

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I»

На правах рукописи



Яловой Дмитрий Иванович

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДОИЛЬ-
НОГО АППАРАТА НЕПРЕРЫВНОГО ДОЕНИЯ

*Специальность 05.20.01 - технологии и средства механизации
сельского хозяйства*

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных
наук, доцент **Е.А. Андрианов**

Воронеж - 2017

Оглавление

| | |
|--|----|
| Введение..... | 4 |
| 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ | 9 |
| 1.1 Влияние технико-технологических параметров доильного аппарата на показатели машинного доения коров..... | 9 |
| 1.2 Анализ состояния вопроса исследований технологий и технических средств для доения коров | 15 |
| 1.3 Анализ теоретических исследований влияния различных факторов на показатели работы доильных аппаратов..... | 33 |
| Выводы | 37 |
| 2. Теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров доильного аппарата непрерывного доения..... | 38 |
| 2.1 Теоретические предпосылки создания доильного аппарата непрерывного доения..... | 38 |
| 2.2 Конструктивно-технологическая схема доильного аппарата непрерывного доения..... | 39 |
| 2.3 Обоснование основных параметров доильного аппарата непрерывного доения | 44 |
| 2.3.1 Определение вакуумметрического давления, необходимого для прижатия сосковой трубки к стенке доильного стакана..... | 44 |
| 2.3.2 Определение давления сосковой резины на сосок и вакуумметрического давления, необходимого для одностороннего сжатия соска | 47 |
| 2.3.3 Обоснование процесса выведения молока из вымени коровы стимулирующим аппаратом непрерывного доения..... | 55 |
| Выводы | 60 |
| 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ..... | 62 |
| 3.1 Программа лабораторных экспериментальных исследований | 62 |
| 3.2 Методика проведения лабораторных исследований | 62 |
| 3.2.1 Лабораторное оборудование и приборы, необходимые для проведения исследований..... | 62 |
| 3.2.2 Методика определения давления сосковой резины на сосок и выбора рациональных конструктивных параметров доильного аппарата непрерывного доения..... | 76 |
| 3.2.3 Методика оценки производительности и выбора рациональных режимных параметров доильного аппарата непрерывного доения..... | 77 |
| 3.3 Выбор факторов..... | 78 |
| 3.3.1 Выбор факторов для определения давления сосковой резины на сосок | 79 |

| | |
|---|------------|
| 3.3.2 Выбор факторов для оценки производительности доильного аппарата | 82 |
| 3.4 Методика планирования эксперимента | 83 |
| 3.5 Статистический анализ результатов экспериментальных данных | 85 |
| 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА НЕПРЕРЫВНОГО ДОЕНИЯ | 88 |
| 4.1 Результаты лабораторных исследований..... | 88 |
| 4.1.1 Результаты исследований по обоснованию конструктивных параметров доильного стакана | 88 |
| 4.1.2 Результаты исследований по определению режимных параметров доильного аппарата непрерывного доения..... | 96 |
| 4.1.3 Результаты сравнения теоретических и экспериментальных исследований | 101 |
| Выводы | 103 |
| 5. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА НЕПРЕРЫВНОГО ДОЕНИЯ | 104 |
| 5.1 Программа и методика производственных испытаний..... | 104 |
| 5.2 Экономическая эффективность использования доильного аппарата непрерывного доения..... | 108 |
| Выводы | 117 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 118 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ | 120 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 134 |

Введение

Актуальность темы исследования. В настоящее время дальнейшее повышение эффективности отрасли молочного скотоводства является важной задачей, решение которой заключается в наращивании поголовья коров, а также повышении их продуктивности.

Повышение молочной продуктивности животных возможно путем целенаправленной селекционной работы, увеличения производства высококачественных кормов, а также внедрения прогрессивных технологий и технических средств, имитирующих параметры лактирующих коров.

Неадекватность воздействий современных доильных аппаратов физиологии животного является причиной недостаточной эффективности машинного доения и заболеваемости коров маститом.

Для более полной реализации генетического потенциала коров необходимо использование конструкции высокопроизводительного доильного аппарата, адекватного физиологии животного.

Одним из резервов повышения производительности доильных аппаратов является исключение тактов, в течение которых выведение молока из вымени прекращается, что позволит повысить пропускную способность доильного аппарата и обеспечить высокую скорость и безопасность доения.

Настоящая работа посвящена повышению эффективности машинного доения коров путем совершенствования конструкции доильного аппарата, его параметров и режимов работы. Диссертация выполнена в рамках научно-исследовательской работы агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I (ВГАУ) «Инновационные направления совершенствования процессов и технических средств механизации и электрификации сельскохозяйственного производства», утвержденной ученым советом ВГАУ (номер государственной регистрации 01.200.1-003986).

Степень разработанности темы. Анализ способов и средств доения, изложенных в работах Д.С. Борисова, В.А. Борознина, И.Е. Волкова, М.Л. Гордиевских,

Л.П. Карташова, В.И. Квашенникова, И.Н. Краснова, В.Ф. Королева, Р.Р. Лукманова, В.Ф. Ужика, В.М. Ульянова, В.В. Утолина, Ю.А. Цоя, С.И. Щукина и других авторов, показал, что вопрос безопасного молоковыведения требует дальнейшего изучения и исследования.

Изучение и анализ литературных и патентных источников свидетельствует о следующем: используемые в настоящее время доильные аппараты работают при высоком вакууме и в несколько тактов (сосание и разгрузки), что снижает их пропускную способность и зачастую способствует возникновению мастита у коров и снижению их продуктивности.

Объект исследований - рабочий процесс доильного аппарата непрерывного доения.

Предмет исследования - закономерности изменения технологических показателей доильного аппарата непрерывного доения в зависимости от его конструктивно-режимных параметров.

Цель исследований: повышение эффективности машинного доения коров путем разработки доильного аппарата непрерывного доения с обоснованием параметров и режимов его работы.

Для выполнения указанной цели поставлены **задачи** исследования:

- определить направление совершенствования доильных аппаратов и разработать конструктивно-технологическую схему доильного аппарата непрерывного доения;
- теоретически и экспериментально обосновать конструктивно-режимные параметры доильного аппарата непрерывного доения;
- выявить рациональные конструктивные параметры и режимы работы доильного аппарата непрерывного доения;
- произвести проверку разработанного доильного аппарата непрерывного доения в производственных условиях, определить экономическую эффективность его применения.

Научная новизна диссертационной работы:

- конструктивно-технологическая схема доильного аппарата непрерывного доения, отличающаяся усовершенствованной конструкцией доильного стакана;
- аналитические зависимости для определения конструктивно-режимных параметров доильного аппарата непрерывного доения, отличающиеся учетом особенностей предложенного технического решения элементов доильного аппарата;
- результаты экспериментальных исследований доильного аппарата непрерывного доения, отличающиеся тем, что определены для варианта с усовершенствованной конструкцией доильного аппарата;
- результаты производственных испытаний доильного аппарата непрерывного доения.

Теоретическая и практическая значимость работы. Обоснована возможность повышения производительности доильного аппарата. Аналитические зависимости для определения рациональных параметров и режимов работы доильного аппарата непрерывного доения углубляют знания в области теории доильных аппаратов.

Предложенные технические решения, защищенные патентами на изобретения, позволят повысить эффективность машинного доения коров.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований могут быть использованы при разработке доильных аппаратов непрерывного доения.

Методология и методы исследования. При проведении теоретических исследований были использованы известные законы физики, теоретической механики и математики. Теоретические исследования проводились на основе математического моделирования рабочих процессов технических средств с использованием дифференциального и интегрального исчисления с целью получения расчетных формул, которые позволяли установить конструктивно-режимные параметры работы доильного аппарата непрерывного доения. При проведении экспериментальных исследований применялись общеизвестные методики и разработанные на их базе - частные. Лабораторные и производственные испытания проводились с использованием современных электронных и механических устройств, установок

и приборов, а также специально разработанных и изготовленных. Обработка экспериментальных данных в исследованиях осуществлялась методом математической статистики с использованием ПК и современных компьютерных программ: STATISTICA, Mathematica, Mathcad, Microsoft Excell.

Положения, выносимые на защиту:

- конструктивно-технологическая схема доильного аппарата непрерывного доения, позволяющая повысить производительность и безопасность доения;
- аналитические зависимости по обоснованию параметров и режимов работы доильного аппарата непрерывного доения;
- результаты лабораторных исследований по определению давления сосковой резины на сосок и производительности аппарата, позволяющие установить рациональные конструктивно-режимные параметры доильного аппарата непрерывного доения и оценить эффективность предложенных технических решений;
- результаты проверки разработанного доильного аппарата непрерывного доения в производственных условиях.

Степень достоверности и апробация результатов. Результаты получены применением современных апробированных теоретических подходов, реализацией аналитических зависимостей на ЭВМ, планированием и проведением эксперимента, результатами внедрения в производство. Достоверность научных положений подтверждена достаточной сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований, применений современных методик и средств обработки результатов экспериментов.

Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на научно-практических конференциях ФГБОУ ВО ВГАУ (г. Воронеж, 2014-2017 гг.), на XVIII и XIX международных научно-производственных конференциях «Проблемы и перспективы инновационного развития агроинженерии, энергоэффективности и it-технологий» (г. Белгород, 2014-2015 гг.), на международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов (г. Воронеж, 2014 г.), на международной научно-практической конференции «Научно-практические аспекты ресурсосберегающих технологий производства продукции и переработки

отходов АПК» (г. Воронеж, 2014 г.), на международной научно-практической конференции «Агропромышленный комплекс на рубеже веков» (г. Воронеж, 2015 г.), на международной научно-практической конференции «Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства» (г. Воронеж, 2015 г.), на международной научной конференции «Наука и образование в современных условиях» (г. Воронеж, 2016 г.), на международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве» (г. Воронеж, 2017 г.).

Результаты диссертационной работы внедрены на предприятии СХА «Эртильская» Эртильского района Воронежской области.

Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе ФГБОУ ВО ВГАУ при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Агроинженерия».

Личный вклад соискателя. Личный вклад соискателя заключается в постановке задач и выборе методов исследования, разработке методики исследований, выполнении математических преобразований и расчетов при разработке аналитических зависимостей и их реализации на ЭВМ, усовершенствовании конструкций доильного стакана аппарата, разработке лабораторной установки, получении экспериментальных данных, формулировке выводов.

Публикации по теме диссертации.

По теме диссертации опубликовано 15 работ, в том числе 4 - в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 2 - в описаниях к патентам, 7 - в материалах международных конференций, 2 - в других изданиях.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертационная работа включает введение, пять глав, заключение, список использованных источников (120 наименований) и приложения. Общий объем работы составляет 175 страниц, содержит 49 рисунков, 17 таблиц, 21 приложение.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Влияние технико-технологических параметров доильного аппарата на показатели машинного доения коров

В связи с тем, что конструкции доильного оборудования постоянно совершенствуются, при разработке и проектировании доильных аппаратов большое значение имеет научное обоснование их параметров [14, 26, 37, 44, 47, 87, 91, 92, 102].

Эффективность процесса доения может быть обеспечена только в случае, если все составляющие системы (аппарат, оператор машинного доения, корова) будут работать согласованно [13, 85, 90, 93, 98].

Нарушение одного из звеньев приведет не только к снижению молочной продуктивности, но и к заболеванию животного [13, 41, 45, 48, 105].

Качество работы доильных аппаратов определяется, как правило, интенсивностью стимулирующих воздействий и безопасностью доения.

Основным показателем является величина рабочего вакуума под соском.

Исследования К. Адлеца и др. показывают, что резкое изменение режима доения животного отрицательно сказывается на молочной продуктивности и скорости доения коров. Отсюда следует вывод, что при доении необходимо обеспечить постоянство вакуумного режима [60, 68, 78, 41, 54, 57, 83].

Используемые доильные аппараты работают жестко при сильном воздействии на ткани соска, вакуум под которым составляет 48-55 кПа, что значительно больше вакуума, создаваемого при сосании теленком. Это приводит к болевым ощущениям у животного и, как результат, снижению продуктивности и возможности заболевания маститом. [29, 30, 31]

Сжатие соска является главным определяющим раздражителем при машинном доении. Из анализа используемых доильных аппаратов следует, что качественные и количественные показатели машинного доения не могут сравниться с аналогичными показателями при сосании теленком и при ручном доении [52, 60].

У.Г. Уитлстоун констатирует, что минимальное разрежение у слабодойных коров находится в пределах 6,7 -10 кПа, а у тугодойных - 26-33 кПа [100].

А.А. Скроманис и А.В. Силинш обосновывают применение вакуума 46-50 кПа в связи с тем, что сфинктер соска может открываться при указанном перепаде давлений [88].

Отдельные исследователи считают, что высокий вакуум не влияет отрицательно на процесс образования и выведения молока [52].

Практически все ученые признают, что увеличение вакуума выше 52 кПа недопустимо.

Из исследований Д. Норлендера следует, что при большом разрежении сосковая резина повреждается и вызывает наползание доильных стаканов на соски вымени [10].

Г. Мейн отмечает, что при вакууме, равном 33-47 кПа, наползание стаканов отмечено у 14% животных, а при вакууме 47 кПа и выше - у 35% исследуемых животных [8].

Следовательно, увеличение вакуума, с одной стороны, повышает скорость молоковыведения, но, с другой стороны, приводит к повреждению сосков коровы и возможности заболевания маститом.

Повышение вакуума выше 52 кПа служит причиной гиперемии сосков [52, 57].

Исследованиями установлено, что при малом числе пульсаций в двухтактных доильных аппаратах величина вакуумметрического давления 50-52 кПа будет приемлемой для большинства дойных коров. Однако повышение вакуумметрического давления вызывает чрезмерную гиперемию сосков вымени, что зачастую приводит к появлению мастита и препятствует применению машинных технологий [29, 30, 31, 32, 42, 47, 60].

Отмечено, что повреждение клеток эпителия воздействием вакуумметрического давления способствует проникновению в молоко незначительного количества крови, которую невозможно идентифицировать ни по запаху и вкусу молока, ни визуально, так как эти показатели молока не изменяются. Ежедневное повторяющиеся болевые ощущения могут препятствовать молоковыведению и формиро-

вать у животных отрицательную реакцию на машинное доение. Это приводит к неполному выдаиванию, постепенному снижению удоев, появлению маститов и преждевременному запуску коров [31, 60, 112].

При использовании двухтактных аппаратов с однокамерными доильными стаканами и трехтактных аппаратов периодическое воздействие вакуумметрического давления оказывает менее вредное влияние на соски, так как при таком воздействии величину вакуума возможно повысить без повреждения сосков. Частота пульсаций, соотношение длительности действия вакуумметрического и атмосферного давлений влияют на степень воздействия пульсирующего вакуума в каждом периоде [46, 60, 61, 100].

В.Ф. Королев при изучении патологического действия вакуума на соски отмечает, что при доении двухтактными доильными аппаратами такт сжатия оказывает массирующее действие на соски коровы, причем при длительности его 0,1 с он полезен, а при увеличении до 0,5-0,6 с на сосках появляются анемичные участки, кончик соска сплющивается и его остаточная деформация сохраняется. Увеличение числа пульсаций при доении этим способом приводит к уменьшению длительности воздействия каждого такта сжатия на сосок и увеличению количества сжатий [60].

При доении трехтактными доильными аппаратами воздействие на соски будет более благоприятным, так как действие вакуумметрического давления чередуется с воздействием сжатия и отдыха [60].

По мнению В.Ф. Королева, определяющим является время воздействия вакуумметрического давления, а не его величина, причем чем выше разрежение, тем скорее наступит момент патологии, и наоборот. В результате исследований им получена зависимость между величиной вакуумметрического давления и временем его воздействия, при котором наступает патология тканей сосков. Пользуясь полученной зависимостью можно определить технические параметры доильных аппаратов, в частности установить длительность такта сосания при различном вакуумметрическом давлении, а также число пульсаций [60].

При отрицательном воздействии вакуума сохранность целостности эпителиальных клеток является определяющим для предупреждения маститов, так как даже небольшие повреждения эпителия способствуют проникновению микробов в ткани вымени и развитию очагов воспаления [1,5].

И.Г. Велиток при определении скрытых кроводоев у коров, используя состав из 5 мл 3% раствора перекиси водорода и 2 мл насыщенного раствора бензидина в ледяной уксусной кислоте, в который, тщательно перемешивая, вносили пипеткой 10 капель молока, установил, что при наличии крови в молоке жидкость приобретала зеленый или темно-синий цвет, а при отсутствии была прозрачной с белым хлопьевидным осадком [31].

Им также установлено, что при нарушении технологии машинного доения вакуумметрическое давление травмирует стенки сосков и цистерн вымени, причем кровь диффундирует и распределяется по молоку цистернальной, а не альвеолярной емкости, в которую диффузия крови ограничена из-за короткого периода соприкосновения с внутренней поверхностью стенок сосков и цистерн четвертей.

