

На правах рукописи

Панин Александр Александрович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ
ПРОМЫВКИ И КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ
ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ
МОЛОКОПРОВОДА ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ**

05.20.01 – Технологии и средства
механизации сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Оренбург – 2012

Работа выполнена на кафедре механизации технологических процессов в АПК ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет»

Научный руководитель заслуженный деятель науки и техники РФ,
доктор технических наук, профессор
Карташов Лев Петрович
ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет»

Официальные оппоненты: **Юхин Геннадий Петрович** –
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный аграрный университет», заведующий кафедрой механизации производства, переработки и хранения продукции животноводства

Хлопко Юрий Александрович –
кандидат технических наук, доцент
«Оренбургский научный центр» УрО РАН,
ведущий сотрудник отдела биотехнических систем ОНЦ УрО РАН

Ведущая организация ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»

Защита состоится «18» мая 2012 г. в 10⁰⁰ часов, на заседании диссертационного совета по защите диссертаций Д 220.051.02 при ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет» по адресу: 460014, ГПС, г. Оренбург, ул. Коваленко, 4 (корпус № 3 технического факультета ОГАУ), аудитория № 500М.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Оренбургского государственного аграрного университета. Объявление о защите и автореферат размещены на сайте ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет» <http://www.orensau.ru> и на сайте Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки Минобрнауки России <http://www.vak.ed.gov.ru>

Автореферат разослан «15» апреля 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

В.А. Шахов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В условиях реализации национального проекта развития АПК РФ предусмотрено увеличение производства молока с одновременным повышением его качества, это определяет одну из важнейших проблем молочного животноводства на современном этапе развития.

Один из основных показателей качества молока по ГОСТу Р 52054-2003, характеризующий его технологические свойства как сырья, – бактериальная обсемененность. Этот показатель в большей степени зависит от качества проведения санитарной обработки доильного оборудования.

На основе анализа литературных данных установлено, что в 2010 году в целом по стране от общего объема молока, сдаваемого сельскохозяйственными предприятиями на переработку, принято высшим сортом 7 %, первым – 82 %, вторым и не сортовым – более 11 %, вследствие чего товаропроизводители понесли серьезные убытки. Такая ситуация возникает в связи с проблемами несовершенства методов контроля качества санитарного состояния доильного оборудования, в частности, молокопроводов различного исполнения.

Таким образом, повышение качества промывки и дезинфекции доильного оборудования, а также применение достоверных методов оценки санитарно-гигиенического состояния, позволяют существенно повысить качество молока и уменьшить долю низкосортного продукта.

Цель работы – повышение качества получаемого молока благодаря совершенствованию контроля очистки и процесса промывки внутренних поверхностей молокопроводных систем.

Объект исследования – технологический процесс санитарной обработки внутренних поверхностей молокопроводных систем.

Предмет исследования – закономерности характеризующие эффективность пробкового режима движения моющего-дезинфицирующей жидкости в молокопроводах доильных установок с последующим контролем качества оптоэлектронным устройством.

Научная новизна:

– разработана методика экспертной оценки определения значимости и ранжирования факторов, оказывающих существенное влияние на качество молока;

– разработан способ нанесения естественных загрязнений молокопроводных систем в лабораторных условиях;

– создана методика использования оптоэлектронного устройства для контроля загрязненности внутренней поверхности молокопроводных систем.

Практическую ценность имеют:

– научно-обоснованная конструкция стенда для исследования параметров пробкового движения молока в трубопроводе (патент РФ на изобретение № 2390122),

- разработанное оптоэлектронное устройство контроля качества промывки молокопроводов доильных установок,
- программа для ПК «Контроль качества промывки»,
- результаты экспериментальных исследований процесса промывки молокопроводов доильных установок в лабораторных и производственных условиях.

На защиту выносятся:

- теоретические положения по обоснованию способа эффективного удаления загрязнений с внутренней поверхности молокопровода;
- обоснование конструктивно-режимных параметров стенда для исследования пробкового движения молока в молокопроводе;
- способ использования оптоэлектронного устройства для контроля состояния и качества промывки внутренних поверхностей молокопроводных систем;
- методика оценки качества промывки внутренних поверхностей молокопроводных систем;
- методика лабораторных и производственных исследований оптоэлектронного устройства контроля качества промывки внутренних поверхностей молокопроводных систем.

Достоверность основных теоретических положений подтверждена результатами экспериментальных исследований, проведенных в лабораторных (кафедра механизации технологических процессов в АПК Оренбургского ГАУ, ГНУ ВИЭСХ, ОНЦ УрО РАН) и производственных (МТФ СПК «Колхоз Победа» Акбулакского района Оренбургской области, научно-внедренческий центр Международного исследовательского института) условиях.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены и одобрены на семинарах кафедры механизации технологических процессов в АПК, на международных научно-практических конференциях Оренбургского ГАУ (2008, 2009, 2010, 2011) и Всероссийском молодежном образовательном форуме «СЕЛИГЕР – 2011».

Макет стенда демонстрировался на выставках: областной НТТМ – 2011, г. Оренбург (отмечен бронзовой медалью) и Всероссийской НТТМ – 2011, г. Москва (отмечен дипломом).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 11 работ общим объемом 1,3 п. л. (три статьи опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ), получен патент РФ на изобретение № 2390122.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, общих выводов. Работа изложена на 122 страницах машинописного текста, включая список литературы из 109 наименований, 32 рисунка, 15 таблиц и 2 приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации. Изложены цель, задачи исследования, научная новизна работы, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Состояние вопроса. Цель и задачи исследований» освещены современные требования к качеству молока, динамика изменения качества молока и влияние на него чистоты доильного оборудования. Рассмотрены существующие способы контроля и оценки качества промывки. Определены цель и задачи исследования.

Большой вклад в теорию и практику проблемы очистки доильного оборудования внесли следующие ученые: В.И. Березуцкий, Ю.И. Беляевский, Б.А. Доронин, А.М. Жмырко, В.В. Кирсанов, Л.П. Карташов, А.И. Пунько, С.В. Харьков, Ю.А. Цой, R.S. Gates, R. Sagi, R.W. Guest, D.J. Reinemann и др.

