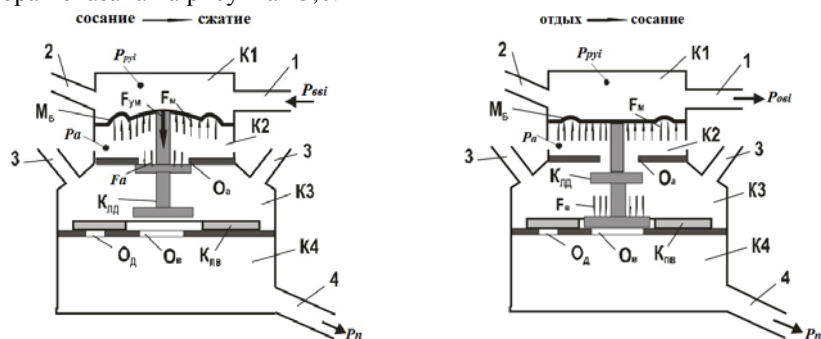


Рисунок 5 – Схема работы коллектора при нижнем расположении клапана в нейтральном положении мембраны

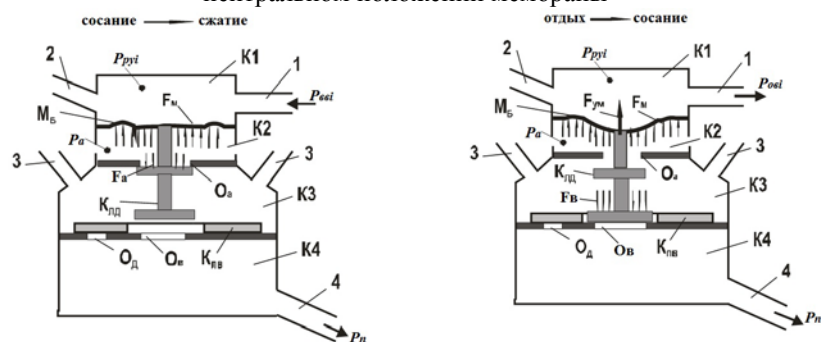


Рисунок 6 – Схема работы коллектора с верхним расположением клапана в нейтральном положении мембраны:

$P_a$  – атмосферное давление;  $P_n$  – подсосковый вакуум;  $P_{упр}$  – текущее давление в управляющей камере;  $P_{вх}$  – давление во входном патрубке управляющей камеры при откачке воздуха;  $P_{вых}$  – давление во входном патрубке при впуске воздуха;  $F_m$  – сила, действующая на мембрану;  $F_a$  – сила, действующая на верхний клапан;  $F_n$  – сила, действующая на нижний клапан;  $F_{ум}$  – сила упругости мембраны

**В третьей главе** приведены программа и методика экспериментальных исследований.

Программа экспериментальных исследований предусматривала:

1. Исследования работы коллектора, экспериментального доильного аппарата в двух исполнениях: при нижнем и верхнем расположении клапана в нейтральном положении мембраны (см. рисунки 5, 6).

2. Исследование вакуумного режима в межстенной и подсосковой камерах экспериментального доильного аппарата с наиболее выгодной конструкцией коллектора при различной интенсивности выдаивания.

3. Производственная проверка работы экспериментального образца доильного аппарата.

Исследования работы, экспериментального доильного аппарата проводились на лабораторной установке, схема которой представлена на рисунке 7.

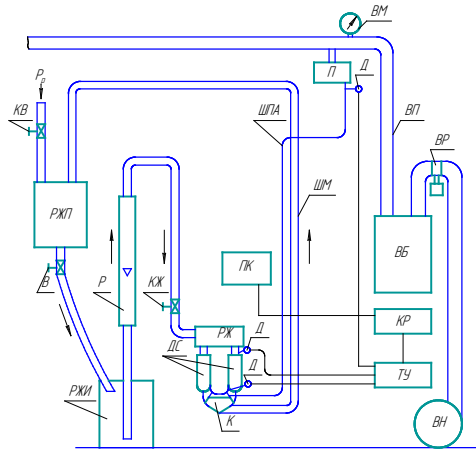


Рисунок 7 – Схема экспериментальной доильной установки:

**ВН** – вакуумный насос; **ВР** – вакуум-регулятор; **ВБ** – вакуум-баллон; **ВП** – вакуум-провод; **ВМ** – вакуумметр; **В** – вентиль; **КВ** – кран вакуумный; **КЖ** – кран регулировки расхода жидкости; **РЖП** – резервуар жидкости приемный; **РЖИ** – резервуар источник жидкости; **Р** – ротаметр; **РЖ** – распределитель жидкости по доильным стаканам; **ПК** – персональный компьютер; **Д** – датчики вакуумметрического давления; **ТУ** – тензоусилитель; **КР** – контроллер; **ДС** – доильные стаканы; **К** – экспериментальный коллектор; **ШПА** – шланг переменного вакуума доильного аппарата; **ШМ** – молочный шланг доильного аппарата; **П** – пульсатор; **Рр** – рабочий вакуум

При проведении исследований принимались конструктивно-режимные параметры экспериментального доильного аппарата, полученные расчетно-аналитическим способом.

Исследуемым параметром являлась величина вакуума в межстенных и подсосковых камерах доильных стаканов. В камеры доильных стаканов устанавливались тензодатчики давления, сигнал от которых поступал на тензоусилитель и затем в контроллер, соединенный с персональным компьютером. Запись результатов проводилась в память компьютера, с последующей обработкой данных.

**В четвертой главе** приведены результаты экспериментальных исследований. Исследования проводили при работе коллектора в двух вариантах: АДС-1СЭаУ-Б1 (коллектор при нижнем расположении клапана в нейтральном положении мембраны) и АДС-1СЭаУ-Б2 (коллектор с верхним расположением клапана в нейтральном положении мембраны).

При работе доильных аппаратов АДС-1СЭаУ-Б1 и АДС-1СЭаУ-Б2 режим воздействия на соски животных за период действия микроколебаний (такт сосания) одинаковый, а за период с момента выключения до нового включения микроколебаний (такт сжатия и отдыха) – различный.

У доильного аппарата АДС-1СЭаУ-Б1 после переключения пульсатора на такт сжатия (точка П<sub>1</sub>, рисунки 8а, 9а) нарастание разницы вакуума между камерами происходит до точки К<sub>1</sub>, когда клапан коллектора закроет вакуум и откроет доступ атмосферного давления в подсосковые камеры (точка К<sub>1</sub>, см. рисунок 9а). За этот период разница давлений достигает примерно 24 кПа, и затем начинает уменьшаться в течение периода К<sub>1</sub> – К<sub>2</sub>. После переключения пульсатора на откачку воздуха в точке П<sub>2</sub> (начало такта сосания) доступ воздуха в подсосковые камеры еще открыт до точки К<sub>2</sub>. За это время вакуум в межстенных камерах превысит вакуум подсосковых камер, и на сосковую резину будет действовать обратный перепад, сопровождающийся радиальным расширением сосковой резины. Поэтому сосковая резина освободит сосок от сжатия. Одновременно на сосок действует небольшой вакуум (6-8 кПа). В точке К<sub>2</sub> (см. рисунки 8а, 9а) произойдет переключение клапана коллектора и начнется увеличение вакуума в подсосковых камерах. За период от точки К<sub>2</sub> до П<sub>3</sub> перепад давлений перейдет через нуль и к моменту включения микроколебаний достигнет уровня, необходимого при такте сосания.

Процесс работы доильного аппарата АДС-1СЭаУ-Б2 за период «сжатия–отдыха» (см. рисунки 8б, 9б) происходит аналогично аппарату АДС-1СЭаУ-Б1, но при этом сосковая резина за время такта отдыха почти не освобождает сосок от небольшого сжатия.