По данным И.Г. Велитока и др., отмечено, что скрытые кроводои - самостоятельная группа специфических микроскопических повреждений целостности внутреннего эпителия, возникающих в ранней стадии нарушения нормальной функции вымени при машинном доении, и не связаны с субклиническими маститами [31].

Установлено, что рабочее вакуумметрическое давление до 40 кПа практически безопасно для здоровья животного, но тугодойные коровы выдаиваются не полностью. При повышении вакуумметрического давления скорость молоковыведения возрастает, но увеличивается и опасность заболевания маститом, особенно при передержке доильных аппаратов в конце доения [52].

По данным R. Gudding (1982) и D.M.Calton (1980), повышение или понижение уровня вакуума от величины 31,75 мм рт. столба и частоты пульсации от 40-60 импульсов в минуту способствует увеличению инфекции вымени и случаев заболевания маститом [4,7].

Эксплуатация отечественных двухтактных и трехтактных доильных аппаратов при вакуумметрическом давлении до 59 кПа приводит к заболеванию маститом от 30 до 34,5% коров [41].

Опытами установлено, что колебания вакуумметрического давления в сосковых камерах доильных стаканов также могут вызвать заболевания маститом [52].

Перепады вакуумметрического давления приводят к обратному току молока, способствуя переносу возбудителей мастита от больных долей вымени к здоровым (Д. Хамман, А. Толь (1982), В.С. Зеликов (1979), Н. Alexander (1975), P.R. Natzke (1982) [2, 9, 48, 105].

В.Ф. Ужик, Н.А. Вовк считают, что отрицательное воздействие вакуумметрического давления в результате передержки доильных аппаратов в конце доения способствует появлению мастита и, как результат, уменьшению длительности лактации от 305 дней до 240 дней и менее, снижению молочной продуктивности до 100 кг на одну корову и более [96].

Отрицательное воздействие вакуумметрического давления в результате передержек доильных аппаратов на вымени коровы по завершении доения с 0,41 до 5 минут приводят к увеличению числа маститов с 2,1 до 16,5%, или в 7,8 раза [47].

В связи с тем что оператор обслуживает несколько коров, из-за отсутствия должной информации о процессе доения отдельных четвертей вымени и времени одновременного окончания доения несколькими обслуживаемыми им аппаратами, фактически не способен на установленное зоотехническими нормами выполнение заключительных операций; до 75% коров подвержены "сухому" доению [35, 36].

В то же время разрежение не является решающим для извлечения молока из вымени, что подтверждается опытом ручного доения, где вообще не используют вакуум для выведения молока. При доении аппаратом адекватными стимуляторами извлечения молока являются число пульсаций и сила давления сосковой резины на сосок.

В.Ф. Королев отмечает, что число пульсаций 40-60 в минуту является наиболее соответствующим физиологии доения [60].

По мнению И.Н. Краснова, Г.М. Марченко, быстрому и полному молоковыведению соответствуют 100-140 пульсов в минуту [63].

Согласно Н.А. Келпису, частота пульсаций 40-120 в минуту обеспечивает возбуждение полноценного рефлекса молокоотдачи [55].

Исследованиями Н.Г. Деева установлено, что увеличение частоты пульсаций с 60 до 90 в минуту снижает скорость доения на 12% и молочную продуктивность - на 9,2 % [39].

Ряд исследователей считает, что число пульсаций оказывает значительное влияние на соотношение тактов, и как результат, на скорости доения и здоровье животных [53].

И.Н. Краснов отмечает, что процесс сжатия сосковой резины должен осуществляться медленней, чем ее выпрямления, так как быстрое сжатие вызывает резкое выталкивание части молока из соска в цистерну вымени, что приводит к торможению рефлекса молокоотдачи [62].

Исследования показывают, что любое раздражение молочной железы вызывает не только выведение молока, но целый ряд других рефлекторных реакций [38].

Среди всех факторов, влияющих на молокоотдачу, важнейшая роль принадлежит силе сжатия соска вымени.

На силу сжатия сосков резиной и молоковыведение влияют жесткость сосковой резины и ее натяжение в доильном стакане.

Исследованиями О.К. Куспанова установлено, что повышение натяжения сосковой резины от 0 до 57 Н обеспечивает увеличение скорости доения на 12%.

И.Н. Краснов и ряд других авторов указывают, что при использовании выжимающего аппарата типа «Доярка» усилие сжатия соска должно обеспечиваться давлением 80-90 кПа [32, 62].

Исследованиями И.Н. Краснова установлено, что максимальное давление на сосок в такте сжатия при работе трехтактного доильного аппарата «Волга», двухтактного аппарата «ДА-2М», при ручном доении и сосании теленком составляет соответственно 20-25, 17-18, 55-62 и 26-46 кПа [62].

По данным И.В. Жилова, наибольшая скорость молоковыведения для аппарата непрерывного отсоса отмечается при вакууме 30-33 кПа. Однако максимальная скорость молоковыведения наблюдается не при номинальном разрежении в межстенном пространстве доильных стаканов, а только в том случае, когда на стенку сосковой резины действует давление 13-16 кПа [43].

Обобщая вышесказанное, можно заключить, что для максимальной производительности аппарата и защиты молочной железы от патологического воздействия вакуумметрического давления как во время, так и по окончании доения конструкция современного доильного аппарата должна соответствовать физиологическим, ветеринарным и техническим требованиям, а именно способствовать:

активному выделению молока при минимальном латентном периоде;

возбуждению рефлекса молокоотдачи перед доением и стимулирующему воздействию во время доения для поддержания рефлекса молокоотдачи;

выведению молока при безопасном для молочной железы вакуумметрическом давлении с сохранением необходимой производительности [47, 50, 60].

1.2 Анализ состояния вопроса исследований технологий и технических средств для доения коров

Наиболее ответственную функцию в любой доильной установке выполняет доильный аппарат, доильные стаканы которого непосредственно воздействуют на соски и вымя коровы. И от того, каким будет это воздействие, зависит не только продуктивность, но и здоровье животных [20].

Вопросам изучения машинного доения коров посвящено значительное количество работ как в нашей стране, так и за рубежом. В настоящее время стоит задача создания безопасного и высокопроизводительного доильного аппарата, обеспечивающего наилучшие условия для извлечения молока из вымени коровы [27].

При разработке и проектировании нового доильного оборудования особую значимость придают факторам, которые оказывают наибольшее влияние на нервную систему лактирующей коровы. При этом положительные факторы желательны

усилить, а отрицательные минимизировать или в лучшем случае вообще устранить [15, 16, 17, 20, 70].

Из положительных первостепенную необходимость представляют факторы, обеспечивающие возбуждение и поддержание в процессе доения полноценного рефлекса молокоотдачи.

Ручное доение, как и процесс сосания вымени коровы теленком представляет особый интерес с позиций совершенствования конструкций устройств для машинного доения коров. [52, 60, 62].

Многие ученые считают наилучшим способом извлечения молока из вымени коровы сосание теленком в связи с тем, что он не причиняет ей никакого вреда. Однако другие исследователи отмечают недостаточную интенсивность выведения молока при этом способе доения. Именно приспособленность сосательного аппарата теленка к извлечению молока из вымени обеспечивает необходимые положительные воздействия на молочную железу и нервную систему дойной коровы, вызывающие возбуждение полноценного рефлекса молокоотдачи и отсутствие негативных факторов [60, 62].

Некоторые авторы утверждают, что извлечение молока из сосков осуществляется за счет разрежения в ротовой полости теленка [65].

Однако в работах М.Л. Пейнович отмечается, что акт сосания у теленка состоит из двух фаз: сосание (выжимание) и отдыха. В фазе выжимания наблюдается максимальное положительное и отрицательное давление [82].

Этот же вывод подтверждают и некоторые зарубежные ученые [6].

Рассмотрение акта сосания коровы теленком показывает, что положительное давление выполняет не ту функцию, какую ему приписывают. Наличие положительного давления авторы не объясняют как рефлекторную в первую и как защитную функцию во вторую очередь. Такое противоречие объясняется различными методиками при изучении акта сосания теленком. Согласно исследованиям, с повышением отрицательного давления в полости рта повышается и давление на сосок, тем самым исключается его чрезмерное расширение соска. Отсюда напрашивается следующий вывод: положительное давление оказывает не выжимающее, а

защитное действие, а отрицательное давление обеспечивает извлечение молока из вымени. При глотании положительное давление уменьшается до атмосферного, а разрежение сохраняется в течение обоих тактов. Максимальное отрицательное давление в полости рта теленка находится в пределах 30,6...33,25 кПа, а среднее составляет 17,2 кПа, при этом количество сосаний колеблется от 100 до 120 в минуту [38, 52, 82].

Другим способом извлечения молока из вымени коровы, включающем фазы выжимания и отдыха, является ручное доение.

С помощью специальных движений рук, изменяющихся в зависимости от строения вымени, продуктивности коровы и характера нервной деятельности и требующих существенных затрат мускульной энергии человека, молоко выдавливается из сосков вымени в фазе выжимания. Н.М. Ароновичем в свое время были изучены направленность и интенсивность движений пальцев рук оператора при различных способах ручного доения [23]. Извлечение молока прекращается в последующей фазе отдыха, позволяя лишь атмосферному давлению воздействовать на соски вымени. В это время интенсивность заполнения цистерны молоком определяются внутривыменным давлением, массой молока в вымени и гидравлическими сопротивлениями в каналах сосков [52].

Этот способ извлечения молока, в отличие от сосания теленком, осуществляется при соотношении фаз сосания и отдыха 6:1, последняя из которых является пассивной.

Экспериментально установлено, что уровень доильных раздражений при ручном способе доения достаточно высок. Однако, интенсивность молоковыведения составляет 0,7-1 кг/мин. В связи с этим, можно сказать, что при ручном доении высокопродуктивные коровы не смогут быть выдоены за время действия рефлекса молокоотдачи, длительность которого составляет 4-6 мин. Скорость заполнения цистерны соска молоком достаточно высокая только при полностью возбужденном рефлексе молокоотдачи, что позволяет соску почти мгновенно заполняться молоком [62].

Также исследователями установлено, что при машинном доении стимулирующие молокоотдачу факторы проявляются именно в такте сжатия, когда происходит массаж сосков. В то же время, как при сосании теленком, так и при ручном доении стимулирующие молокоотдачу факторы проявляются как правило, в такте сосания и выжимания. [20, 52, 62].

Единственное общее свойство, присущее всем вышерассмотренным способам, заключается в том, что извлечение молока происходит циклически, причем только в течение одного такта: выжимания при ручном доении, и сосания - при машинном доении и сосании теленком.

На фермах страны используются доильные аппараты как импортного, так и отечественного производства. Они классифицируются: по принципу работы, по характеру и времени воздействия на соски, по месту сбора молока (рис 1.1).

На молочных фермах страны используются двухтактные отсасывающие доильные аппараты синхронного доения (АДУ-1М, АДУ-1-03, АДС-1, ДА-2М), попарного действия («Нурлат», «Дояр»), трехтактные («Волга», ДА-3М). Также используются зарубежные доильные аппараты Westfalia Surge (Германия), SAC (Дания), DeLaval (Швеция) и др. Исследованием доильных аппаратов отсасывающего типа занимались многие ученые [12, 13, 19, 25, 52, 60, 61, 63, 70, 72, 73, 74, 76, 79, 94, 95, 101, 102, 103, 100, 110, 111, и др.].

Двухтактные аппараты получили наибольшее распространение в связи с простотой конструкции и удобством обслуживания.

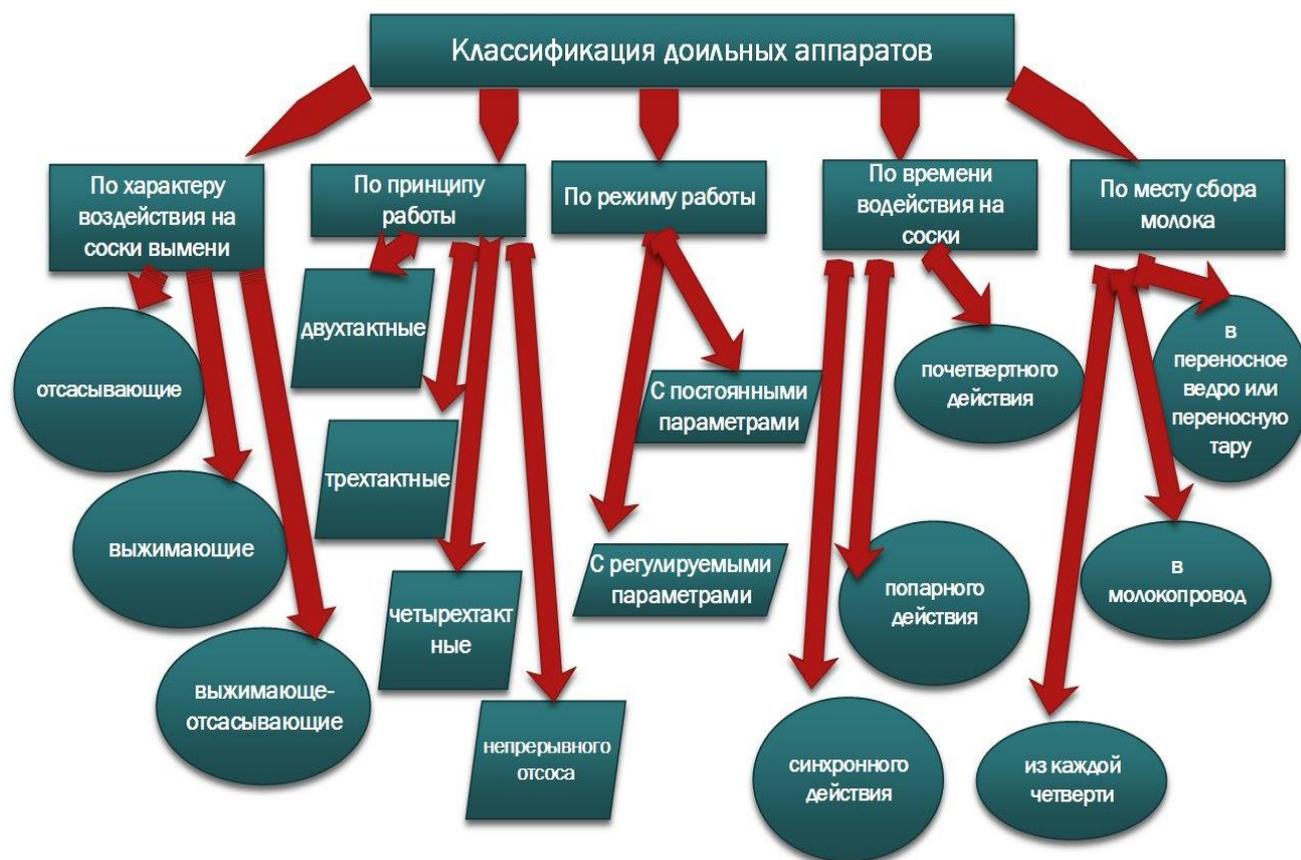


Рисунок. 1.1 - Классификация доильных аппаратов

Общая схема двухтактного доильного аппарата представлена на рисунке 1.2. Он состоит из доильных стаканов 1, коллектора 2, пульсатора 3, молочных и переменного вакуума шлангов. Распределительную функцию выполняет коллектор 3 доильного аппарата, позволяя распространять переменное давление по доильным стаканам, принимать от них выдаиваемое молоко и направлять его в молокоприемник. По окончании доения и снятии доильного аппарата отключают доильные стаканы от вакуумметрического давления с помощью клапана, установленного в коллекторе [28,60]. Преобразовательную функцию выполняет пульсатор 4 доильного аппарата, который создает и через коллектор поддерживает режим работы доильного аппарата, позволяя преобразовать постоянный вакуум в переменный (пульсирующий), при котором вакуумметрическое давление периодически сменяется атмосферным в межстенных камерах доильных стаканов.