Анализ научных работ показал, что на поверхности доильно-молочного оборудования в течение короткого промежутка времени скапливаются остатки молока и различного вида загрязнения, которые служат питательной средой для развития микроорганизмов.

С целью выявления наиболее загрязненных мест, на специальном фрагменте доильной установки был проведен постановочный эксперимент (рис. 1).

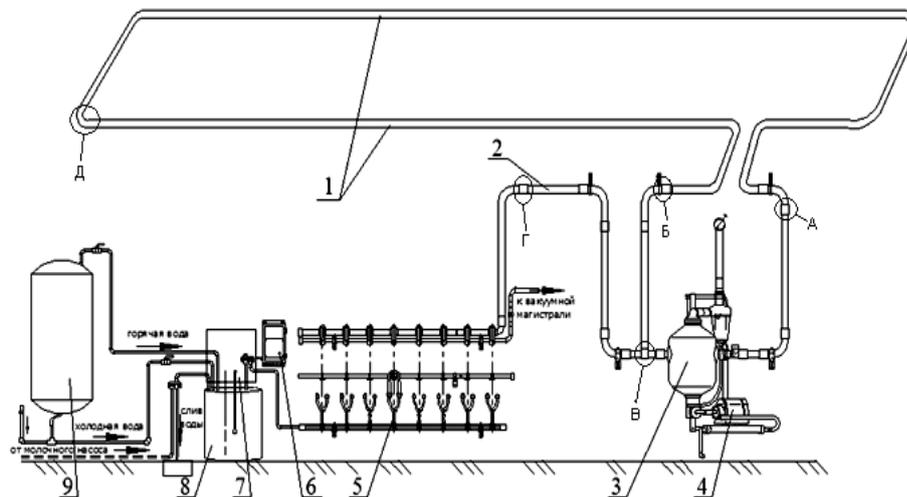


Рисунок 1 – Фрагмент экспериментальной действующей доильной установки

1 – молокопровод \varnothing 52 мм; 2 – промывочный трубопровод; 3 – молочная колба; 4 – молочный насос; 5 – стенд промывки на 6 доильных аппаратов; 6 – блок управления БУМП-3; 7 – блок клапанов; 8 – емкость для жидкости; 9 – водонагреватель

Некачественная очистка доильного оборудования и отсутствие оперативных методов контроля качества промывки приводят к загрязнению

внутренних поверхностей молокопроводных систем и, как следствие, снижению качества получаемого продукта (рис. 2).

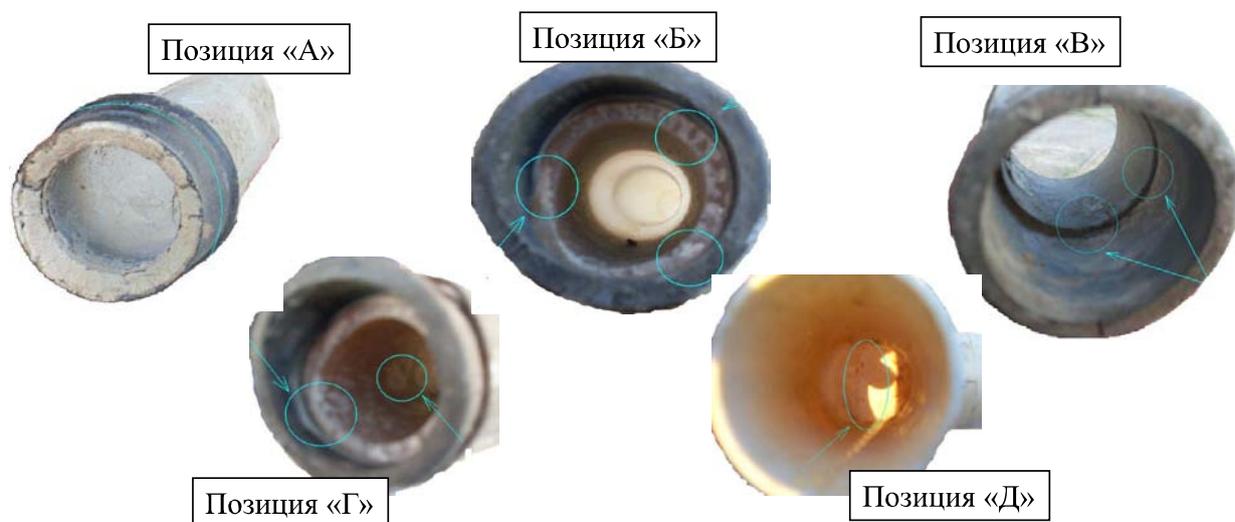


Рисунок 2 – Фрагменты механических загрязнений на отдельных участках молокопроводящих систем

Позиция «А», «Б», «В», «Г», «Д» – места наибольшего скопления загрязнений в доильной установке, указанной на рисунке 1

Для объективной оценки факторов, существенно влияющих на качество молока, был проведен независимый экспертный опрос методом Дельфы (табл. 1).

По полученным результатам опроса был выявлен наиболее значимый фактор – уровень механизации и автоматизации, проводимых санитарно-гигиенических мероприятий при обслуживании (прополаскивание, циркуляционная мойка и т.п.), оказывающий существенное влияние на качество молока. В дальнейшем мы рассмотрели этот фактор подробнее и предложили свое решение задачи, а именно разработать эффективный способ удаления механических загрязнений с внедрением оперативных, автоматических систем контроля качества промывки внутренних поверхностей молокопроводных систем.

Эффективность промывки молочной линии зависит от комплексного воздействия технологических параметров (температуры, скорости, продолжительности циркуляции, типа и концентрации моющего раствора). Анализ рекомендуемых для системы промывки значений технологических параметров показал, что при внедрении систем промывки с формированием пробкового режима движения моющего раствора, они требуют уточнения.

Таким образом, для повышения качества молока требуется разработка эффективного способа удаления механических загрязнений с внедрением оперативных, автоматических систем контроля качества промывки внутренних поверхностей молокопроводных систем.