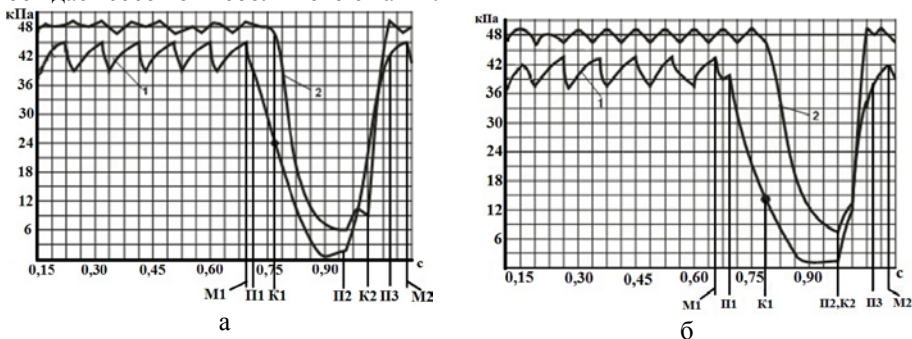
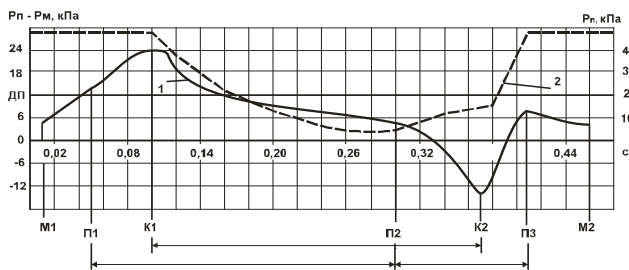
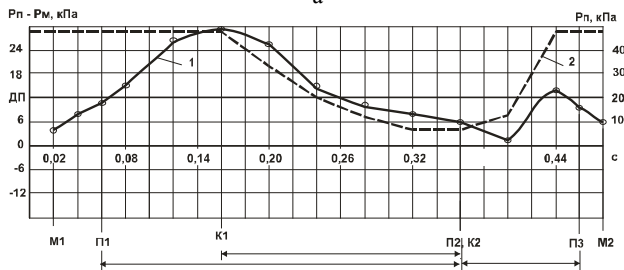


Рисунок 8 – Графики изменения давления в межстенных (1) и подсосковых (2) камерах доильных стаканов аппаратов АДС-1СЭаУ-Б1(а) и АДС-1СЭаУ-Б1 (б):

М1 – М2 – период тактов сжатия и отдыха; П1 – П2 – период впуска воздуха в межстенные камеры; П2 – П3 – период от начала откачки воздуха из межстенных камер до включения микроколебаний; К1 – К2 – период впуска воздуха в подсосковые камеры



а



б

Рисунок 9 – График перепада давлений (1) между подсосковыми и межстенными камерами доильных стаканов и подсоскового вакуума (2) аппаратов АДС-1СЭаУ-Б1(а) и АДС-1СЭаУ-Б1 (б):

ДП – допустимый перепад вакуума (12 кПа) для выдаивания коров

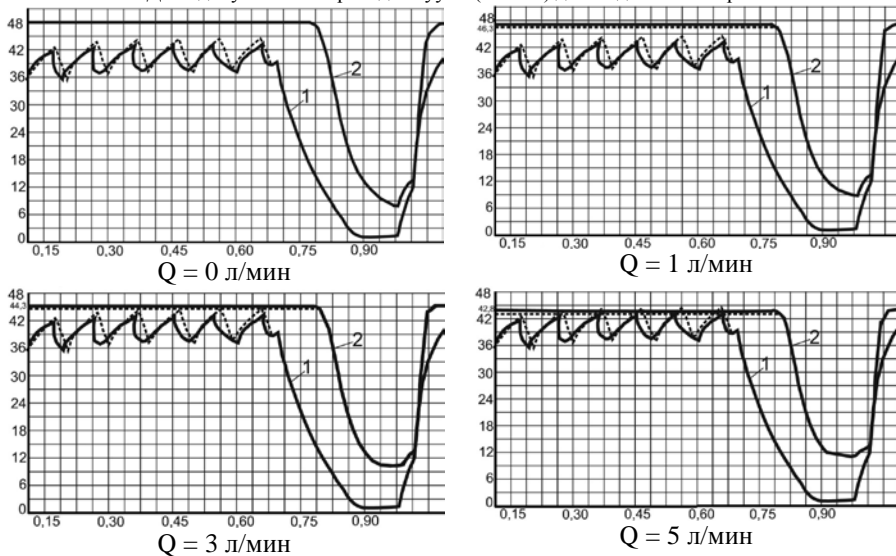


Рисунок 10 – Осциллограммы изменения давления в межстенных и подсосковых камерах доильных при различной величине расхода