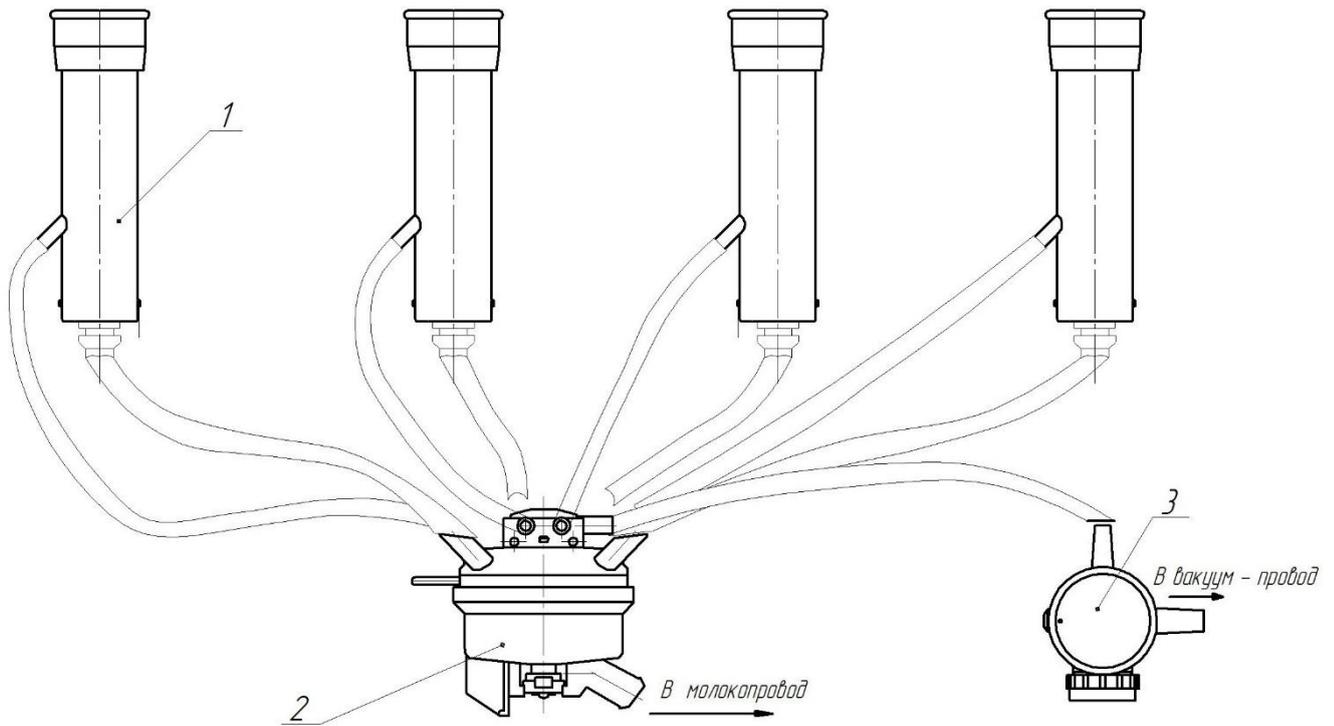
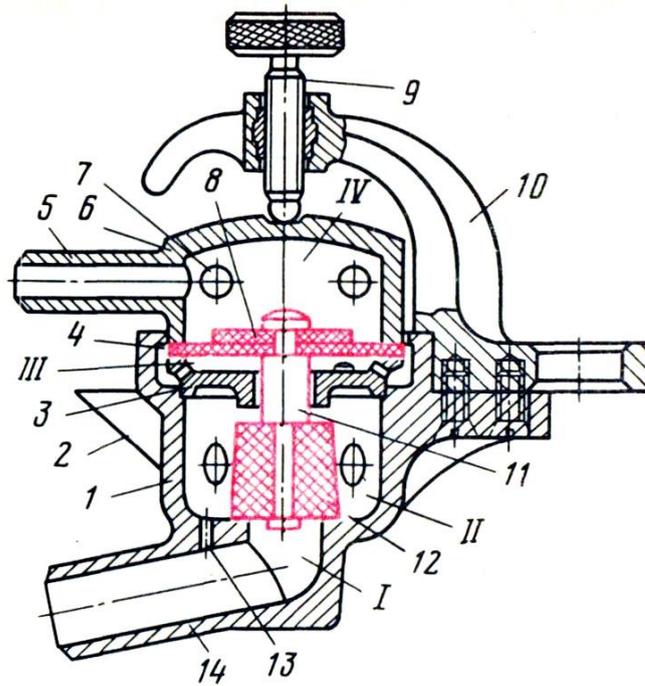


Рисунок. 1.2 - Схема двухтактного доильного аппарата

Получившие наибольшее распространение двухтактные доильные аппараты при доении вызывают раздражения, не адекватные физиологии животных, так как сжатие соска в доильном стакане осуществляется от кончика к основанию в отличие от сжатия соска языком теленка от основания к кончику (при машинном доении на основание соска приходится всего 10...20% из общей суммы силовой нагрузки на сосок, а при ручном доении - 60...70%), что ведет к торможению рефлекса молокоотдачи. Кроме того, в конце доения стаканы наползают на вымя, ухудшая извлечение последних порций молока и нарушая нормальное кровообращение в сосках. Такие аппараты требуют строгого соблюдения физиологии доения и высокой квалификации операторов.

Общая схема коллектора трехтактного доильного аппарата, предложенного В.Ф. Королевым, А.А. Матюгиным, И.Н. Красновым, представлена на рисунке 1.3. Коллектор трехтактного доильного аппарата имеет четыре камеры постоянного вакуума I, переменного вакуума II и IV и атмосферного давления III, дополнительно имеет мембрану 4 и клапан 12. Конструктивная особенность коллектора позволяет при его работе создавать третий такт – отдыха, который наступает, когда давление

воздуха в камере III на верхнюю площадку клапана 12 превысит давление воздуха на мембрану, клапан 12 своей нижней площадкой перекроет канал между камерами I и II, а атмосферное давление из камеры III поступит в камеру II и через патрубки 2 в подсосковые пространства доильных стаканов, причем такое же по величине давление имеется и в межстенных пространствах стаканов, поэтому сосковая резина принимает исходную форму, а сосок вымени в это время отдыхает [60, 61].



1 - корпус; 2, 5, 7, 14 - патрубки; 3 - перегородка; 4 - мембрана; 6 - крышка; 8 - шайба; 9 - винт; 10 - кронштейн; 11 - стержень; 12 - клапан; 13 - отверстие

Рисунок 1.3 - Схема коллектора трехтактного доильного аппарата

Трехтактный аппарат в большей степени отвечает физиологическим особенностям животного, так как вводится такт отдыха, способствующий лучшему кровообращению в сосках. Однако эти аппараты имеют более сложную конструкцию и меньшую производительность (по сравнению с двухтактными аппаратами), способствуют возможному загрязнению молока из-за подсоса воздуха под соски в такте отдыха, увеличению расхода энергии из-за дополнительного расхода воздуха [24, 60].

Использование низковакуумного доильного аппарата АДУ-1-03 (ВИЭСХ), выполненного на базе аппарата «Майга» (рис.1.4), позволяет за счет стабилизации

вакуумного режима снизить общий уровень вакуумметрического давления в вакуумной линии до 45 кПа. Это достигается тем, что в молочную камеру коллектора во время такта сжатия осуществляется периодический выпуск порции воздуха, а во время такта сосания в коллектор не поступает воздух, что способствует распространению стабильного вакуумметрического давления в подсосковых камерах доильных стаканов во время такта сосания и снижение его во время такта сжатия. Это, в свою очередь, позволяет провести более полное выдаивание и уменьшить вред вымени животного [28, 42].

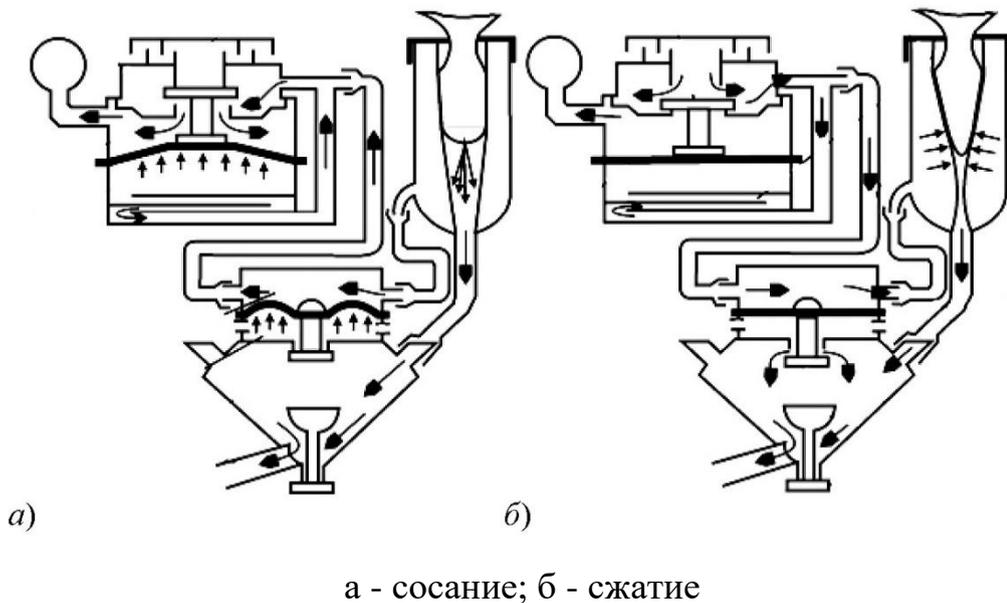


Рисунок 1.4 - Схема низковакуумного доильного аппарата АДУ-1-03

Основной особенностью доильного аппарата, производимого ОАО "Маяк", является использование новой конструкции пульсоколлектора марки АВЮ 2.940.141, позволяющей приблизить режим работы аппарата к естественному, осуществить более полное выдаивание молока, повысить жирность молока на 0,1 %, уменьшить заболеваемость коров маститом в 2 – 4 раза.

В настоящее время широко применяют доильные аппараты попарного доения, которые, в зависимости от надевания, доят попарно передние и задние, либо правые и левые соски за счет усовершенствованной конструкции пульсатора, одновременно подающего в межстенную камеру одной пары стаканов вакуум, а другой – атмосферное давление. Это широко известные марки, такие как SAC

(Uniflow3), DeLaval (MU100), аппараты «Дояр» (г. Курган), АДС 25.00 (г. Гомель), ППД (ООО «Агротрейд»), ML120 (Milkline), D002-D003 ("INTERPULSE"), «Milk-Rite (Avon Rubber p.l.c.)», GEA, и др. Среди основных преимуществ можно отметить более интенсивную стимуляцию молокоотдачи, меньшее гидравлическое сопротивление в молочных шлангах и более стабильное вакуумметрическое давление под соском во время максимального молоковыведения [59].



Рисунок 1.5 - Доильный аппарат попарного доения с двумя уровнями вакуума:
слева - «СОЖ» (Россия), справа - MU210 (ДеЛаваль)

По мнению И.К. Винникова, Ю.В. Пахомова, большой эффективностью характеризуется двухрежимные доильные аппараты. Известные аппараты имеют слабый пульсирующий сигнал и сдвиг по фазе переменного вакуума, действующего в межстенной и в подсосковой камерах доильных стаканов. Авторы предлагают устранить недостатки обоих аппаратов установкой дополнительного вакуумного элемента «ИЛИ». Его установка позволяет увеличить надёжность и эффективность работы обоих двухрежимных аппаратов, которая зависит от интенсивности молоковыведения. При малой интенсивности молокоотдачи аппараты работают в мягком трёхтактном режиме, при увеличении молокоотдачи сверх установленного по-

рога аппараты переходят в двухтактный режим с непрерывным отсосом, при уменьшении молокоотдачи аппараты из двухтактного режима переходят в трёхтактный [71].

Известны двухтактные аппараты попарного доения с двухуровневым вакуумом, позволяющие в начале и в конце доения, когда молокоотдача ниже максимальной, воздействовать на соски более низким вакуумом - 33 кПа. Среди отечественных известен доильный аппарат «Нурлат», в котором дополнительно установлен приемник молока и блок управления, позволяющий при скорости доения менее 200 г/мин в результате падения уровня молока в поплавковой камере приемника за счет срабатывания микропереключателя и передачи сигнала на блок управления переключить пульсатор на пониженное вакуумметрическое давление 33 кПа. При повышении скорости доения выше 200 г/мин пульсатор аналогично переключается на высокий вакуум 50 - кПа. Этот аппарат учитывает фазы извлечения молока из вымени и более адекватен физиологии животного. Согласно исследованиям Е.М. Трефилова, использование аппарата «Нурлат» позволяет повысить молочную продуктивность коров на 4,7%, выход жира – на 0,1 %, скорость доения – на 0,1 кг/мин по сравнению с применением доильного аппарата ДА-2. Однако, по данным Е.М. Трефилова, времени изменения давления в межстенных камерах стаканов при переходе от такта сосания к такту сжатия недостаточно, что неблагоприятно воздействует на молочную железу животного [90, 91, 92].



Рисунок 1.6 - Доильный аппарат «Нурлат» с двухуровневым вакуумом

Среди зарубежных компаний-производителей доильного оборудования (DeLaval, Westfalia Serdг, SAC и др.) большинство доильных установок также снабжено многорежимными доильными аппаратами, обеспечивающими изменение вакуумного режима доения, частоты и соотношения тактов в зависимости от интенсивности потока молока [109].

Среди аппаратов одновременной пульсации следует выделить белорусский доильный аппарат «Унибокс», где в отличие от традиционной системы попарной пульсации (2x2) применяется система одновременной пульсации (4x0), когда все четыре соска доятся одновременно. Вакуум на конце соска значительно изменяется - от 42-48 кПа в фазе доения до 24-26 кПа - в фазе отдыха.



Рисунок 1.7 - Доильный аппарат «Унибокс» с системой одновременной пульсации (4x0)

Благодаря «плавающему» уровню вакуума доильные аппараты с одновременной системой пульсации позволяют, с одной стороны, более быстро выдаивать корову, а с другой - обеспечивать полноценный отдых соска в фазе отдыха, что делает их наименее травматичными для животных.

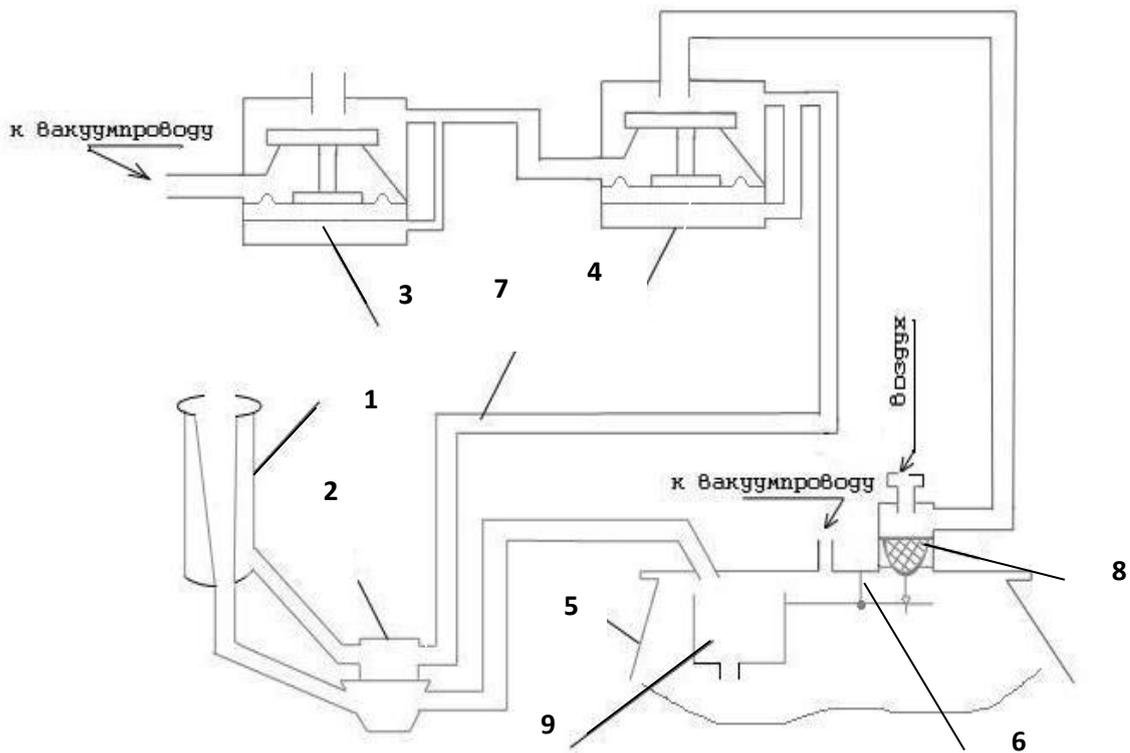
Создание условий для оптимального проявления физиологических функций организма коровы за счет воздействия доильного аппарата позволяет в значительной степени исключить из производственного процесса ручную преддоильную стимуляцию. Поскольку ручной труд на фермах применяют все реже, доильные аппараты снабжаются функцией преддоильной обработки вымени, в частности функцией, имитирующей массаж вымени путем микроколебаний стенок сосковой резины.

В стимулирующем аппарате типа АДС используется микроколебание сосковой резины для возбуждения рефлекса молокоотдачи в течение всего процесса доения. Однако в период максимальной молокоотдачи микроколебания не только не полезны, но даже вредны, так как снижают производительность доения.

В стимулирующем доильном аппарате Westfalia Surge «Separator» устранены эти недостатки и имеется возможность стимулировать соски вымени в зависимости

от индивидуальных особенностей коров высокочастотной пульсацией сосковой резины амплитудой 1-2 мм в начале и в конце доения в такте сжатия, что способствует повышению надоев и обеспечивает адаптивное воздействие на соски вымени [28].