Таблица 1 – Результаты экспертной оценки факторов, оказывающих существенное влияние на качество молока

Факторы	Оценочные показатели								Результаты			
	3	4	5	6	7	8	9	10	max	min	среднее X	средне-взв. \bar{X}
<ul style="list-style-type: none"> ●Условие содержания: <ul style="list-style-type: none"> - влажность, - загазованность, - воздушный режим, - механические загрязнения окружающей среды. 	5	10	11	12	6	4	2	-	12	2	7	5,48 2
<ul style="list-style-type: none"> ●Уровень подготовки профессиональных кадров и организация рабочего места: <ul style="list-style-type: none"> - соблюдение технологии доения, - санитарно-гигиеническое состояние. 	7	10	10	11	8	3	1	-	11	1	6	5,32
<ul style="list-style-type: none"> ●Качество проводимых операций при обслуживании доильного оборудования. 	7	14	11	9	5	2	2	-	14	2	8	5,1
<ul style="list-style-type: none"> ●Формы, способы и средства контроля санитарно-гигиенического качества функциональных элементов молокопроводных систем. 	6	10	9	12	8	3	2	-	12	2	7	5,46 3
<ul style="list-style-type: none"> ●Уровень механизации и автоматизации проводимых санитарно-гигиенических мероприятий при обслуживании: <ul style="list-style-type: none"> - прополаскивание, - циркуляционная мойка, и т.п. 	2	9	10	10	9	6	2	2	10	2	6	6,02 1
<ul style="list-style-type: none"> ●Техническое состояние доильного оборудования (молокопроводов, доильных аппаратов и т.п.). 	8	11	11	8	7	4	1	-	11	1	6	5,22
<ul style="list-style-type: none"> ●Условие доения: <ul style="list-style-type: none"> - в ведра, - в молокопровод (стационарный или передвижной), - в залах. 	7	10	9	11	9	2	2	-	11	2	6,5	5,38
Общее количество независимых экспертов – 50, из них: инженерного профиля – 18; технологов производства – 18; ветеринарного профиля – 14. Максимальное число баллов – 10, минимальное число баллов – 3.												

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие **задачи**:

1. Провести независимый экспертный опрос специалистов для ранжирования факторов, оказывающих существенное влияние на качество молока, получаемого в условиях молочно-товарных ферм.
2. Дать теоретическое обоснование способа эффективного удаления загрязнений с внутренней поверхности молокопровода.
3. Разработать стенд для исследования параметров пробкового движения молока в молокопроводе.
4. Разработать оптоэлектронное устройство для контроля состояния и качества промывки внутренних поверхностей молокопроводных систем и провести лабораторно-производственные испытания.
5. Дать технико-экономическое обоснование результатов диссертационного исследования.

Во второй главе «Теоретическое обоснование способа эффективного удаления загрязнений с внутренней поверхности молокопровода» обосновано использование пробкового режима движения моющего раствора в молокопроводе для более эффективной очистки внутренних поверхностей, определены функциональные зависимости, описывающие условия необходимые для создания пробкового движения моющей жидкости в молокопроводе, теоретически обоснованы параметры предлагаемого оптоэлектронного устройства контроля качества промывки молокопровода.

Молоко представляет собой сплошную полидисперсную среду, содержащую большое количество взаимосвязанных структурных образований жировых шариков, молочных телец, белков и различных частиц коллоидной размерности. Жировые шарики с поврежденной белково-липидной оболочкой или лишенные ее имеют высокое напряжение смачивания и образуют поверхность раздела как с деталью, так и между собой. В этом случае силами межмолекулярного взаимодействия дисперсной среды, дисперсной фазы и поверхности оборудования формируется пристенный слой загрязнений, не превышающий среднего диаметра жирового шарика, а над ним формируется основной слой загрязнений, состоящий из молочного жира, белка, минеральных солей и механических примесей.

С целью определения условий разрушения и удаления пристенного слоя загрязнений в основном состоящих из молочного жира, необходимо рассмотреть силы, обуславливающие его прочность.

Прочность пристенного слоя характеризуется силами сцепления жировых частиц между собой и силами сцепления с поверхностью оборудования.

По расчетам Б.А. Доронина, условие, при котором произойдет отделение жировой частицы от поверхности молокопровода под действием энергии потока моющего раствора, можно записать так:

$$F\Delta a \geq G_{1-3}(1 + \cos\theta)\Delta f, \quad (1)$$

где F – касательная сила трения, действующая на шарик со стороны потока жидкости, Н;

Δa – путь сдвига жирового шарика, м;

G_{1-3} – межфазная энергия на границе «молочный жир – моющий раствор», Дж/м²;

θ – краевой угол смачивания (между вектором σ_{1-3} по касательной к жировому шарик и поверхностью молочного оборудования), град;

Δf – приращение площади контакта жирового шарика с поверхностью молочного оборудования на пути сдвига, м².

Уменьшить энергию сцепления жировых шариков с очищаемой поверхностью можно посредством снижения межфазного натяжения на границе моющий раствор – молочный жир G_{1-3} и увеличения краевого угла смачивания θ .

Скорость потока V , необходимая для удаления пленки загрязнений в области квадратичных сопротивлений шероховатых поверхностей труб, должна быть:

$$V \geq \left[\frac{8 \cdot \sigma_{1-3} \cdot (1 + \cos \theta) \cdot \Delta f}{0,25 \cdot \rho \cdot f_3 \cdot \Delta a} \right]^{0,5} \lg \frac{\Delta r}{3,7}, \quad (2)$$

где ρ – плотность моющего раствора, кг/м³;

f_3 – площадь трения моющего раствора о жировой шарик на стенке поверхности молокопровода, м²;

Δr – относительная шероховатость поверхности молокопровода $\Delta r = \Delta/d$;

d и Δ – внутренний диаметр и высота выступов поверхности молокопровода, м.

Однако Б.А. Доронин в своих исследованиях пренебрег временем взаимодействия жирового шарика с поверхностью от момента начала осаждения до смывания, в связи с этим в работе предлагается использовать временной коэффициент (k). Используя ряд положений, предложено необходимое условие скорости потока для отрыва частиц загрязнения с внутренней поверхности молокопроводных систем:

$$V \geq \alpha \left[\frac{8 \cdot \sigma_{1-3} \cdot (1 + \cos \theta) \cdot \Delta f}{0,25 \cdot \rho \cdot f_3 \cdot \Delta a} \right]^{0,5} \lg \frac{\Delta r}{3,7} k. \quad (3)$$

Общая энергия жировых шариков находится по зависимости:

$$W_0 = W_\partial + W_{эл}, \quad (4)$$

где W_∂ – энергия притяжения Ван-дер-Ваальса – Лондона или энергия дисперсии, Дж;

$W_{эл}$ – энергия электрического отталкивания, Дж.