1 – межстенная камера, 2 – подсосковая камера

— экспериментальная ..... – расчетная

Таким образом, сравнивая два варианта исполнения экспериментального доильного аппарата, можно сделать вывод, что конструкция коллектора с верхним расположением клапана в нейтральном положении мембраны (АДС-1СЭаУ-В2) является наиболее оптимальной, потому что обеспечивает надежное удерживание доильных стаканов во время такта отдыха.

Для определения перепадов давления в подсосковых камерах доильных стаканов во время такта сосания при различной интенсивности выдаивания, был проведен ряд экспериментов, результаты которых представлены на рисунке 10.

Анализируя результаты осциллограмм (см. рисунок 10), определили, что при интенсивности доения от 1 до 5 л/мин падение разрежения у экспериментального образца составляет 1,7; 2,7; 3,6; 4,5 и 5,2 кПа соответственно. Разница между расчетной и экспериментальной зависимостью варьируется в пределах 5%.

При сравнительных исследованиях на транспортирующую способность экспериментальный доильный аппарат сравнивался с серийным трехтактным доильным аппаратом «Волга» (рисунок 11).

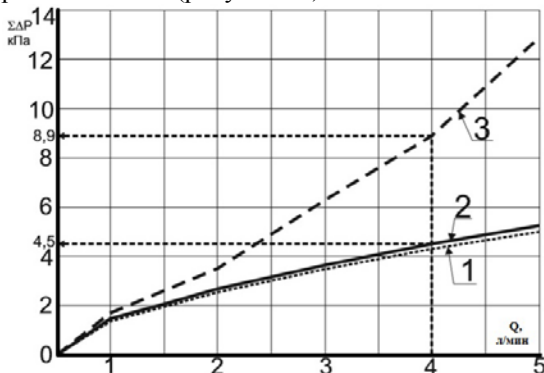


Рисунок 11 – Зависимость суммарных значений падения разрежения в подсосковых камерах во время такта сосания от интенсивности доения аппаратами: экспериментальным (1 – расчетная, 2 – опытная) и «Волга» (3)

Разница падения разрежения во время такта сосания между аппаратами при интенсивности от 1 до 5 л/мин в среднем составила 72,8 %.

Принимая во внимание максимально возможную интенсивность молокоотдачи 4 л/мин, выявили, что перепад давления в подсосковых камерах во время такта сосания экспериментального аппарата ниже серийного трехтактного доильного аппарата на 4,4 кПа.

Параметры и режимы работы экспериментального образца доильного аппарата АДС-1СЭаУ, полученные в результате обработки осциллограмм, приведены в таблице 2, общий – вид на рисунке 12.

Параметры работы доильного аппарата, такие как частота пульсаций (основная и стимулирующая), задержка включения стимуляции, установлено соответствие задаваемым блоком управления с отклонением в пределах 1-2 %.

Таблица 2– Параметры работы экспериментального доильного аппарата АДС-1СЭаУ

№ п/п	Наименование	Ед. измер.	Задаваемые БУП	Экспериментальные	Разница
1	Рабочее вакуумметрическое давление (в вакуум-проводе и молокопроводе)	кПа	48-50		-
2	Частота пульсаций: - основная - стимулирующая	Гц	1,0 10,0	1,0 10,0	0 0
3	Соотношение тактов основной частоты: - сосание - сжатие - отдых	%	70 20 10	73 21 11	2 1 1
4	Соотношение тактов стимулирующей частоты: - сосание - сжатие	%	75±2 25±2	73 27	2 2
5	Задержка включения стимуляции	с	0,2	0,2	0
6	Максимальная величина вакуумметрического давления в межстенных камерах доильных стаканов во время такта сосания	кПа	42-45		-
7	Минимальная величина вакуумметрического давления в подсосковых камерах доильных стаканов во время такта отдыха	кПа	8-15		-
8	Вакуум смыкания сосковой резины	кПа	6-16		-

В результате производственной проверки установлено, что при доении аппаратом АДС-1СЭаУ по сравнению с АДС-1 продолжительность доения увеличилась на 9,5%, средняя интенсивность молоковыведения снизилась всего на 3,7%, при этом полнота выдаивания увеличилась на 10 %.