В доильном аппарате ДАУС (авторы В.Ф. Некрашевич, В.М. Ульянов и др.) в первоначальный и заключительный периоды доения основной и стимулирующий пульсаторы работают совместно, что позволяет массировать соски вымени до начала интенсивной молокоотдачи и по ее завершении. При интенсивной молокоотдаче аппарат переходит на двухтактный режим работы, что позволяет за более короткое время извлекать основное количество молока. Применение аппарата ДАУС дает возможность повысить молочную продуктивность коров на 4,11%, интенсивность молоковыведения - на 13,50%, а общую продолжительность доения сократить на 8,47 % [75].



1 - доильный стакан; 2 - коллектор; 3 - основной пульсатор; 4 - стимулирующий пульсатор; 5 - молокоприемник; 6 - отключающее устройство; 7 - шланг; 8 - клапан; 9 - ковш с жиклером

Рисунок 1.8 - Принципиальная схема доильного аппарата с управляемой стимуляцией

Несколько другую конструкцию и расширенные функциональные возможности имеет стимулирующий доильный аппарат одновременной пульсации, который может работать в нескольких режимах. Когда молоколовушка зафиксирована в верхнем положении и начнется совместная работа пульсирующего и стимулирующего пульсатора с микроколебаниями сосковых трубок, аппарат работает в режиме постоянной стимуляции, как аппарат АДС-1. Когда молоколовушка зафиксирована в нижнем положении, аппарат работает в двухтактном режиме, как аппарат АДУ-1. В том случае, когда положение молоколовушки не ограничено фиксатором, аппарат работает в режиме управляемой стимуляции [18, 21, 22, 79].

В.В. Кирсанов отмечает, что многофункциональность доильного оборудования, имеющего возможность функционирования на различных режимах доения или с совместным регулированием двух и более параметров на основе изменения частоты пульсаций, соотношения тактов или вакуумного режима, необходима для обеспечения эффективной модернизации технико-технологического сопровождения молочного скотоводства [56, 58].

Кроме того, Ю.А. Цой считает, что производство технологического доильного оборудования для последующей комплектации им существующих и новых молочно-товарных ферм должно быть ориентировано на отечественного производителя. Доильный аппарат «Нурлат» - один из аппаратов, который может входить в комплект поставки доильного оборудования [107, 108].

В.М. Ульянов, Ю.Н. Карпов предложили интересное конструктивное решение доильного аппарата с устройством защиты вымени при холостом доении, который после выдаивания коровы автоматически останавливает работу пульсатора с заданной задержкой на такте сжатия, тем самым препятствуя проникновению вакуума в полость молочных цистерн сосков вымени и защищая внутренние ткани от вредного воздействия вакуума при холостом доении. Применение доильного аппарата с защитой вымени позволяет повысить производительность оператора машинного доения на 15,5% и снизить затраты труда на 17,5% [77].

его свободный конец соединен с молокоприемной камерой четырехкамерного коллектора. Применение доильного аппарата с регуляторами вакуумметрического давления в подсосковых камерах позволяет снизить продолжительность подготовительного периода с 28-34 до 8-14 с и время латентного периода - с 45 до 34 с, повысить интенсивность доения на 11%, молочную продуктивность - на 8,5% [81, 99].

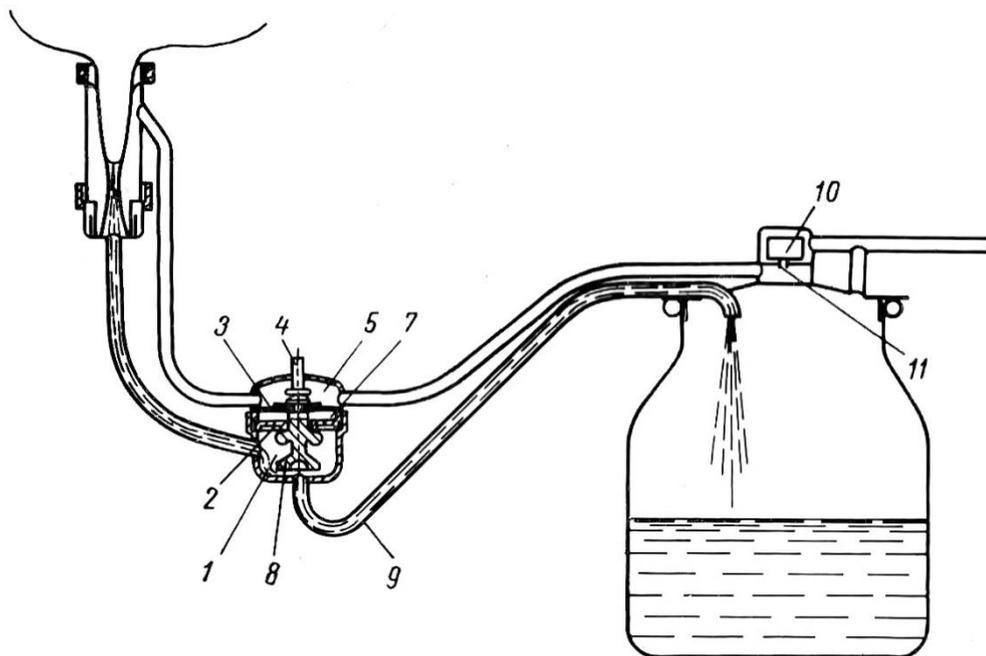
В выжимающе-отсасывающих доильных аппаратах "Шарплес" для извлечения молока используется избыточное давление воздуха, воздействующее на поверхность соска. Они способствуют восстановлению кровообращения в сосках в такте сжатия, нарушенного во время такта сосания, но имеют более сложную конструкцию с дополнительным трубопроводом избыточного давления и не получили широкого распространения [60].

Доильный аппарат "Доярка" выжимающего типа, имитирующий ручное доение, извлекает молоко из вымени за счет выжимания его из сосков. Основной принцип его работы заключается в том, что в межстенной камере доильного стакана высокое вакуумметрическое давление в такте отдыха меняется на избыточное давление в такте выжимания, а в подсосковой камере поддерживается низкий уровень вакуума. Эти аппараты также не нашли широкого распространения, так как снижают производительность доения.

А. Ганеев предложил новую конструкцию низковакуумного доильного аппарата ГТ-1 «Зорька» с облегченными доильными стаканами и двухкамерными присосками, оказывающими стимулирующее воздействие на соски вымени, коллектором с перепускным клапаном, работающим при низком вакуумметрическом давлении, не превышающем 35 кПа. Опыты показывают, что использование предложенной конструкции доильного аппарата обеспечивает увеличение в два и более раз скорости молокоотдачи коров в сравнении с классическими аппаратами [33, 34].

В течение процесса доения происходит непрерывное чередование тактов, сумма которых и представляет общее время доения коровы. Исходя из этого следует очень важный вывод - для увеличения скорости извлечения молока, а, следовательно, повышения эффективности машинного доения и стимуляции молокоотдачи желательно совместить во времени такты сосания и сжатия.

При совершенствовании доильных аппаратов с двухкамерными доильными стаканами необходимо вместо такта сжатия использовать переходные процессы от сосания к сжатию, что утверждает в своих трудах В.Ф. Королев. Достигается это либо увеличением числа пульсаций, либо превалированием давления в межстенной камере над давлением под соском, что позволяет сосковой трубке находиться в полужатом состоянии, при котором сосок сжимается не полностью, оставляя открытым сфинктер, не препятствуя непрерывному выведению молока. Этот принцип доения реализован как в доильных аппаратах с мембранным пульсатором с управлявшей рабочей камерой, так и в беспульсаторных доильных аппаратах (рис.1.10) [60].



1,5 и 7 - камеры коллектора; 2 - перегородка; 3 - мембрана; 4 - кнопка; 6 - кран; 8 - клапан; 9 - трубка; 10 - груз; 11 - отверстие

Рисунок 1.10 - Беспульсаторный доильный аппарат

Особенностью конструкции последних является устройство коллектора, который состоит из трех камер, одна из которых (камера 1) служит для сбора молока из всех четырех сосков, другая (камера 7) сообщается через отверстия с атмосферой, а третья (камера 5) соединена с межстенным пространством всех доильных стаканов и к ней же присоединена общая трубка от вакуум-насоса.

Для отключения доильных стаканов от вакуум-насоса используется двойной клапан 8, который, опускаясь, отключает трубку 9 от доильных стаканов и одновременно соединяет камеру 7 с камерой 1 через зазор между отверстием в перегородке 2 и стержнем клапана, благодаря чему под соски входит воздух и давление повышается до атмосферного, что прекращает доение. Во время доения клапан удерживается в верхнем положении мембраной 5, так как в камере 5 (над мембраной) действует вакуум, а в камере 7 (под мембраной) – атмосферное давление, при этом положении камеры 1 и 7 разобщаются, и вакуум в камере 1 обеспечивает доение.

Беспульсаторные доильные аппараты работают с полусжатой сосковой трубкой, что при такте сосания ограничивает наполнение доильных стаканов, а при такте сжатия не прерывает истечения молока.

Однако, недостатком работы этих аппаратов является недостаточная стимуляция молокоотдачи, так как при неполном сжатии сосковой трубки не обеспечивается качественный массаж сосков. Кроме того, работа аппаратов непрерывного отсоса вызывает значительное увеличение расхода воздуха на привод, так как рабочая частота пульсаций для них составляет 160-180 мин⁻¹ [60].

Следовательно, для повышения обеспечения эффективности доения и пропускной способности конструкция современного доильного аппарата должна обеспечивать [38, 50, 60]:

- для полного выведения молока из вымени возбуждение у коровы полноценного рефлекса молокоотдачи при минимальном латентном периоде и поддержание его во время доения;
- непрерывное выведение молока за счет совмещения тактов сосания и разгрузки;
- уменьшение вредного воздействия вакуума на молочную железу.

1.3 Анализ теоретических исследований влияния различных факторов на показатели работы доильных аппаратов

К одним из важнейших показателей доильного аппарата следует отнести его производительность и величину физиологического адекватного воздействия на соски вымени в процессе доения [52].

Л.П. Карташов предложил зависимость, пользуясь которой можно определять скорость массы потока через канал соска [52, 84]

$$Q = 745.04 * 10^3 [d^{19}(\Delta p)^4]^{1/7},$$

где Q - скорость массы потока, кг/с;

d - диаметр канала соска, м;

Δp - разница давления в канале соска, Па.

И.Н. Краснов, исследуя пропускную способность молокопроводных трубок доильного аппарата «Доярка», получил следующее выражение для пропускной способности шланга [62]:

$$Q = \frac{\pi \cdot r_0^2 \cdot \omega_{нач} \cdot t}{2} + 4\pi \left(\frac{\Phi}{\rho} - \frac{4\omega_{нач} \cdot v}{r_0^2} \right) \cdot \sum_{\kappa=1}^{\infty} \frac{r_0^4}{v \cdot a_{\kappa}^4} \left[\frac{t^2}{2} - \frac{r_0^2}{a_{\kappa}^2} \left(t - \frac{r_0^2}{a_{\kappa}^2} e^{-\frac{v \cdot a_{\kappa}^2 t}{r_0^2}} \right) \right],$$

где t - время такта сосания или выжимания в аппаратах, с;

$\omega_{нач}$ - начальная максимальная скорость молока у входа в сосковую трубку, м/с;

v - кинематический коэффициент вязкости молока, м²/с

a_{κ}^2 - корни функции Бесселя (при $\kappa=1,2,3..$);

ρ - плотность молока, кг/м³;

r_0 - радиус трубки, м;

Φ - гидравлический уклон, Па/м.

Многие исследователи изучали процесс воздействия сосковой резины на сосок в зависимости от перепада давлений в межстенном и подсосковом пространстве доильных стаканов, свойств сосковой резины, ее натяжения в гильзе и упругости соска.

Известно несколько методов расчета.

В основу первого метода положено допущение, что давление p_d , создаваемое сосковой трубкой, оказываемое сосковой резиной на сосок, пропорционально деформации соска Y_c , и получена следующая зависимость [51, 52]:

$$p_{\text{ср.д}} = 0.95c_c \left[\frac{r}{2L^2} (L - l)^2 + \frac{rl}{L} \left(\frac{2}{3} - \frac{l}{2L} \right) \right],$$

где c_c - коэффициент мягкости тканей соска вымени коровы, Н/м²;

r - внутренний радиус сосковой трубки, м;

L - длина соска в сосковой трубке, м;

l - длина закругленной части соска в сосковой трубке, м.

Недостатком этого метода является отсутствие учета физико-механических свойств резины и некоторых других показателей.

Второй метод более совершенен, в его основу положено допущение, что сосковая резина представлена как прямоугольная мембрана переменного сечения, опирающаяся на упругое основание [51, 52].

В результате ряда преобразований получена следующая зависимость:

$$p_d = \frac{16\delta E \tan^{-1} \frac{2Y}{a} \left(\sqrt{2 \left(\frac{Y}{a} \right)^2 + \frac{1}{2}} - 1 \right)}{a(1 - \mu)8 \left(\sqrt{2 \left(\frac{Y}{a} \right)^2 + \frac{1}{2}} - 1 \right)},$$

где δ - толщина сосковой резины, см;

E - модуль упругости резины, Н/см²;

Y - величина прогиба резины, см;

a - размер мембраны, см;

μ - коэффициент поперечной деформации.

Недостатком этого способа является то, что размер мембраны зависит от того, со скольких сторон будет происходить сжатие соска.

В основу следующего, наиболее универсального, метода расчета положено допущение, что относительная поперечная деформация ε' равна половине относительной продольной деформации ε .

Окончательное выражение для определения воздействия сосковой резины на сосок выглядит следующим образом [52, 84]:

$$p_d = \frac{P_{\text{нат}}}{EF} \frac{D}{4} (c_p + c_c) + \frac{p_{\text{вак}}}{2} \left(\sqrt{K_l^2 + 1} - 1 \right),$$

где c_p - коэффициент упругости сосковой резины, Н/м³;

c_c - коэффициент упругости соска, Н/м³;

K_l - линейный фактор сосковой резины $K_l = \frac{D}{l}$ (l - рабочая длина сосковой резины, м; D - диаметр сосковой резины, м);

$P_{\text{нат}}$ - силы натяжения сосковой резины в доильном стакане, Н;

E - модуль упругости сосковой резины, Н/м²;

$p_{\text{вак}}$ - величина вакуумметрического давления, Н/м²;

F - поперечное сечение сосковой резины, м².

В.П. Малкин, рассматривая сосковую резину как балку, лежащую на упругом основании, получил следующее выражение для определения давления сосковой резины на сосок [52]:

$$p_d = \frac{\sigma E}{R^2} \frac{c_p \cdot Y_p}{c_p + c_c},$$

где c_p - коэффициент упругости сосковой резины, Н/м³;

c_c - коэффициент упругости соска, Н/м³;

σ - толщина стенки сосковой резины, м;

E - модуль упругости сосковой резины, Н/м²;

R - радиус дуги окружности, по которому проходит деформация (прогиб) сосковой резины, м;

Y_p - деформация (прогиб) сосковой резины, м;

Более сложный метод предложен И.Н. Красновым, который использовал теорию оболочек, провел сложные расчеты и подробно рассмотрел действие сил на элементарную балочку сжатой сосковой резины [62].

Величина среднего давления на сосок при такте сосания

$$p_{\text{ср.с}} = \frac{1}{l_c} \int_L^{L-l_c} P_p dz,$$

где l_c - длина той части соска, которая испытывает давление резины, см; L - длина доильного стакана, см; P_p - сила давления сосковой резины на сосок, Н; dz - приращение длины образующей соска при сжатии его сосковой резиной.

Величина среднего давления на сосок при такте сжатия

$$p_{\text{ср}} = p_{\text{ср.с}} + \frac{CS_1}{l_c} + \frac{CS_2}{l_c},$$

где C - суммарный объемный коэффициент жесткости соска и сосковой резины, Н/см²; S_1+S_2 - суммарная площадь эпюры сосковой резины (без учета жесткости соска), см².

Сумма моментов сил, действующих на элементарную балочку сжатой резины

$$\left(\frac{P}{2} + Q\right)z - \frac{S_{P_2}K}{3R}z^2 - y\left(\frac{P}{2} + S_{P_1}\right) + (G_1 - G_2) = 0,$$

где z - длина образующей соска до сжатия его резиной, см; y - величина прогиба сосковой резины при такте сжатия, см; K - коэффициент, учитывающий форму эпюры распределения; S_{P1} - растягивающая сила, Н; R - радиус сосковой резины, см; Q - перерезывающая сила, Н; S_{P2} - растягивающая сила в заделанном крае, Н; G_1, G_2 - изгибающие моменты, Н·см.

Выводы

Неадекватность воздействий современных доильных аппаратов физиологии животного является причиной недостаточной эффективности машинного доения и заболеваемости коров маститом. Наиболее широкое применение нашли двухтактные доильные аппараты отечественного и импортного производства. Однако они имеют конструктивные и технологические недостатки.

Во-первых, они требуют проведения подготовительных и заключительных операций, выполняемых, как правило, вручную.