Энергия дисперсии определяется по формуле Гамакера:

$$W_D = -A_\Gamma \frac{d_{жс}}{24 \cdot l_{жс}}, \quad (5)$$

где A_Γ – константа Гамакера, Дж;

$d_{жс}$ – диаметр жирового шарика, м;

$l_{ж}$ – расстояние между поверхностями жировых шариков, м.

Константа Гамакера может быть рассчитана по выражению:

$$A_{Г} = 18 \cdot \pi \cdot d_{жк} \cdot \gamma_{min} \cdot h_{\infty} \cdot \sin(2\alpha), \quad (6)$$

где γ_{min} – критический градиент сдвига, при котором происходит разделение пар шарообразных частиц;

h_{∞} – кажущаяся вязкость при высоких градиентах сдвига;

α – критический угол ($\alpha = 30^{\circ}$) между линией, соединяющей центры частиц и направлением усилий сдвига в момент разделения пары частиц.

Для расчета электрической энергии отталкивания Б.Ф. Дерягин и Л.Д. Ландау предложили приближенное уравнение:

$$W_{эл} = \pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot d_{жк} \cdot \psi^2 \cdot \ln(1 + e^{\chi^{l_{ж}}}), \quad (7)$$

где χ – распределение ионов в диффузионном двойном электрическом (величина, обратная радиусу ионного облака), мкм;

ψ – поверхностный потенциал частицы, мВ;

ε – относительная электрическая постоянная, Ф/м.

Следовательно, условие, при котором произойдет отделение жировой частицы от поверхности молокопровода под действием энергии потока моющего раствора, можно представить в виде:

$$F \Delta a \geq G_{1-3} (1 + \cos\theta) \Delta f + W_0. \quad (8)$$

Многие исследователи склонны считать процесс механического воздействия на внутренние поверхности доильного оборудования одним из основных условий, определяющих эффективность очистки. Следовательно, можно принять, что более эффективно очистка будет проходить при создании в молокопроводе пробкового движения жидкости.

Проверка элементов выдвинутой гипотезы проведена в лабораторных и производственных условиях.

В третьей главе «Программа, методика экспериментальных исследований пробкового режима движения жидкости и устройства для контроля очистки молокопровода» изложена структура экспериментальных исследований, указано место проведения лабораторных исследований и производственных испытаний. Приведена методика планирования эксперимента и обоснованы частные нестандартные методики.

По программе исследований выполнено:

– испытание стенда для исследования пробкового движения молока в молокопроводе и нанесения искусственных загрязнений на контрольные пластины;

– испытание оптоэлектронного устройства для контроля качества промывки;

– определение времени дополнительной промывки внутренних поверхностей молокопровода;

– результаты исследований использованы в рекомендациях по проведению дополнительной промывки внутренних поверхностей молокопроводов доильных установок.

Для определения технологических параметров процесса очистки внутренней поверхности молокопровода с применением современных моюще-дезинфицирующих средств, в лабораторных условиях был разработан стенд для исследования пробкового движения молока в молокопроводе и нанесения искусственных загрязнений на контрольные пластины (рис. 4) с встроенным оптоэлектронным устройством для контроля качества промывки внутренних поверхностей молокопроводных систем, патент РФ на изобретение № 2390122.

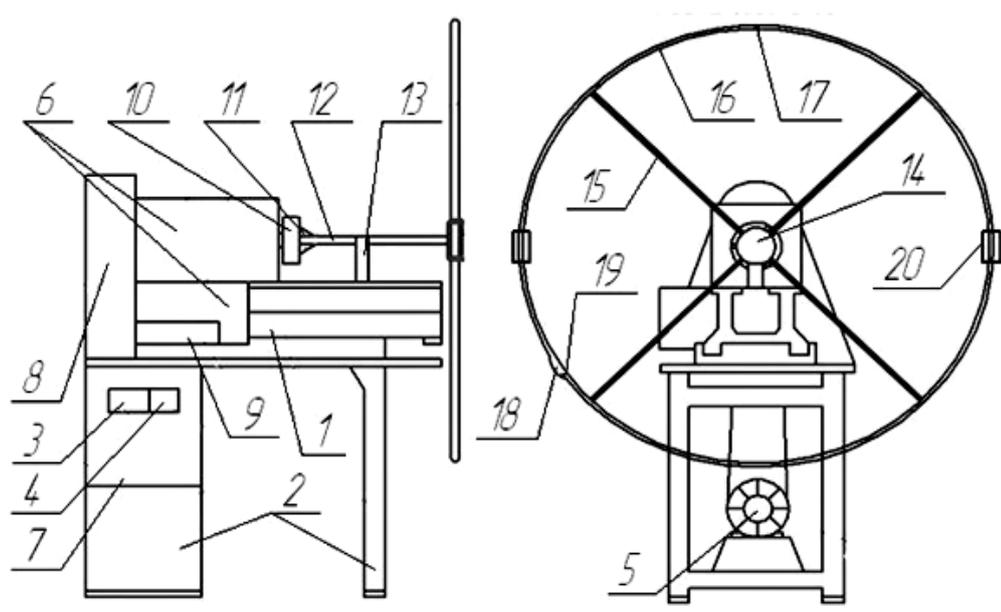


Рис. 4 – Схема стенда

1 – несущая рама, 2 – прорезиненные упоры, 3 – кнопки управления, 4 – датчик времени, 5 – электродвигатель, 6 – коробка перемены передач, 7, 8 – защитные кожухи, 9 – регулировочные рычаги, 10 – шпиндель, 11 – кулачковый механизм, 12 – вал, 13 – вспомогательный подшипник, 14 – крепление, 15 – универсальные спицы, 16 – дуги, 17 – трубопровод, 18 – переходник, 19 – горловина, 20 – оптоэлектронное устройство контроля качества промывки.