Рисунок 12 – Общий вид экспериментально-го образца безопасного,стимулирующего доильного аппарата АДС-1СЭаУ:

1 – доильные стаканы; 2 – коллектор; 3 – блок управления; 4 – комбинированный электромагнитный пульсатор; 5 – подвес

**В пятой главе** приведены результаты расчета экономической эффективности применения экспериментального доильного аппарата. Расчетная годовая чистая прибыль составит 55459,4-85209,4 руб. на доильный аппарат в зависимости от типа доильной установки, при этом срок окупаемости дополнительных капитальных вложений составляет 0,21 – 0,33 года.



## Общие выводы

1. Анализ способов доения со стимуляцией рефлекса молокоотдачи, взаимодействия элементов систем, рабочих органов доильных аппаратов и их воздействие на сосок коровы в соответствии с физиологическими особенностями животных, позволил разработать модель функционирования биотехнической системы «доильный аппарат – корова», которая отражает преобразование постоянной энергии давления в колебательную мощность воздействия на сосок.

2. На основе модели функционирования биотехнической системы «доильный аппарат – корова» разработана принципиальная схема стимулирующего доильного аппарата с управляемым подсосковым вакуумным режимом, включающего в себя: двухкамерные доильные стаканы, комбинированный пульсатор, коллектор с клапанной системой, блок управления на основе микропроцессора.

3. Теоретически обоснованы конструктивные параметры комбинированного пульсатора с пневмоповторителем (мм): ход клапанов – 1, диаметр выходного патрубка – 7, диаметр входного патрубка – 8, диаметр клапанов – 15, диаметр мембраны – 20, диаметр сердечника – 4, диаметр провода катушки – 0,14, длина катушки – 30, которые позволяют согласовать такты электромагнитной и пневматической части с частотой стимуляции 10 Гц.

4. Теоретически обоснованы конструктивные параметры коллектора (мм): ход клапана – 3, диаметр входного и выходных патрубков управляющей камеры – 7 и 5 соответственно, диаметр входных патрубков камеры переменного вакуума – 8, диаметр патрубка выходной камеры постоянного вакуума – 15, диаметр мембраны – 30, диаметр атмосферного клапана – 16, диаметр вакуумного клапана – 18, которые обеспечивают своевременную эвакуацию молока, что позволяет стабилизировать вакуум в подсосковой камере.

5. Установлено, что конструкция коллектора с верхним расположением клапана в нейтральном положении мембраны (АДС-1СЭаУ-Б2) обеспечивает в такт отдыха величину вакуума в подсосковой камере 8 кПа, что позволяет надежно удерживать доильные стаканы.

6. Разработанный стимулирующий доильный аппарат с управляемым подсосковым вакуумным режимом позволяет снизить перепад давления в подсосковых камерах доильных стаканов на 4,4 кПа, во время такта сосания при максимально возможной интенсивности молокоотдачи 4 л/мин, что способствует увеличению полноты выдаивания по сравнению с серийными доильными аппаратами.

7. Экспериментальными исследованиями параметров работы доильного аппарата: частота пульсаций (основная и стимулирующая), задержка включения стимуляции, установлено соответствие задаваемым блоком управления с отклонением в пределах 1-2 %.

8. Производственная проверка стимулирующего доильного аппарата подтвердила его работоспособность и эффективность. Экономический эффект составит 55459,4-85209,4 руб. на доильный аппарат в зависимости от типа доильной установки, за счет увеличения полноты выдаивания животных на 10%.

**Основные положения диссертации опубликованы  
в следующих изданиях:**

***Издания, рекомендованные ВАК***

1. Петухов Н.А. Математическая модель воздействия доильного аппарата на сосок коровы / Н.А. Петухов, В.Н. Петухов, **А.А. Диденко** // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – №2. – С. 5-6.