Во-вторых, используемые аппараты работают при высоком вакууме, что зачастую способствует возникновению мастита у коров и снижению их продуктивности.

В-третьих, используемые аппараты работают в несколько тактов (сосание и разгрузки), что снижает их пропускную способность.

Следовательно, требуется создание такого доильного аппарата, который бы обеспечивал высокую скорость и безопасность доения и соответствовал не только технико-технологическим требованиям, но и физиологическим особенностям животного. Кроме того, доильный аппарат должен вызывать у коровы во время доения возбуждение полноценного рефлекса молокоотдачи воздействиями, имитирующими физиологические параметры лактирующего животного, что обеспечивает полное выведение молока из вымени, а также исключает патологическое (вредное) воздействие вакуума на молочную железу коровы во время доения.

Полученные выводы по разделу 1 позволили сформулировать цель и задачи исследований.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА НЕПРЕРЫВНОГО ДОЕНИЯ

2.1 Теоретические предпосылки создания доильного аппарата непрерывного доения

Наиболее широкое распространение для доения коров получили двухтактные доильные аппараты. В этих аппаратах рабочий такт сосания чередуется с тактом сжатия, в котором, как правило, и проявляются стимулирующие молокоотдачу факторы.

В то же время при естественном извлечении молока теленком стимуляция молокоотдачи осуществляется в рабочем такте.

Как при машинном доении, так и при естественном извлечении молока молоковыведение осуществляется циклически, причем только в течение рабочего такта.

Такты непрерывно чередуются, а общее время на доение коровы складывается из них. Следовательно, наличие тактов, в течение которых истечение молока прекращается, снижает интенсивность извлечения молока, что приводит к увеличению времени доения.

С этих позиций производительность доильного аппарата можно определить по формуле [20, 117]

$$Q = \kappa_m \cdot v \cdot \omega , \quad (2.1)$$

где κ_m - коэффициент тактности, учитывающий снижение производительности аппарата в такте разгрузки ($\kappa_m = 0,5-0,7$ для доильного аппарата АДУ -1, так как длительность такта сосания составляет 50-70% от цикла);

v - средняя скорость истечения молока, м/с;

ω - площадь живого сечения выводного канала соска, м².

Используемые в настоящее время доильные аппараты, как правило, отсасывающего типа с двухкамерными доильными стаканами, сосковая резина которых осуществляет воздействие на соски вымени животного. Однако эффективность до-

ения может быть достигнута только в том случае, если все элементы системы (аппарат, оператор, корова) будут работать в полном взаимодействии друг с другом. Нарушения в работе одного из элементов приводят к снижению эффективности всей системы.

Качество работы любого доильного аппарата определяется интенсивностью стимулирующих молокоотдачу факторов и безопасностью доения. Недостатком всех доильных аппаратов является неадекватность воздействий на молочную железу по сравнению с естественными способами извлечения молока [52].

Большинство доильных аппаратов работают при гораздо большем вакууме, чем создаваемом теленком в естественных условиях при сосании молока. Это обусловлено тем, что снижение вакуума до величины, создаваемой при кормлении теленка, не обеспечивает достаточной производительности аппарата. Известны аппараты непрерывного отсоса, в которых сосковая резина во время выполнения рабочего процесса находится в полусжатом состоянии (в положении, которое она занимает между тактами сосания и сжатия). Сосок при этом частично сжимается, что не препятствует открытию его сфинктера и поэтому истечение молока из соска происходит непрерывно [60].

Следовательно, для обеспечения повышения производительности и эффективности доения коров процесс непрерывного отсасывания молока желательно оставить и, в то же время, обеспечить необходимую стимуляцию молокоотдачи и скорость доения.

2.2 Конструктивно-технологическая схема доильного аппарата непрерывного доения

Перспективна конструкция доильного аппарата непрерывного доения, при работе которого молоко непрерывно отсасывается, причем при одностороннем сжатии сосковой трубки.

Схема доильного аппарата представлена на рисунке 2.1.

Доильный аппарат включает доильные стаканы 1, коллектор 2 с молочной камерой 3 и основной 4 и дополнительной 5 распределительными камерами, а также пульсатор попарного доения.

Доильный стакан аппарата содержит гильзу 8 с продольными выступами 12, в которых выполнены пазы 13, сосковую трубку 9 с ребрами 16 и имеет подсосковую 19 и межстенную камеры, последняя из которых ребрами 16 разделена на две равные части 6 и 7, а гильза имеет два воздушных патрубка 10 и 11.

Сосковая трубка 9 установлена в пазах 13 гильзы стакана ребрами 16.

Молочные камеры пульсатора попарного доения шлангами 17 сообщаются с основной 4 и дополнительной 5 распределительными камерами коллектора, которые, в свою очередь, сообщены с межстенными камерами 6 и 7 доильного стакана 1.

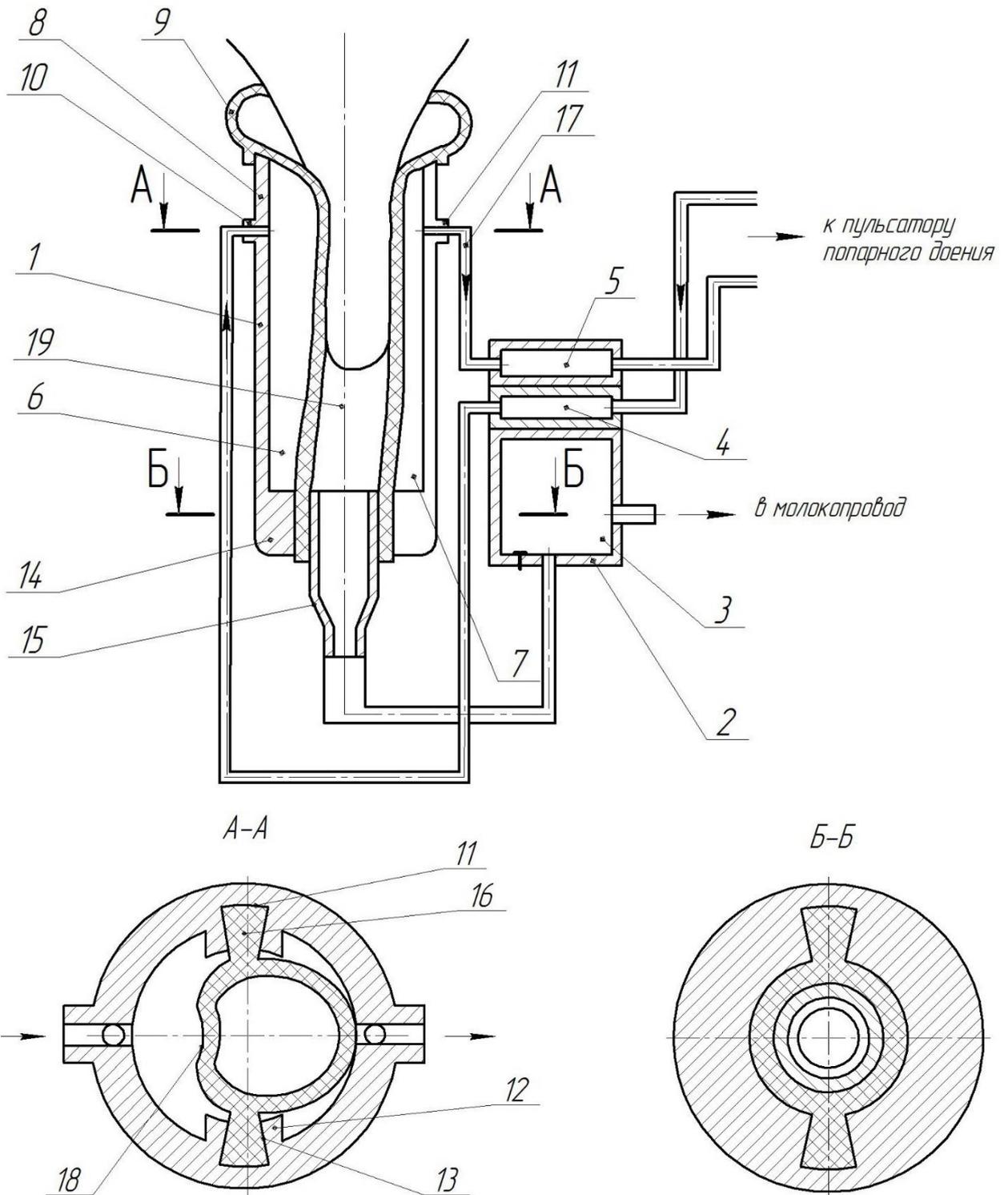
Подсосковые камеры 19 доильных стаканов 1, молочная камера 3 коллектора 2 и соответственно молокопровод или доильное ведро сообщены между собой.

Доильный аппарат работает следующим образом.

Вакуумметрическое давление постоянно действует в подсосковой камере 19, а при открытой камере пульсатора по шлангу 17 оно также распространяется в межстенную камеру 7 доильного стакана 1 через распределительную камеру 5 коллектора 2, за счет чего сосковая трубка будет находиться в выпрямленном состоянии со стороны межстенной камеры 7.

Одновременно атмосферное давление по шлангу поступает в межстенную камеру 6 доильного стакана 1 из рабочей камеры пульсатора через распределительную камеру 4 коллектора 2.

Левая часть сосковой трубки 19 под действием вакуумметрического давления в подсосковой камере постепенно сжимается.



1 - доильные стаканы; 2 - коллектор; 3 - молочная камера; 4,5- распределительные камеры; 6,7 - межстенные камеры; 8 – гильза; 9 - сосковая трубка; 10, 11 - воздушные патрубки; 12 - продольные выступы; 13 - трапецидальные проточки; 14 - утолщённый бурт; 15 - смотровой конус; 16 - трапецидальные рёбра; 17 – шланги; 18 - вогнутые участки, копирующие положение языка телёнка в момент отсасывания молока; 19 - подсосковая камера.

Рисунок 2.1 - Схема доильного аппарата

При этом одностороннее сжатие соска обеспечивает положительное давление, а отсос - отрицательное давление, обусловленное вакуумом под соском, что способствует одновременному выжиманию молока с одной стороны сосковой трубки и его отсасыванию, т.е. в какой-то степени копируется акт сосания теленком.

Следовательно, одностороннее сжатие соска с одновременным отсасыванием молока является дополнительным стимулирующим молокоотдачу фактором, так как имитирует положение языка теленка в такте сосания.

После переключения клапанов пульсатора процесс извлечения молока повторяется за счет отсоса и одностороннего сжатия соска сосковой трубкой со стороны межстенной камеры 7 доильного стакана 1.

Сжатие одной стенки сосковой трубки приводит к некоторому прогибу противоположной стенки. При этом сфинктер соска остается открытым, так как левая и правая части сосковой трубки при изменении давления в межстенных камерах не являются жесткими стенками. В результате непрерывного отсоса с одновременным выжиманием молока за счет одностороннего сжатия сосков увеличивается пропускная способность аппарата при одновременном стимулировании молокоотдачи [12].

Кроме того, дополнительным стимулирующим фактором является некоторое раскачивание доильных стаканов в процессе доения за счет попеременного сжатия соска то с одной, то с другой стороны стенки стакана.

Разработана усовершенствованная схема доильного аппарата непрерывного доения, обеспечивающая стимуляцию молокоотдачи. Основной отличительной особенностью этого доильного аппарата является новое конструктивное исполнение доильного стакана, в гильзе которого выполнены продольные диаметрально отливы, расположенные в плоскости, перпендикулярной плоскости расположения выступов. Выполнение в гильзе доильного стакана продольных диаметрально расположенных отливов позволяет повысить эффективность доения за счет исключе-

ния прогиба сосковой трубки в направлении к стенкам гильзы стакана, что обеспечивает повышение стимулирующего воздействия на сосок и исключает знакопеременную нагрузку на сосковую трубку [80, 117].

Использование в данной конструктивно-технологической схеме доильного аппарата пульсатора попарного доения (рис. 2.2) позволяет предлагаемому аппарату вместо такта сжатия использовать переходные процессы от одностороннего сжатия в одну сторону стакана с непрерывным отсосом к сосанию и наоборот.

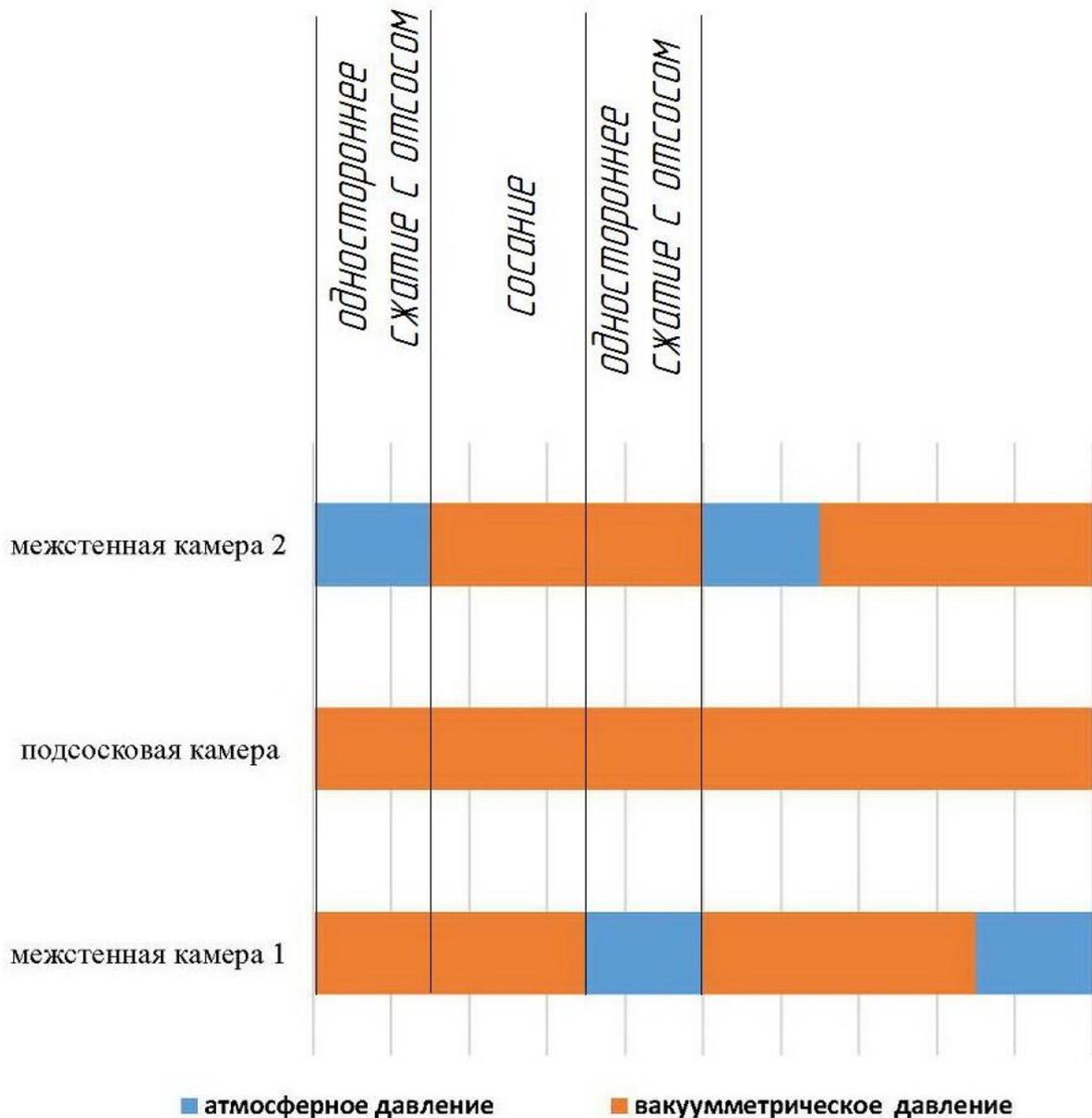
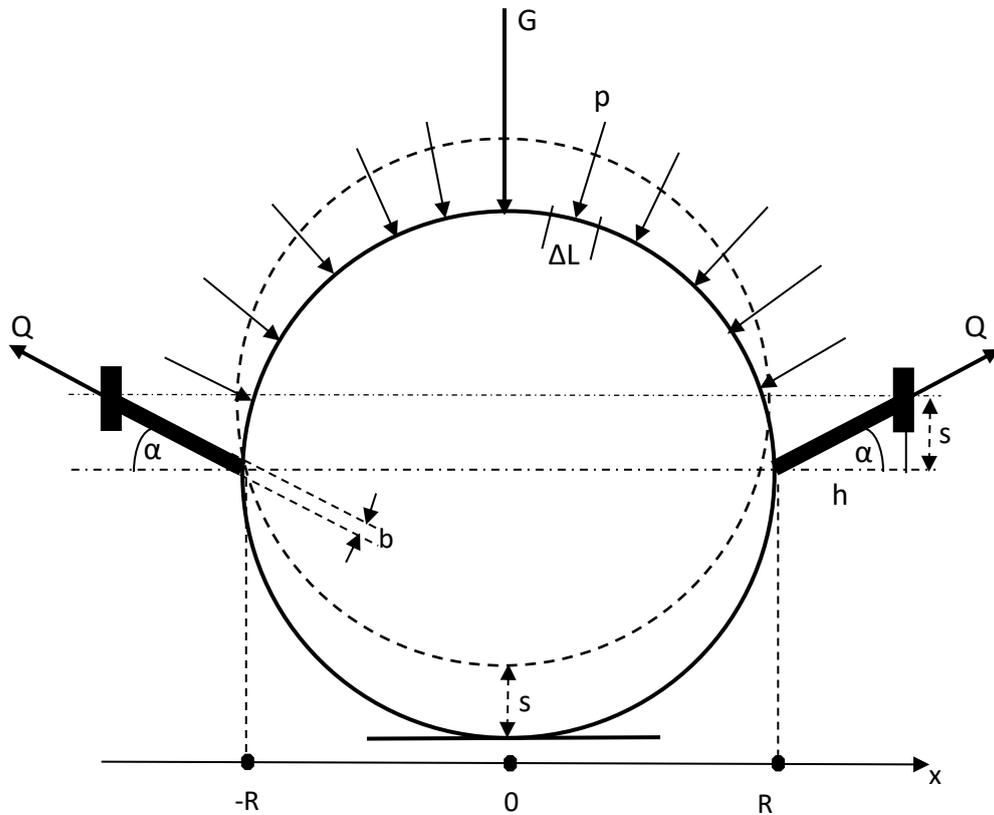


Рис. 2.2 Схема работы доильного аппарата

2.3 Обоснование основных параметров доильного аппарата непрерывного доения

2.3.1 Определение вакуумметрического давления, необходимого для прижатия сосковой трубки к стенке доильного стакана

Для определения давления сосковой трубки разработанного аппарата на сосок была составлена расчётная схема взаимодействия соска с сосковой трубкой доильного стакана (рис. 2.3) [113, 118].



b - ширина резинового крепления сосковой трубки, м; h - глубина резинового крепления сосковой трубки, м; s - расстояние между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана, м; R - внешний радиус сосковой трубки, м; p - равномерно распределенная по полуокружности нагрузка, $\text{H}/\text{м}^2$; ΔL - единица длины сосковой резины, м; G - эквивалентная сила распределенной нагрузки, Н; Q - сила упругости, Н; α - угол наклона ребра крепления при смещении сосковой трубки, град.