Стенд для исследования пробкового движения молока в молокопроводе и нанесения искусственных загрязнений на контрольные пластины работает следующим образом: при нажатии кнопки управления 3 происходит включение электродвигателя 5, для привода в работу шпинделя 10. Далее вращение передается на вал 12, к креплению 14 и универсальным спицам 15, которые при помощи дуг 16 удерживают и вращают трубопровод 17, в котором установлен предлагаемый датчик 20. С помощью коробки передач 6 можно изменять скорость вращения трубопровода 17. Изменение скорости (табл. 2) вращения трубопровода повлияет на изменение движения жидкости в нем.

После завершения процесса промывки трубопровода применяли оптоэлектронное устройство контроля качества промывки, по результатам показания которого, определяли необходимость проведения повторной промывки (рис. 5).

Таблица 2 – Результаты опытных данных

Опыт №	Вращение трубопровода (об/мин)	Режим движения
1	10	Пробковый
2	20	Пробковый
3	30	Пробковый
4	40	Переход с пробкового на ламинарный (преобладание пробкового)
5	50	Переход с пробкового на ламинарный (преобладание ламинарного)
6	60	Ламинарный

Устройство работает следующим образом:

– перед началом доения коров снимают показания о светопропускании контрольной пластины. Сигнал от источника света 4 (рис. 5), пройдя через контрольную пластину 5, улавливается приемником света 3, принятый сигнал обрабатывается разработанной программой «Контроль качества промывки» и передается на ПК, полученные данные от ПК берутся за эталон;

– после завершения процесса доения проводят стандартную промывку молокопровода, по окончании которой включают предлагаемое оптоэлектронное устройство контроля качества. Проведя замер на светопропускание, определяют необходимость проведения повторной промывки, путем сравнения полученного значения с эталонным.

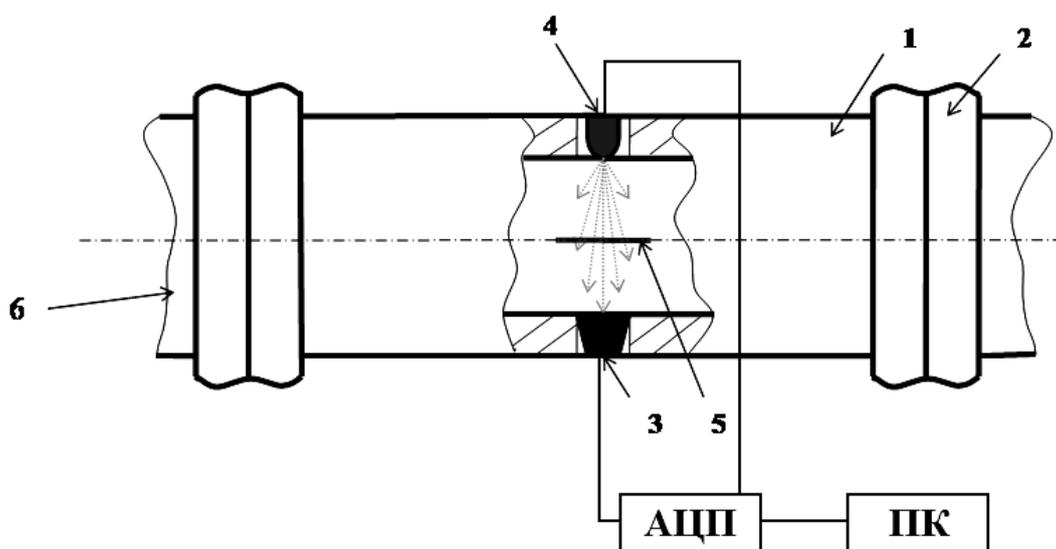


Рисунок 5 – Схема устройства для контроля качества промывки:
 1 – корпус; 2 – соединительные муфты; 3 – приемник света; 4 – источник света; 5 – контрольная пластина; 6 – трубопровод; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ПК – персональный компьютер.

Выходной сигнал математически можно задать уравнением вида:

$$Z = K_1 \cdot K_2 \cdot S_{вых}, \quad (9)$$

где Z – величина, определяющая степень загрязнения контрольной пластины, %;

K_1 – коэффициент, определяющий неравномерное распределения загрязнения по контрольной пластине;

K_2 – коэффициент, определяющий преломление светового потока проходящего через контрольную пластину;

$S_{вых}$ – значение выходного сигнала, %.

Для практических расчетов коэффициент K_1 можно принять следующим:

– при равномерном распределении загрязнения по поверхности пластины коэффициент $K_1=1,08\dots 1,15$,

– при неравномерном распределении загрязнения по поверхности пластины коэффициент $K_1=1,15\dots 1,2$.

Коэффициент K_2 зависит от материала контрольной пластины, толщины и угла падения светового потока от источника. При угле падения в 90° и толщины пластины $\delta = 2,5$ мм, коэффициент $K_2=1,22$, а при $\delta = 5$ мм, коэффициент $K_2=1,67$.

Величина выходного сигнала $S_{вых}$ на практике определяется выражением:

$$S_{вых} = U_{под} - U_{вых}, \quad (10)$$

где $U_{под}$ – подаваемое напряжение на источник света;

$U_{вых}$ – выходное напряжение, снимаемое с приемника света.

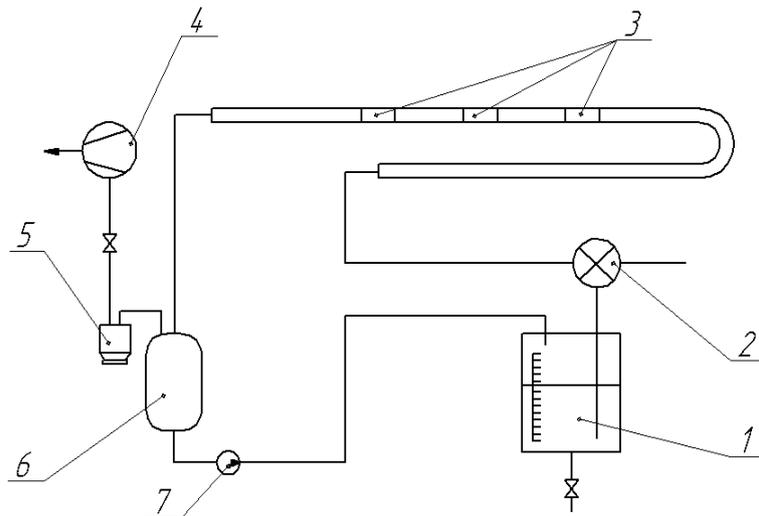
Следовательно, значение величины Z будет определяться по выражению:

$$Z = K_1 \cdot K_2 \cdot (U_{под} - U_{вых}) \quad (11)$$

Экспериментальные исследования разработанного оптоэлектронного устройства проводили в лабораторных условиях кафедры механизации технологических процессов в АПК Оренбургского государственного аграрного университета на фрагменте доильной установки, включающем в себя молокоприемный узел, вакуумную установку, молокопровод с установленными съемными вставками, автомат промывки (рис. 6).