2. Петухов Н.А. Перспективные направления разработки доильных аппаратов / Н.А. Петухов, В.Н. Петухов, **А.А. Диденко** // Техника и оборудование для села. – 2009. – №9. – С. 23-25.

3. Петухов Н.А. Доильный аппарат, соответствующий физиологическим требованиям животного / Н.А. Петухов, В.Н. Петухов, **А.А. Диденко** // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – №10. – С. 44-46.

4. Петухов Н.А. Доильный аппарат, обеспечивающий физиологические требования коров / Н.А. Петухов, В.Н. Петухов, **А.А. Диденко** // Вестник НГАУ. – 2012. – № 2. – С. 116-118.

5. Петухов Н. А. Обоснование параметров комбинированного пульсатора переносного доильного аппарата / Н.А. Петухов, В.Н. Петухов, **А.А. Диденко** // Вестник НГАУ. – 2012. – №4. – С. 87-94.

***Изобретения и полезные модели***

6. Патент RU 2337533, МПК А01J7/00. Коллектор доильного аппарата / Н.А. Петухов, В.Н. Петухов, **А.А. Диденко**; заявитель и патентообладатель ГНУ СибИМЭ – №2006146702/12; заявл. 26.12.2006; опубл. 10.11.2008. Бюл. №31.

7. Патент RU №2438299, МПК А01J5/14. Электромагнитный пульсатор доильного аппарата / Н.А. Петухов, В.Н. Петухов, **А.А. Диденко**; заявитель и патентообладатель ГНУ СибИМЭ – №2010129637/13; заявл. 15.07.2010; опубл. 10.01.2012. Бюл. №1.

***Статьи в сборниках научных трудов:***

8. **Диденко А.А.** Влияние вакуумметрического давления на соски при машинном доении коров // Современные тенденции развития аграрной науки в России: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, посвящ. 70-летию НГАУ. – Новосибирск, 2006. – С. 111-114.

9. **Диденко А.А.** Факторы, влияющие на молочную продуктивность коров. // Современные и перспективные технологии в АПК Сибири: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2006. – С. 81-82.

10. Петухов Н.А. Направления разработки адекватных доильных аппаратов / Н.А. Петухов, В.Н. Петухов, **А.А. Диденко** // Инженерно-техническое обеспечение технологических процессов в агропромышленном комплексе Сибири: сб. науч. тр. – Новосибирск, 2007. – С. 101-109.

11. **Диденко А.А.** Коллектор доильного аппарата // Материалы ежегод. науч.-практ. конф. студентов и аспирантов Инженерного института. – Новосибирск, 2008. – С. 60-62.

12. **Диденко А.А.** Оценка эффективности использования доильных аппаратов с управляемым режимом работы // Научное и инновационное обеспечение АПК Сибири: материалы VI Межрегион. Конф. молодых ученых и специалистов аграр. вузов Сиб. Федер. округа. – Барнаул, 2008. – С. 82-83.

13. Петухов Н.А. Адекватный доильный аппарат / Н.А. Петухов, В.Н. Петухов, **А.А. Диденко** // Аграрная наука сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии и Казахстана: тр. XIV Междунар. научн.-практ. конф. – Красноярск, 2011. – С. 254-256.

14. Петухов Н. А. Технология машинного доения коров, адаптированная к их физиологическим требованиям /Н.А. Петухов, В.Н. Петухов, **А.А. Диденко** // Актуальные вопросы научного обеспечения производства сельскохозяйственной продукции в Сибири: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2011. – С. 169-175.

15. Петухов Н.А. Доильный аппарат стимулирующий рефлекс молокоотдачи с управляемым подсосковым вакуумом /Н.А. Петухов, В.Н. Петухов, **А.А. Диденко** // Актуальные вопросы научного обеспечения производства сельскохозяйственной продукции в Сибири: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2011. – С. 175-183.

Сдано в набор 01.10.14.  
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».  
Печать на ризографе. Печ. л. 1,0.  
Тираж 100 экз.

Издательство ФГБОУ ВПО НГАУ.  
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160

---

Отпечатано в типографии издательства ФГБОУ ВПО НГАУ.