Рисунок 2.3 Расчётная схема взаимодействия соска с сосковой трубкой доильного стакана

В подсосковой камере постоянно действует разрежение. В это же время в левой межстенной камере действует атмосферное давление. В результате воздействия разницы давлений возникает избыточное давление P_n (н/м²), которое сжимает сосок вымени, перемещая сосковую резину к стенке доильного стакана на расстояние s (м).

Это давление можно представить в виде равномерно распределенной по полуокружности нагрузки интенсивности p . Суммарная горизонтальная сил, действующая на сосок, равна нулю в силу симметрии, а суммарную вертикальную силу на единицу длины сосковой резины (ΔL) можно представить в виде суммы произведений

$$G = \sum_{i=1}^n p \Delta L \cos \varphi_i, \quad (2.2)$$

где n - число отрезков разбиения полуокружности; φ_i - угол между вектором нагрузки p и положительным направлением горизонтальной оси, град. (рис. 2.4)

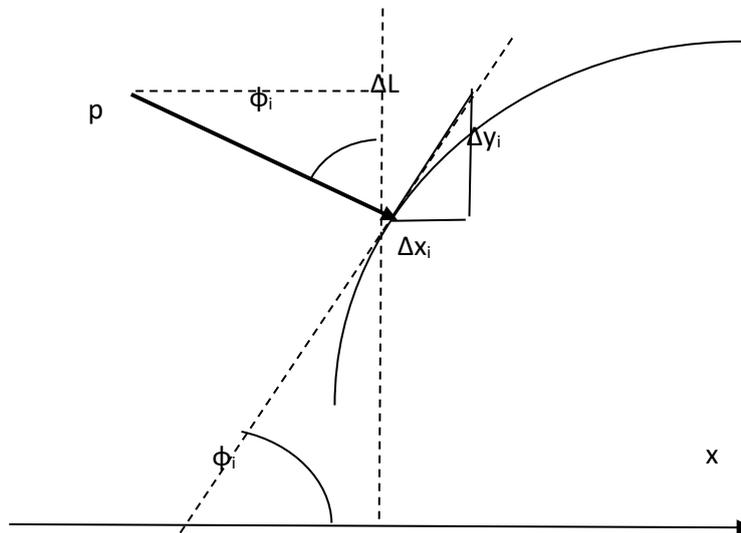


Рисунок 2.4 - Схема к определению суммарной вертикальной силы

Учитывая, что $\Delta L = \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2}$, выражение для определения силы G можно преобразовать следующим образом:

$$G = \sum_{i=1}^n p \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2} \cos \varphi_i = p \sum_{i=1}^n \sqrt{1 + \frac{\Delta y_i^2}{\Delta x_i^2}} \Delta x_i \cos \varphi_i. \quad (2.3)$$

где $\cos \varphi_i = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_i}} = \frac{1}{\sqrt{1 + y'^2(x_i)}}$; y' – производная функции $y(x)$.

При стремлении Δx_i к нулю получим

$$G = p \int_{-R}^R \sqrt{1 + y'^2(x_i)} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + y'^2(x_i)}} dx = p \int_{-R}^R dx = 2pR. \quad (2.4)$$

Полученная вертикальная сила G перемещает сосок на расстояние s , вызывая растяжение резиновых креплений, которое, в свою очередь, вызывает возникновение сил упругости Q , связанных с силой G соотношением - $G = 2Q \sin \alpha$ (рис. 2.3).

Величину $\sin \alpha$ возможно определить следующим образом:

$$\sin \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}.$$

Учитывая, что $\operatorname{tg} \alpha = \frac{s}{h}$ получим, что $\sin \alpha = \frac{s}{\sqrt{s^2 + h^2}}$, а G составит

$$G = 2Q \frac{s}{\sqrt{s^2 + h^2}}. \quad (2.5)$$

При небольших деформациях силу упругости Q на единицу длины сосковой резины можно определить из соотношения

$$Q = E \Delta h \cdot b, \quad (2.6)$$

где E – модуль упругости резинового крепления, Па;

Δh – относительное удлинение крепления (м), которое определим по формуле

$$\Delta h = \frac{\sqrt{s^2 + h^2} - h}{h}. \quad (2.7)$$

Таким образом, подставляя выражения (2.5), (2.6) и (2.7) в формулу (2.4), получаем

$$G = 2pR = 2Eb \frac{\sqrt{s^2 + h^2} - h}{h} \frac{s}{\sqrt{s^2 + h^2}} = \frac{2Esb}{h} \left(1 - \frac{h}{\sqrt{s^2 + h^2}} \right). \quad (2.8)$$

Из этого уравнения можно определить разрежение, необходимое для прижатия соска к стенке стакана

$$P_n = \frac{Esb}{hR} \left(1 - \frac{h}{\sqrt{s^2 + h^2}} \right). \quad (2.9)$$

Из формулы видно, что необходимое вакуумметрическое давление, требуемое для прижатия сосковой трубки к стенке доильного стакана, зависит от его конструктивных параметров: ширины, глубины ребра и внешнего радиуса сосковой трубки, расстояния между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана, а также от модуля упругости резинового крепления.

Рассмотрим численную реализацию представленного выше выражения с помощью встроенных процедур математического пакета Maple.

При следующих конструктивных параметрах доильного стакана: $b=0,0028$ м; $h = 0,004$ м; $s = 0,0025$ м; $R = 0,028$ м; $E = 2,15 \cdot 10^6$ Па - разрежение, необходимое для прижатия соска к стенке стакана P_n составит 20,43 кПа [Приложение. С].

2.3.2 Определение давления сосковой резины на сосок и вакуумметрического давления, необходимого для одностороннего сжатия соска

Разрежение, необходимое для одностороннего сжатия соска $P_{\text{вак}}$, можно определить по формуле [114, 118]

$$P_{\text{вак}} = P_n + P_o, \quad (2.10)$$

где P_n - разрежение, необходимое для прижатия соска к стенке стакана, Па;

P_o - разрежение, необходимое для дальнейшего одностороннего сжатия соска, Па.

Рассмотрим деформацию соска и сосковой резины под действием давления P_o (рис. 2.5).

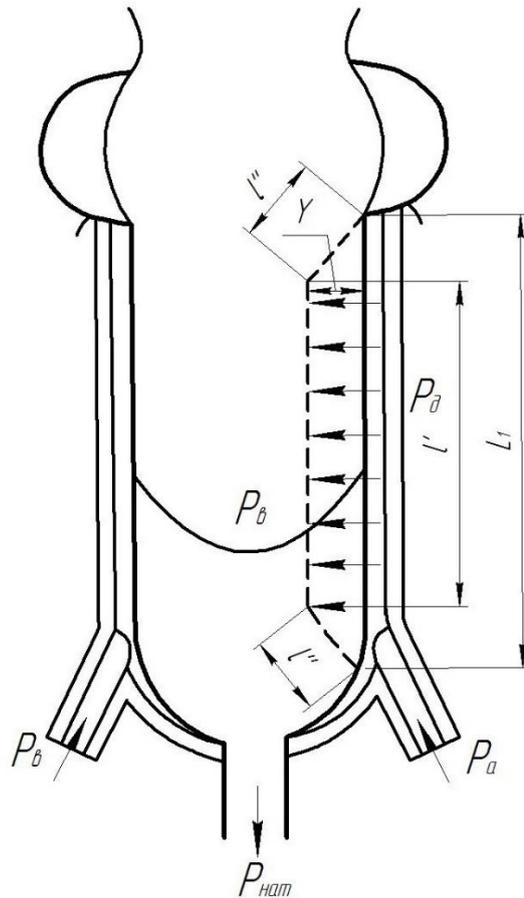


Рисунок 2.5 - Схема к определению давления сосковой резины на сосок

Следуя [52], будем считать прогиб резины прогибом балки на упругом основании. Согласно гипотезе Фусса – Винклера, реакция упругого основания в каждой точке пропорциональна прогибу балки

$$p_1 = -k_0 y L_1 = -k y, \quad (2.11)$$

где L_1 - длина балки (длина сосковой резины в рабочем положении, т.е. под действием натяжения в доильном стакане), м;

y - просадка основания (прогиб резины), м;

k_0 - постоянный для данного основания коэффициент (коэффициент постели), Н/м³.

Величина $k = k_0 L_1$ называется погонным коэффициентом постели.

Дифференциальное уравнение упругой линии балки имеет вид

$$d^2 y / dx^2 = M / (EI), \quad (2.12)$$

где EI - произведение модуля упругости на момент инерции балки, Н·м².

Продифференцировав последнее уравнение два раза, получаем

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} = \frac{d^2 M}{dx^2}. \quad (2.13)$$

Обозначим через q выражение $\frac{d^2 M}{dx^2}$.

Для балки распределенными нагрузками будут приложенное давление и реакция упругого основания, то есть

$$q = p + P_0 L_1 = -ky + P_0 L_1. \quad (2.14)$$

Подставляя значение (2.14) в формулу (2.13), получим

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} + ky = P_0 L_1. \quad (2.15)$$

Через β обозначим выражение $\sqrt[4]{\frac{k}{4EI}} \left[\frac{1}{m} \right]$ и приведем уравнение (2.15) к виду

$$\frac{d^4 y}{dx^4} + 4\beta^4 y = 0. \quad (2.16)$$

Общее решение уравнения (2.15) имеет вид

$$y(x) = e^{\beta x} (A \cos \beta x + B \sin \beta x) + e^{-\beta x} (C \cos \beta x + D \sin \beta x) + \frac{P_0 L_1}{k}. \quad (2.17)$$

Подставив граничные условия: $y(0) = y'(0) = y(L_1) = y'(L_1) = 0$ в уравнение (2.17), определим произвольные постоянные A, B, C, D .

Формула (2.17) дает уравнение формы сосковой резины по ее длине. Максимальный прогиб резины, равный максимальной поперечной деформации соска, может быть определен из выражения

$$\omega_c = y(L_1/2). \quad (2.18)$$

Суммарная поперечная деформация Y складывается из максимальной поперечной деформации соска ω_c и деформации сосковой резины ω_p

$$Y = \omega_c + \omega_p, \quad (2.19)$$

или $\frac{P_\sigma}{k} = \frac{P_\sigma}{k_c} + \frac{P_\sigma}{k_p}$, откуда $k = \frac{k_c k_p}{k_c + k_p}$, где k_c и k_p – соответственно коэффициенты объемной упругости соска вымени коровы и сосковой резины, н/м³.

Согласно [62], давление на сосок определяется по формуле

$$P_c = kY. \quad (2.20)$$

Момент инерции I определяется по формуле

$$I = \frac{L_1 b_1^3}{24}, \quad (2.21)$$

где b_1 – толщина сосковой резины.

Для определения поперечной деформации сосковой резины ω_p воспользуемся методикой [52], заключающейся в том, что относительная поперечная деформация резины равна половине относительной продольной деформации. Относительная

продольная деформация сосковой резины ε складывается из относительной продольной деформации ε_1 за счет силы натяжения P_H и относительной продольной деформации ε_2 за счет приложенного давления P_o

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2. \quad (2.22)$$

Относительная продольная деформация сосковой резины ε_1 за счет силы натяжения P_H определяется по формуле

$$\varepsilon_1 = \frac{L_1 - L}{L} = \frac{\sigma}{E} = \frac{P_H}{ES}, \quad (2.23)$$

где L - длина нерастянутой сосковой резины, м;

σ - напряжение, Па;

S - площадь кольца сосковой резины, м².

Учитывая, что $S = \pi(R_2^2 - R_1^2)$, получаем

$$\varepsilon_1 = \frac{P_H}{E\pi(R_2^2 - R_1^2)}, \quad (2.24)$$

где R_1 и R_2 - соответственно внутренний и внешний радиусы сосковой резины, (м), а L_1 определяется по формуле

$$L_1 = L + \frac{LP_H}{E\pi(R_2^2 - R_1^2)}. \quad (2.25)$$

Относительная продольная деформация сосковой резины ε_2 за счет приложенного давления P_o определяется по формуле

$$\varepsilon_2 = \frac{L_2 - L_1}{L_1}, \quad (2.26)$$

где $L_2 = l' + 2l''$ – длина сосковой резины в рабочем положении под действием разрезания, которая может быть определена по формуле

$$L_2 = \int_0^{L_1} \sqrt{1 + y'(x)^2} dx. \quad (2.27)$$

Подставляя выражение (2.27) в формулу (2.26), получаем

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{L_1} \int_0^{L_1} \sqrt{1 + y'(x)^2} dx - 1$$

и

$$\varepsilon = \frac{P_H}{E\pi(R_2^2 - R_1^2)} + \frac{1}{L_1} \int_0^{L_1} \sqrt{1 + y'(x)^2} dx - 1 \quad (2.28)$$

Так как относительная поперечная деформация резины ε' равна половине относительной продольной деформации, то

$$\varepsilon' = \frac{\omega_p}{b_1} = \frac{P_H}{2E\pi(R_2^2 - R_1^2)} + \frac{1}{2L_1} \int_0^{L_1} \sqrt{1 + y'(x)^2} dx - 0,5, \quad (2.29)$$

откуда выражаем ω_p

$$\omega_p = b_1 \left(\frac{P_H}{2E\pi(R_2^2 - R_1^2)} + \frac{1}{2L_1} \int_0^{L_1} \sqrt{1 + y'(x)^2} dx - 0,5 \right). \quad (2.30)$$

Тогда давление на сосок определяется по формуле

$$P_c = k \left[y(L_1 / 2) + b_1 \left(\frac{P_n}{2E\pi(R_2^2 - R_1^2)} + \frac{1}{2L_1} \int_0^{L_1} \sqrt{1 + y'(x)^2} dx - 0,5 \right) \right] \quad (2.31)$$

Рассмотрим численную реализацию представленного выше алгоритма с помощью встроенных процедур математического пакета Maple.

Коэффициент объемной упругости соска вымени коровы и сосковой резины колеблется [62] соответственно в промежутках $2 \cdot 10^6 - 5 \cdot 10^6$ Н/м³ и $6 \cdot 10^6 - 12 \cdot 10^6$ Н/м³. Длина и толщина нерастянутой сосковой резины соответственно $L = 0,13$ м и $b_1 = 0,0025$ м, сила натяжения - $P_n = 60$ Н, $E = 2,15 \cdot 10^6$ Па, $R_1 = 0,028$ м, $R_2 = 0,023$ м.