Движение жидкостно-воздушной пробки фиксировали цифровой видеокамерой на градуированном участке трубопровода. С использованием программы Adobe After Effect 7.0 проведена обработка видеосюжетов с учетом функции времени. Скорость перемещения жидкостной пробки определяли по прохождению ее торцевой части между делениями на стенке трубопровода.

Скорость жидкостной пробки при проведении экспериментальных исследований составила $3\dots 7$ м/с.



*Рисунок 6 – Принципиальная схема экспериментальной установки:
 1 – емкость для забора воды; 2 – трехходовой клапан; 3 – вставка в молокопровод; 4 – вакуумный насос; 5 – санитарная ловушка; 6 – молокоприемник; 7 – молочный насос*

Одним из этапов экспериментальных исследований процесса промывки явилось получение модельного загрязнения на поверхности контрольных пластин, аналогичного естественным загрязнениям на поверхности молокопровода с помощью специально разработанного стенда, который упоминался ранее (рис. 4). В герметично закрытый трубопровод 17, заливалось цельное коровье молоко при температуре 30 °С, смешанное с флуоресцентным красителем.

Благодаря вращению трубопровода 17, контрольные пластины 20 погружаются в жидкость периодически. Контрольные пластины изготовлены из стекла размером 52×50×2 мм, вращаются с частотой 30 об/мин, что обеспечивает движение пластин в жидкости со скоростью 1,2 м/с.

Трубопровод 17 располагается под углом 90° к горизонту, что обеспечивает периодическое погружение контрольных пластин 20 в жидкость, смешанную с флуоресцентным красителем. Такой режим позволяет получить загрязнение, близкое по своим характеристикам к загрязнению, образующемуся на внутренней поверхности молокопровода. Продолжительность нанесения загрязнения на контрольные пластины – 30 минут.

Нами использовалась методика измерения качества очистки внутренних поверхностей деталей доильного оборудования, разработанная А.С. Королевым, которая заключалась в том, что контролируемая поверхность просвечивается источником света. Пройденный свет улавливается приемником света и сравнивается с эталонным. Степень очистки для деталей составила $\varphi = 91...93 \%$.

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований» приведены результаты лабораторных и производственных экспериментов.

Критерием оптимизации процесса очистки было выбрано время полной очистки контрольной пластины от искусственных загрязнений. Пластина закреплена в молокопроводе диаметром 52 мм, концентрацию моющего раствора выбирали в соответствии с рекомендацией завода изготовителя (5 г/л), температура моющей жидкости оставалась постоянной – 70 °С.

На рисунке 7 представлены полученные данные о светопрозрачности контрольной пластины, установленной в оптоэлектронном устройстве. Анализ этих данных позволяет определить время полной очистки контрольной пластины с различным уровнем загрязнения.

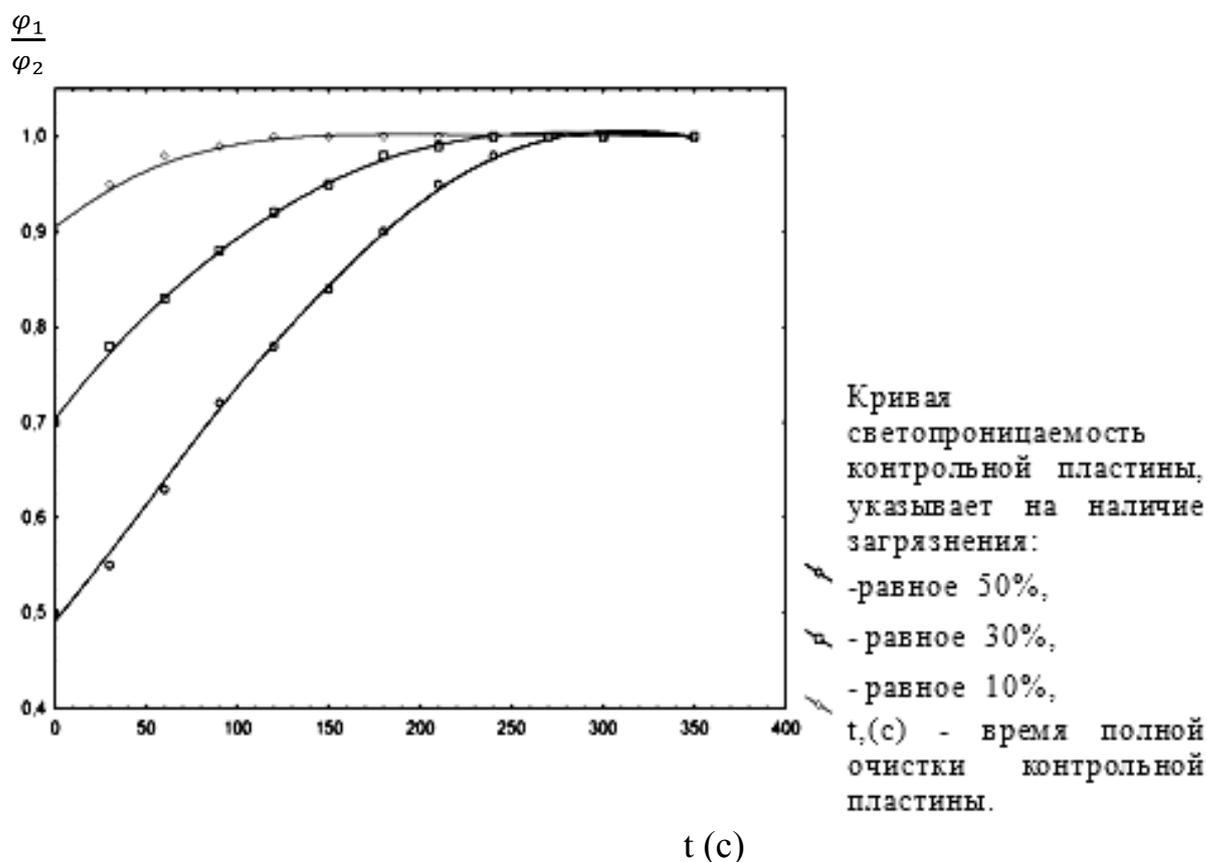


Рисунок 7 – Экспериментальные данные о времени полной очистки контрольной предметной пластины.