В результате расчета новая длина растянутой сосковой резины под действием натяжения в доильном стакане равна $L_1 = 0,1474$ м.

$$\text{Так как } \frac{b_1 - b_2}{b_1} = 0,5 \frac{L_1 - L}{L}, \text{ то } b_2 = b_1(1,5 - 0,5L_1/L).$$

Следовательно, толщина сосковой резины в рабочем положении, т.е. под действием натяжения в доильном стакане, равна $b_2 = 0,002332$ м.

Дифференциальное уравнение прогиба сосковой резины при этих данных примет вид

$$ur = 0.0001653 \left[\frac{d^4}{dx^4} f(x) \right] + 442200 f(x) = 0.1474 P_\partial,$$

а его решение при нулевых граничных условиях

$$\begin{aligned} y(x) = & 0.3333 \cdot 10^{-6} P_\partial - 0.3333 \cdot 10^{-6} P_\partial \cdot e^{-160,8x} \cos(160.8x) \\ & - 0.3333 \cdot 10^{-6} P_\partial \cdot e^{-160,8x} \sin(160.8x) + 0.1449 \cdot 10^{-16} P_\partial e^{-160,8x} \cos(160.8x) \\ & - 0.1916 \cdot 10^{-16} P_\partial e^{-160,8x} \sin(160.8x) \end{aligned}$$

Значение максимального прогиба соска $y(L_1 / 2)$ равна $0.3333 \cdot 10^{-6} P_\partial$. При $P_\partial = 20$ кПа максимальный прогиб соска составит $0,00666$ м (рис. 2.6).

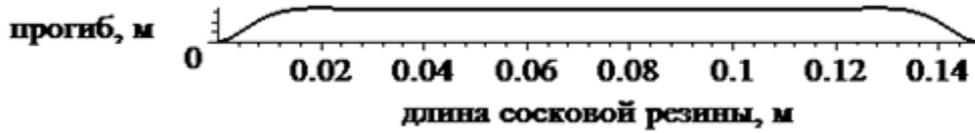


Рисунок 2.6 - Максимальный прогиб сосковой резины и соска под действием давления P_{δ}

Давление на сосок P_c при $k_c = 3 \cdot 10^6 \text{ н/м}^3$ и $k_p = 10 \cdot 10^6 \text{ н/м}^3$ составит 15 кПа [Приложение С].

В результате численной реализации представленных выше выражений 2.9, 2.10 и 2.31 с помощью встроенных процедур математического пакета Maple получены аналитические зависимости давления сосковой резины на сосок и вакуумметрического давления, необходимого для одностороннего сжатия соска от геометрических параметров доильного стакана аппарата непрерывного доения.

В результате установлено, что к уменьшению величины давления сосковой резины на сосок приводит увеличение расстояния между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана и ширины резинового крепления, а к увеличению - повышение величины рабочего вакуумметрического давления (рис. 2.7-2.9).

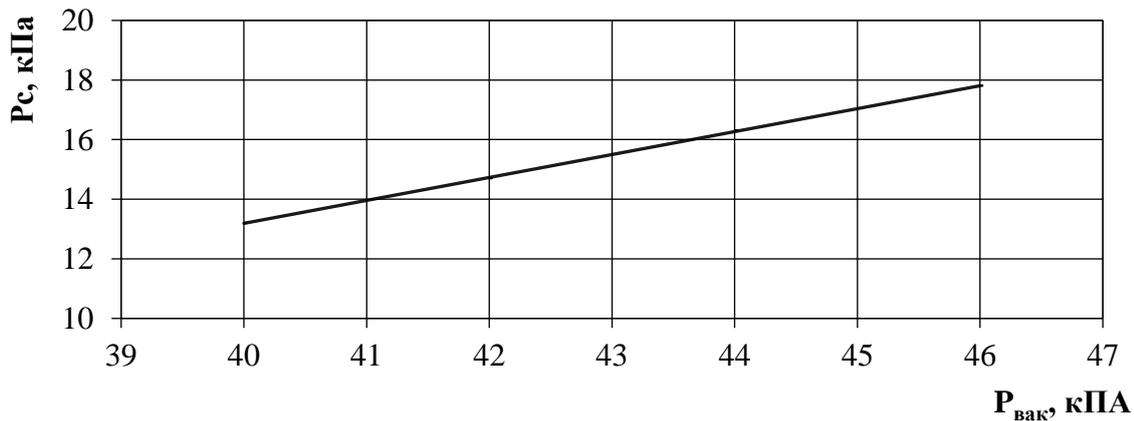


Рисунок 2.7 - Зависимость величины давления сосковой резины на сосок от вакуумметрического давления

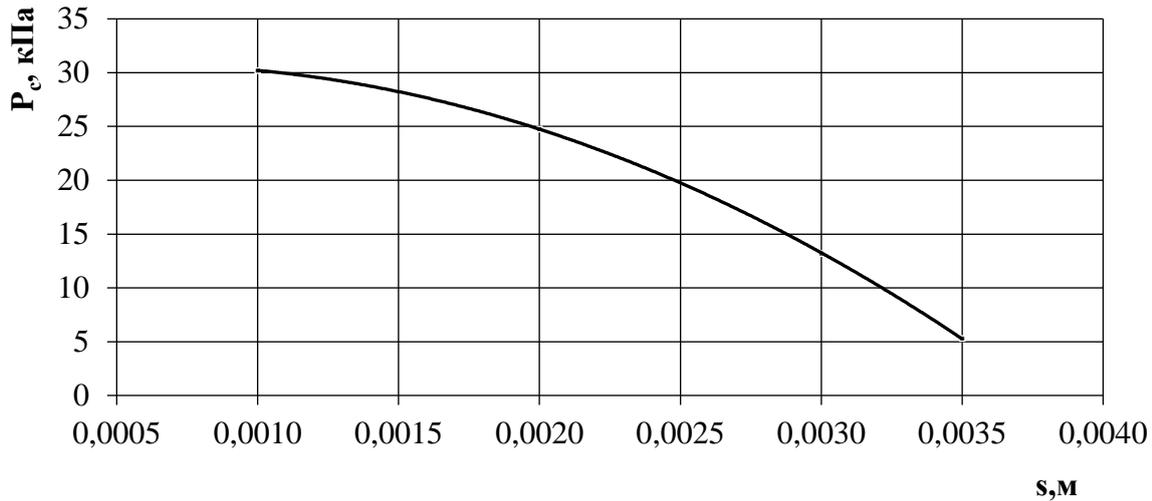


Рисунок 2.8 - Зависимость величины давления сосковой резины на сосок от расстояния между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана

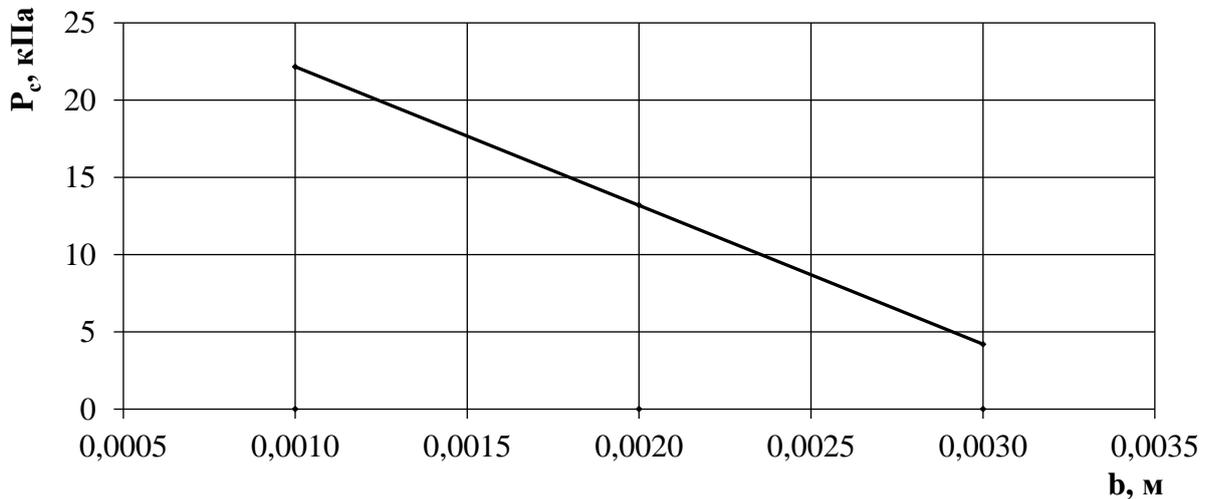


Рисунок 2.9 - Зависимость величины давления сосковой резины на сосок от ширины резинового крепления сосковой трубки

2.3.3 Обоснование процесса выведения молока из вымени коровы стимулирующим аппаратом непрерывного доения

Процесс молоковыведения из вымени коровы доильным аппаратом можно представить физическими величинами, такими как давление молока в цистерне железы, вакуумметрическое давление в подсосковой камере, давление выводного канала соска. В разработанном доильном аппарате непрерывного доения при пооче-

редном сжатии соска то с одной, то с другой стороны доильного стакана и непрерывном действии разрежения осуществляется выжимание молока с одной стороны сосковой трубки и одновременное его отсасывание [80].

Сжатие одной стенки сосковой трубки приводит к некоторому прогибу противоположной стенки, оставляя открытым сфинктер соска, так как левая и правая части сосковой трубки при изменении давления в межстенных камерах не являются жесткими стенками. [117].

Считаем, что выведение молока из соска вымени происходит по аналогии с истечением жидкости через насадок. Применим уравнение Бернулли для установившегося движения молока. Схема к расчету представлена на рисунке 2.10.

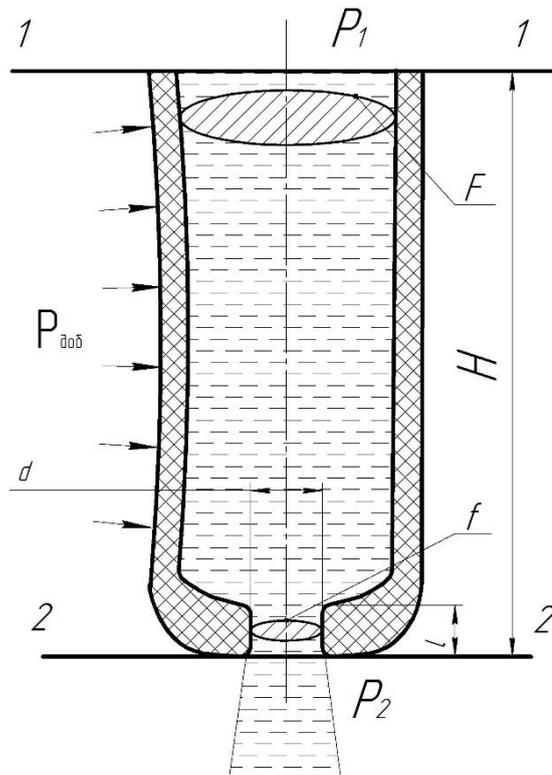


Рисунок 2.10 - Схема к определению скорости выведения молока на выходе из соска при его одностороннем сжатии

Допустим, что сосок вымени имеет цилиндрическую форму с постоянным внутренним сечением f , а заканчивается сосок молоковыводящим каналом с сечением f [115, 116].

Средняя скорость выведения молока по длине соска будет V_1 , а на выходе из молоковыводящего канала - V .

Сечение 1-1 выбираем по началу полости соска, а сечение 2-2 по обрезу конца соска. Для выбранных сечений имеем

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + H = \frac{V^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + \xi \frac{V^2}{2g}, \quad (2.32)$$

где V_1, V - средние скорости выведения молока соответственно в сечениях 1-1 и 2-2, м/с;

P_1, P_2 - давление молока в сечениях 1-1 и 2-2, Н/м²;

H - высота молочного столба между сечениями, м;

ρ - плотность молока, кг/м³;

$\xi \frac{V^2}{2g}$ - потери напора при движении молока по соску, м;

ξ - коэффициент сопротивления.

Этот коэффициент можно определить по формуле

$$\xi = \xi_c + \xi_{тр}, \quad (2.33)$$

где ξ_c - коэффициент сопротивления при внезапном сужении, который определяется по формуле

$$\xi_c = \frac{1 - f/F}{2}, \quad (2.34)$$

где f - сечение молоковыводящего канала соска, м²;

F - постоянное внутреннее сечение соска вымени цилиндрической формы, м²;

$\xi_{тр}$ - коэффициент транспортного сопротивления, который можно определить по формуле

$$\xi_{мп} = \lambda \cdot l/d, \quad (2.35)$$

где l - длина канала соска, м;

d - диаметр канала соска, м;

λ - коэффициент гидравлического трения, который для турбулентного потока определяется по формуле Альтшуля

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{\Delta}{d} \right)^{0,25}, \quad (2.36)$$

где Δ - эквивалентная абсолютная шероховатость, мм.

Последняя формула выбрана из условия того, что при скоростях истечения молока выше 6 м/с значение числа Рейнольдса $Re = \frac{Vd}{\nu} > 17000$.

Таким образом, подставляя выражения (2.34), (2.35) и (2.36) в уравнение (2.33), получим формулу для определения коэффициента сопротивления ξ

$$\xi = \frac{1 - f/F}{2} + 0,11 \cdot \left(\frac{\Delta}{d} \right)^{0,25} \cdot l/d. \quad (2.37)$$

Так как движение молока в соске одномерное, пользуясь неразрывностью потока для объемной пропускной способности Q , запишем

$$Q = V_1 F = Vf, \quad (2.38)$$

откуда

$$V_1 = Vf / F. \quad (2.39)$$

Подставляя формулы (2.37) и (2.39) в уравнение (2.32), получаем

$$V = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2 + \rho gH)/\rho}{1,5 + 0,11 \cdot \left(\frac{\Delta}{d} \right)^{0,25} \cdot l/d - f/2F - f^2/F^2}}. \quad (2.40)$$

Так как $P_1 = P_u + P_{\bar{o}} + P_{\text{дооб}}$, а $P_2 = P_{\bar{o}} - P_v$,

где P_u - цистернальное давление молока, Н/м²;

P_{δ} - барометрическое атмосферное давление, Н/м²;

P_{ϵ} - вакуумметрическое давление, Н/м²;

$P_{\delta\delta\delta}$ - давление, возникающее в результате одностороннего сжатия соска, Н/м²,

$$V = \sqrt{\frac{2(P_{\delta} + P_{\epsilon} + P_{\delta\delta\delta} + \rho g H) / \rho}{1,5 + 0,11 \cdot \left(\frac{\Delta}{d}\right)^{0,25} \cdot l / d - f / 2F - f^2 / F^2}} \quad (2.41)$$

Как следует из формулы (2.41), скорость выведения молока на выходе из соска зависит от давления молока в цистерне железы, вакуумметрического давления в подсосковой камере и давления, возникающего в результате одностороннего сжатия соска, а также от геометрических размеров соска вымени коровы.

Объем молока, выводимого из молочной цистерны в единицу времени, находим из выражения

$$Q = f \sqrt{\frac{2(P_{\delta} + P_{\epsilon} + P_{\delta\delta\delta} + \rho g H) / \rho}{1,5 + 0,11 \cdot \left(\frac{\Delta}{d}\right)^{0,25} \cdot l / d - f / 2F - f^2 / F^2}} \quad (2.42)$$

В результате численной реализации представленных выше выражений 2.41, 2.42 с помощью встроенных процедур математического пакета Maple, принимая значения величин: $P_{\delta}=7$ кПа, $P_{\epsilon}=101$ кПа, $P_{\epsilon}=30,40,50,60$ кПа, $P_{\delta\delta\delta}=15$ кПа, $\rho=1026$ кг/м³, $g=9/8$ м/с², $H=70 \cdot 10^{-3}$ м, $\Delta=0,1$ мм, $F=1,7 \cdot 10^{-4}$ м, $f=7,1 \cdot 10^{-6}$ м², $l=0,005$ м, $d=0,003$ м, получим соответственно $V=7,38; 8,05; 8,67; 9,24$ м/с, $Q=3,14; 3,43; 3,69; 3,94$ л/мин (Приложение Т).

Для наглядности представленного материала на рисунках 2.11 и 2.12 представлены зависимости изменения скорости выведения молока на выходе из соска и объема молока, выводимого из молочной цистерны вымени, от величины вакуума.