В лабораторных условиях индивидуальное время промывки контрольной пластины установлено для каждого уровня загрязнений.

Благодаря используемой программе, мы получили расчетную формулу (12) времени промывки.

$$t = 113 + 780 \frac{\varphi_1}{\varphi_2} - 857 \left(\frac{\varphi_1}{\varphi_2} \right)^2, \quad (12)$$

где φ_1 – светопропускание контрольной предметной пластины до доения;
 φ_2 – светопропускание контрольной предметной пластины после промывки.

Таблица 3 – Полученные данные о времени промывки внутренних поверхностей молокопроводных систем в зависимости от их загрязнения

$\frac{\varphi_1}{\varphi_2}$	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
t (с)	120	190	240	270	290

Ниже указаны рекомендуемые нами данные (табл. 4) при проведении повторной промывки. Таким образом, экспериментально определено время полной промывки внутренней поверхности молокопровода при различном уровне загрязнения.

Таблица 4 – Рекомендуемые данные повторной промывки

Опыт №	Концентрация моющего раствора, λ (г/л)	Температура моющего раствора, T ($^{\circ}$ C)	Отношение светопрозрачности, $\frac{\varphi_1}{\varphi_2}$	Время повторной промывки, t (с)
1	5	70	0,5	290
2	5	70	0,55	282
3	5	70	0,6	270
4	5	70	0,65	258
5	5	70	0,7	240
6	5	70	0,75	216
7	5	70	0,8	190
8	5	70	0,85	158
9	5	70	0,9	120

В процессе исследования промывки молокопровода было определено, что белковые и минеральные составные части загрязнителя отмываются достаточно быстро, труднее удаляются жировые составляющие, особенно в подсохших конгломератах.

Подсохшие участки загрязнений и пленка из них удаляются, в основном, гидромеханическим действием скоростного напора раствора с дальнейшим разрушением и последующим удалением.

По результатам экспериментальных исследований были определены рациональные режимы промывки молокопровода диаметром 52 мм (табл. 5).

Таким образом, общая продолжительность очистки молокопровода из нержавеющей стали диаметром 52 мм должна составлять в среднем 18 мин, а режимы отдельных фаз должны соответствовать данным таблицы 5.

Таблица 5 – Промывка молокопровода стационарного доильного агрегата на 200 коров

Фазы очистки молокопровода	Температура воды или моющего раствора, °С	Затраты времени, мин	Расход воды, л
Предварительное прополаскивание	28..30	3,5...4,5	45...51
Циркуляционная мойка и дезинфекция	65...78	9...12	100...130
Прополаскивание для удаления моющего раствора	28...30	3,5...4,5	38...44

Производственными экспериментами подтверждено изменение качества молока (табл. 6), где ОЧМ – общее число микроорганизмов, коли-титр – наименьший объем воды в миллилитрах, в котором обнаруживается одна кишечная палочка.

Таблица 6 – Результаты микробиологического контроля

Объект исследования	Доильная установка УДМ-200 (серийный вариант)			Доильная установка УДМ-200 (предлагаемый вариант)		
	ОЧМ в 1 мл, тыс.		Коли-титр	ОЧМ в 1 мл, тыс.		Коли-титр
	Lim	X		Lim	X	
Молокопровод (смыв с внутренней поверхности)	1400... 4500	2500	0,001	50...250	170	0,1
Молоко (из молокоприемника)	700... 8000	1850	0,01	35... 97,5	60	0,1

В пятой главе «Экономическая эффективность использования усовершенствованного метода контроля качества промывки» даны практические рекомендации для повышения эффективности промывки за счет внедрения предлагаемого метода контроля качества очистки внутренних поверхностей молокопроводных систем, позволившие снизить:

- годовой расход моющей жидкости системы промывки доильной установки с молокопроводом на 20 %;
- потребление электроэнергии на 18 % при обеспечении качественной промывки.

С внедрением в коровник разработанного оптоэлектронного устройства на УДМ-200, с продуктивностью КРС 3500 кг, экономическая эффективность от повышения качества молока составит 123 995,2 рублей.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Совершенствование контроля качества промывки внутренних поверхностей молокопроводных систем, остается актуальной задачей, решение которой возможно за счет разработки эффективного способа удаления механических загрязнений с внедрением оперативных, автоматических систем контроля качества промывки внутренних поверхностей молокопроводных систем.

Выявлено методом Дельфы, что существенное влияние на качество получаемого молока оказывает фактор – *уровень механизации и автоматизации проводимых санитарно-гигиенических мероприятий при обслуживании:*

- *прополаскивание;*
- *циркуляционная мойка и т.п.*

2. Теоретическими исследованиями обоснован способ эффективного удаления загрязнений с внутренней поверхности молокопровода, благодаря созданию пробкового режима движения моющего раствора.

3. Для исследования качества промывки молочной линии в лабораторных условиях были разработаны:

– *стенд для исследования параметров пробкового движения молока в молокопроводе, в котором установлено оптоэлектронное устройство с контрольными пластинами. На контрольные пластины наносили механические загрязнения, аналогичные естественным, встречающимся на внутренней поверхности молокопровода, что позволило объективно оценить качество очистки;*

– *оптоэлектронное устройство контроля качества промывки внутренних поверхностей молокопроводных систем, отличающееся наличием контрольных пластин, установленных относительно друг друга, источника света и приемника, что позволило исследовать качество промывки в существующих молокопроводах.*

4. На основании общепринятой методологии программирования была проведена реализация этапов вычислительного эксперимента. Разработаны программные средства для контроля качества промывки внутренних поверхностей молокопроводных систем, позволяющие на уровне интуитивного интерфейса получить технико-экономические показатели качества промывки.

5. При проведении лабораторных и производственных испытаний были получены данные о времени полной промывки внутренней поверхности молокопровода в зависимости от различной степени загрязнения

$\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5$ при этом время дополнительной промывки будет следующим t (с) = 120; 195; 240; 270; 295 соответственно.

Лабораторными и производственными экспериментами установлено численное значение коэффициентов:

– K_1 – коэффициент, определяющий неравномерное распределения загрязнения по контрольной пластине:

– при равномерном распределении загрязнения по поверхности пластины коэффициент $K_1 = 1,08 \dots 1,15$;

– при неравномерном распределении загрязнения по поверхности пластины коэффициент $K_1 = 1,15 \dots 1,2$.

– K_2 – коэффициент, определяющий преломление светового потока, проходящего через контрольную пластину.

Коэффициент K_2 зависит от материала контрольной пластины, толщины и угла падения светового потока от источника. При угле падения в 90° и толщины пластины $\delta = 2,5$ мм, коэффициент $K_2 = 1,22$, а при $\delta = 5$ мм, коэффициент $K_2 = 1,67$.

6. Проведенные лабораторные и производственные исследования показали, что процесс промывки молокопровода должен содержать следующие фазы: предварительное ополаскивание после доения; циркуляционную мойку и заключительное ополаскивание для удаления остатков моющего раствора. Предварительное ополаскивание молокопровода доильной установки необходимо осуществлять теплой водой температурой $28 \dots 30$ °С в течение $3,5 \text{--} 4,5$ мин. Продолжительность фазы циркуляционной мойки и дезинфекции молокопровода должна быть не менее $9 \text{--} 11$ мин при температуре моюще-дезинфицирующего раствора $65 \dots 75$ °С. Заключительное ополаскивание молочной линии должно осуществляться водой температурой $28 \dots 30$ °С в течение $3,5 \text{--} 4,5$ мин.

7. Использование предлагаемой повторной промывки молокопроводных систем доильных установок позволяет повысить качество промывки оборудования и обеспечить повышение сортности сдаваемого молока в среднем на 7 %, при этом потребление электроэнергии уменьшилось на 18 %. С внедрением в коровник разработанного оптоэлектронного устройства на УДМ-200, с продуктивностью КРС 3500 кг, экономическая эффективность от повышения качества молока составит 123 995,2 рублей.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

Статьи в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, входящих в перечень ВАК

1. Карташов, Л.П. Исследование пробкового режима в молокопроводе [Текст] / Л.П. Карташов, А.А. Панин, А.С. Королев // Техника в сельском хозяйстве. – 2010. – № 2. – С. 47–49.

2. Панин, А.А. Совершенствование системы контроля внутренней поверхности молокопровода доильной установки [Текст] / А.А.Панин // Известия ОГАУ. – 2010. – № 2(26). – Оренбург. – С. 67–69.

3. Панин, А.А. Контроль качества внутренней поверхности молокопровода доильной установки [Текст] / А.А.Панин // Известия ОГАУ. – 2011. – № 1(29). – Оренбург. – С. 51–54.

Публикации в других научно-технических изданиях, доклады на конференциях

4. Ушаков, Ю.А. Некоторые вопросы обеспечения качества молока в молокопроводе доильной установки [Текст] / Ю.А. Ушаков, А.А. Панин, А.С. Королев // Сб. докладов международной научно-технической конференции. Выпуск 9. – Оренбург: Изд. центр ОГАУ, 2009. – С. 153–157.

5. Ушаков, Ю.А. Совершенствование конструктивно-технической системы контроля состояния внутренней поверхности молокопровода доильной установки [Текст] / Ю.А. Ушаков, А.А. Панин // Сб. научных трудов ГНУ ВНИИМЖ. – Том 21. – Ч. 2. – М.: ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемии, 2010. – С. 73–75.

6. Макаровская, З.В. Научно-технические аспекты создания гибких производственных систем обслуживания животных [Текст] / З.В. Макаровская, В.Д. Поздняков, А.П. Козловцев, А.А. Панин // Сб. научных трудов ГНУ ВНИИМЖ. – Том 22. – Ч. 1. – М.: ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемии, 2011. – С. 269–276.

7. Карташов, Л.П. Инженерные методы обеспечения качества молока [Текст] / Л.П. Карташов, Ю.А. Ушаков, А.В. Колпаков, А.С. Королев, А.А. Панин, Г.П. Василевский // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2010. – Вип. 84. – С. 26–29. – ISSN 0202 – 1927.

8. Ушаков, Ю.А. Качество молока в зависимости от санитарного состояния доильного оборудования [Текст] / Ю.А. Ушаков, А.А. Панин // Известия ОГАУ. – 2009. – № 1(21). – Оренбург. – С. 99–101.

9. Королев, А.С. Определение временных и расходных характеристик процесса промывки молочной линии доильной установки [Текст] / А.С. Королев, А.А. Панин // Известия ОГАУ. – 2009. – № 3(23). – Оренбург. – С. 80–82.

10. Панин, А.А. К вопросу контроля качества промывки внутренних поверхностей молокопроводных систем [Текст] / А.А. Панин, А.П. Козловцев, А.С. Королев, С.П. Суздаев // Народное хозяйство. – 2011. – № 5. С. 75–78.

Патенты на изобретение

11. Пат. 2390122 Российская Федерация, (51) МПК А01J 5/01 А01J 7/00. Стенд для исследования пробкового движения молока в молокопроводе [Текст] / Л.П. Карташов, Ю.А. Ушаков, А.А. Панин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет» (RU). – № 2008146174/12; заявл. 21.11.2008; опубл. 27.05.2010. – Бюл. № 15.

Панин Александр Александрович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОМЫВКИ
И КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ
МОЛОКОПРОВОДА ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

*Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук*

Подписано в печать 14.04.2012.

Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 1,0. Печать трафаретная.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Заказ № 4387. Тираж 100 экз.

Отпечатано в Издательском центре ОГАУ.
460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18.
Тел. (3532) 77-61-43