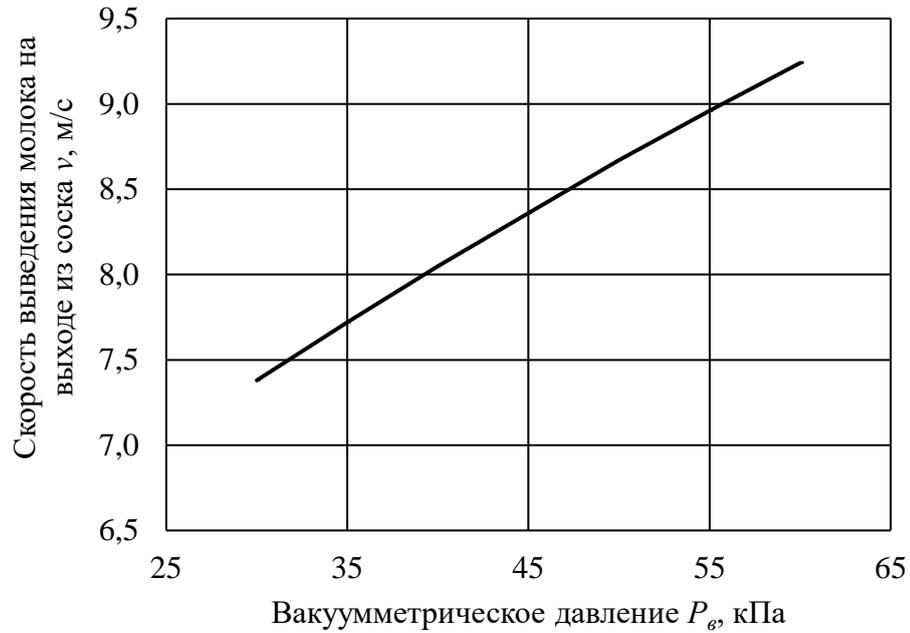


Рисунок 2.11 - Зависимость скорости молока на выходе из соска от величины вакуума

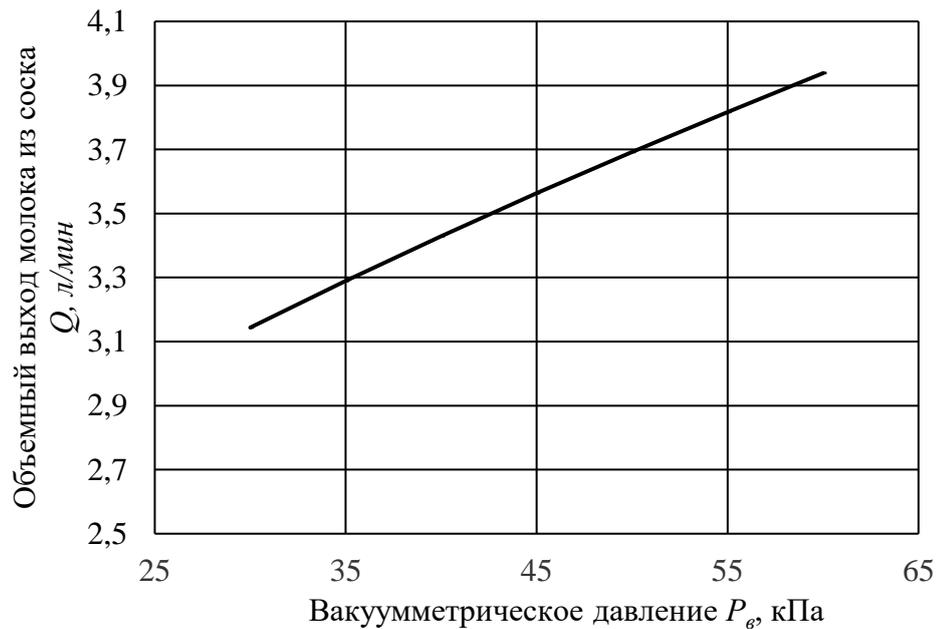


Рисунок 2.12 - Зависимость объема молока, выводимого из молочной цистерны вымени, от величины вакуума

Выводы

1. Подтверждено, что производительность доильного аппарата определяется по формуле (2.1) и зависит от коэффициента тактности, который для двухтактных

доильных аппаратов составляет 0,7, поэтому для повышения эффективности машинного доения коров перспективно создание аппарата непрерывного доения ($k_m=1$), обеспечивающего необходимую стимуляцию молокоотдачи.

2. Доильный аппарат непрерывного доения должен содержать пульсатор парного доения, коллектор с молочной и распределительной камерами и доильные стаканы, молочные и воздушные трубки. Доильные стаканы включают сосковую трубку и гильзу с молочными и воздушными патрубками. В гильзе каждого доильного стакана выполнены диаметрально расположенные выступы с трапециевидальными проточками, что позволяет разделить межстенные камеры стакана на две изолированные друг от друга части, в каждой из которых имеется воздушный патрубков. Сосковые трубки имеют диаметрально расположенные продольные ребра, установленные в проточках продольных выступов гильзы стакана.

4. Теоретически доказано, что необходимое вакуумметрического давление, требуемое для прижатия сосковой трубки к стенке доильного стакана, зависит от его конструктивных параметров: ширины, глубины ребра и внешнего радиуса сосковой трубки, расстояния между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана, а также от модуля упругости резинового крепления, что определяется по формуле (2.9).

5. Теоретически установлено, что давление сосковой резины на сосок зависит от ее конструктивных параметров: длины и толщины сосковой резины в рабочем положении, ее внутреннего и внешнего радиуса и натяжения в доильном стакане, а также физико-механических свойств материалов: коэффициентов объемной упругости соска вымени коровы и сосковой резины, что определяется по формуле (2.31). При вакуумметрическом давлении $p_e=40-42$ кПа обеспечивается соответствующее зоотехническим требованиям давление на сосок $p=10-15$ кПа.

6. Теоретически доказано, что скорость выведения молока на выходе из соска зависит от давления молока в цистерне железы, вакуумметрического давления в подсосковой камере и давления, возникающего в результате одностороннего сжатия соска, а также от геометрических размеров соска вымени коровы (формула 2.42).

3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа лабораторных экспериментальных исследований

С целью проверки теоретических предпосылок и определения работоспособности конструкции доильного аппарата непрерывного доения, а также с помощью планирования эксперимента и уточнения рациональных конструктивно-режимных параметров доильного аппарата непрерывного доения была намечена следующая программа экспериментальных исследований:

1. Проверка работоспособности доильного аппарата непрерывного доения;
2. Определение давления сосковой резины на сосок и выявление рациональных конструктивных параметров доильного аппарата непрерывного доения;
3. Определение производительности и выявление рациональных режимных параметров доильного аппарата непрерывного доения;
4. Сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований.

3.2 Методика проведения лабораторных исследований

3.2.1 Лабораторное оборудование и приборы, необходимые для проведения исследований

Основным показателем, влияющим на безопасность молочной железы, молоковыведение и производительность предлагаемого доильного аппарата, является давление сосковой резины на сосок, которое зависит от конструктивных параметров доильного стакана и физико-механических свойств соска вымени коровы и сосковой резины. В настоящее время известны технические решения устройств для измерения давления сосковой резины на сосок, но серийно они не производятся и зачастую имеют сложную конструкцию, а также недостаточную точность измерения, так как сосковая резина имеет различный диаметр по длине

соска, а значит, различное начальное положение рабочего органа внутри втулки [104].

Поэтому возникла идея создания такой конструкции устройства, которая позволяла бы повысить точность и удобство измерения с достижением технического результата, выражающегося в упрощении и повышении надежности конструкции [104]. С целью установления рациональных параметров доильного стакана аппарата непрерывного доения были проведены опыты по определению давления сосковой резины на сосок с помощью приборов, схема которых представлена на рисунке 3.1, а общий вид - на рисунке 3.2. Приборы включают в себя доильный стакан аппарата непрерывного доения 1, штангенциркуль 2, устройство для измерения давления сосковой резины на сосок 3, блок тарирования рабочего органа 5.

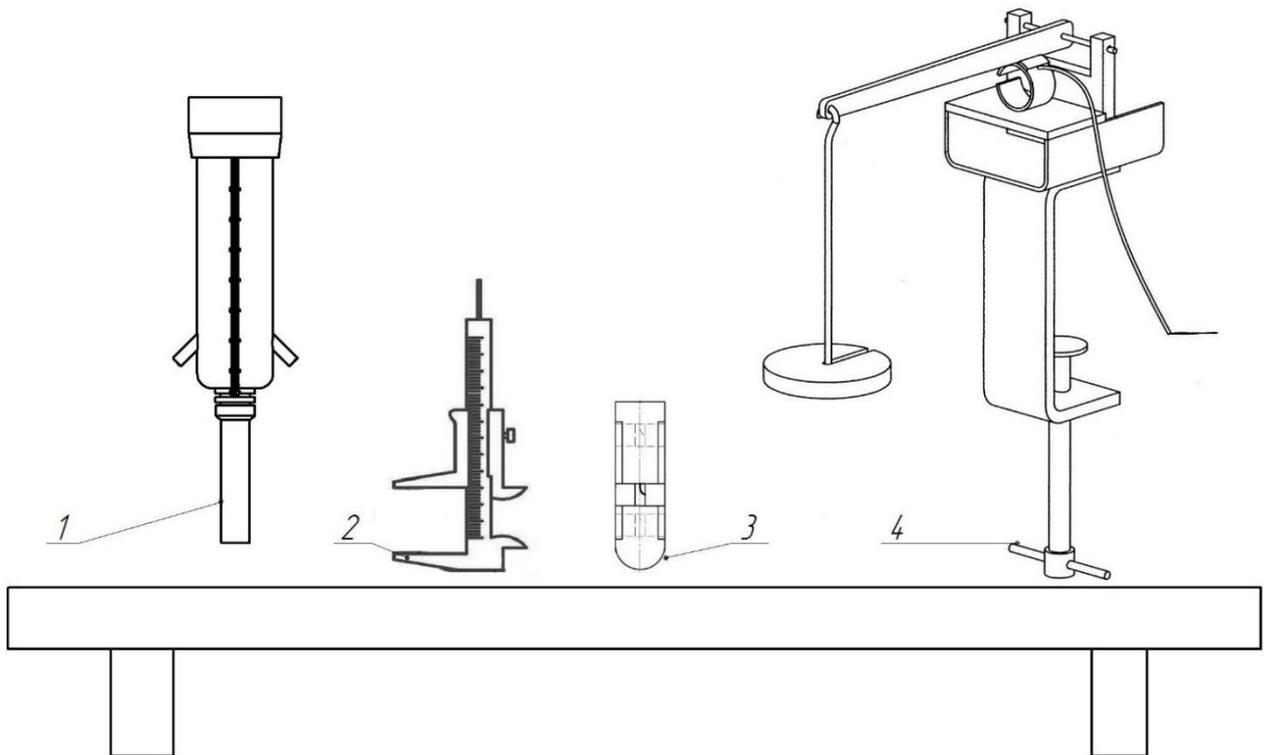


Рисунок 3.1 - Схема приборов для определения давления сосковой резины на сосок

Для определения давления сосковой резины на сосок была разработана и изготовлена следующая установка. Установка содержит искусственный сосок 1, выполненный с продольным углублением 2, по которому перемещается рабочий

орган 3, выполненный в виде тонкостенного разрезного кольца 4 из пружинной стали с встроенными тензодатчиками 5, запитываемыми от блока питания 10. В связи с тем что измерение давления на сосок проводили в средней части сосковой резины, рабочий орган устанавливался на подготовленный по диаметру кольца нижний конец искусственного соска (рис 3.2 б) [120].

На рисунке 3.3 представлен общий вид лабораторной установки для определения давления сосковой резины на сосок.

Искусственный сосок 1 размещается в доильном стакане с гильзой 7, сосковой резиной 8. Сигнал от тензодатчиков 5 по проводам 9 поступает через усилитель 11 на измерительный прибор 12.

Общий вид стенда для определения давления сосковой резины на сосок представлен на рис. 3.4.

Предварительно выполняется тарирование рабочего органа на лабораторной установке, схема которой представлена на рис. 3.5.

Лабораторная установка для тарирования рабочего органа содержит основание 1, к которому снизу жестко прикреплена трубка 2, а сверху на оси 4, установленной на игольчатых подшипниках 5, закреплен нагрузочный рычаг 7 маятникового типа, который через опорную призму передает усилие на рабочий орган 6 с вставленным внутрь его фрагментом искусственного соска, установленный на стол 3. На конце рычага свободно устанавливается шарнирное подвесное устройство 8 с возможностью размещения сменных грузов 9 [104, 120].

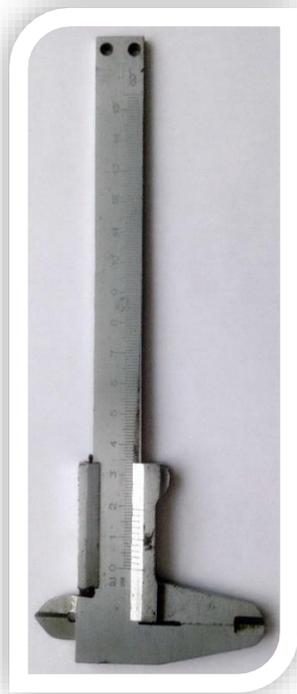
Рабочий орган 6 устанавливают на стол 3 основания 1. После этого на шарнирное подвесное устройство 8 подвешивают груз 9, в результате чего усилие через опорную призму нагрузочного рычага 7 передается на рабочий орган 6. Сигнал от тензодатчиков, запитываемых от блока питания 10, подается на усилитель 11 и далее на измерительный прибор 12, на котором делается соответствующая отметка. Усилие (Н) рассчитывается исходя из массы груза 9 и разности плеч рычага 7. Величину давления (Па) рассчитывают как отношение усилия (Н) к площади наружной поверхности (m^2) тонкостенного кольца 6. Изменяя массу грузов, операцию повторяют в той же последовательности.



а)



б)

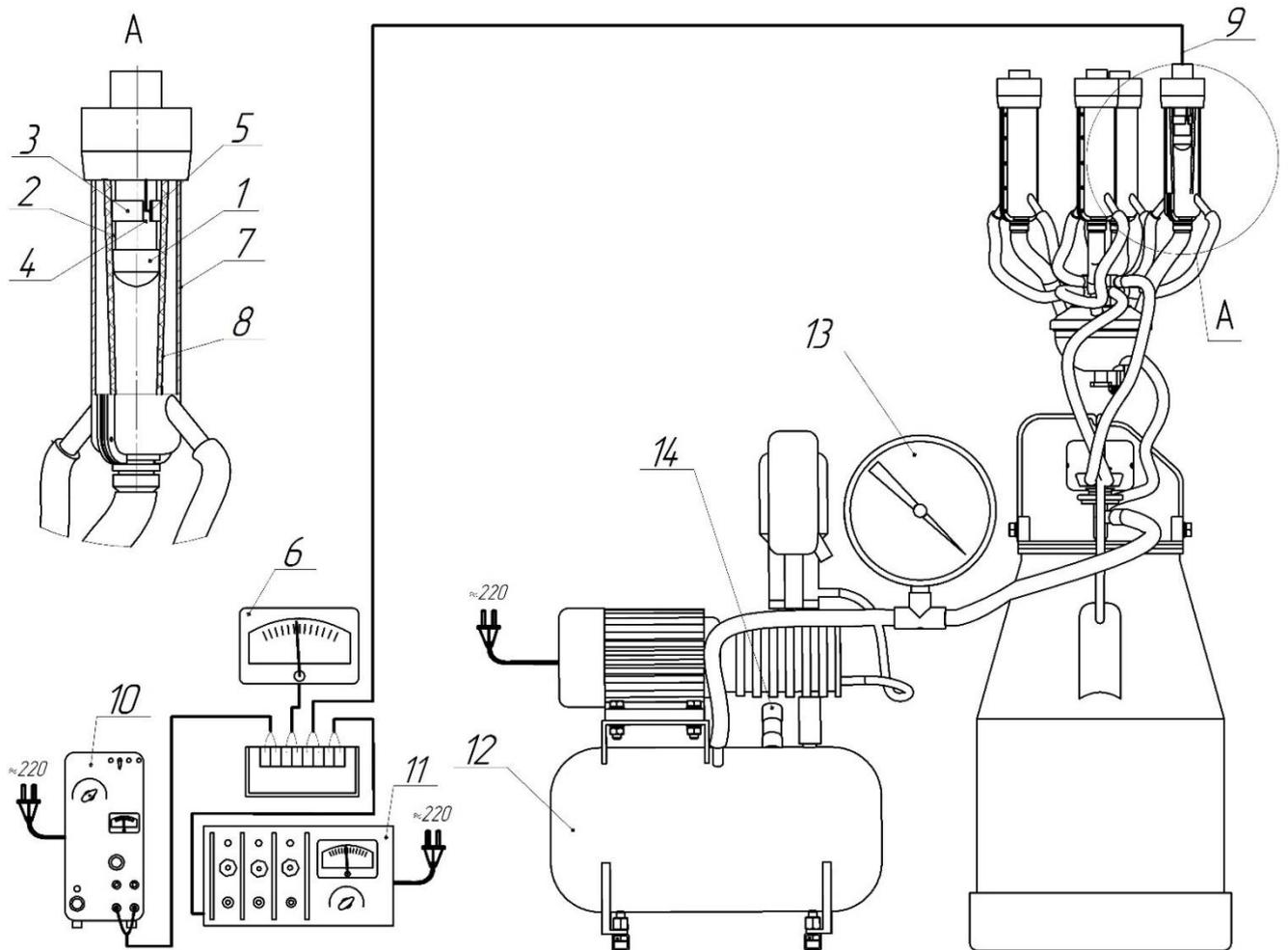


в)



г)

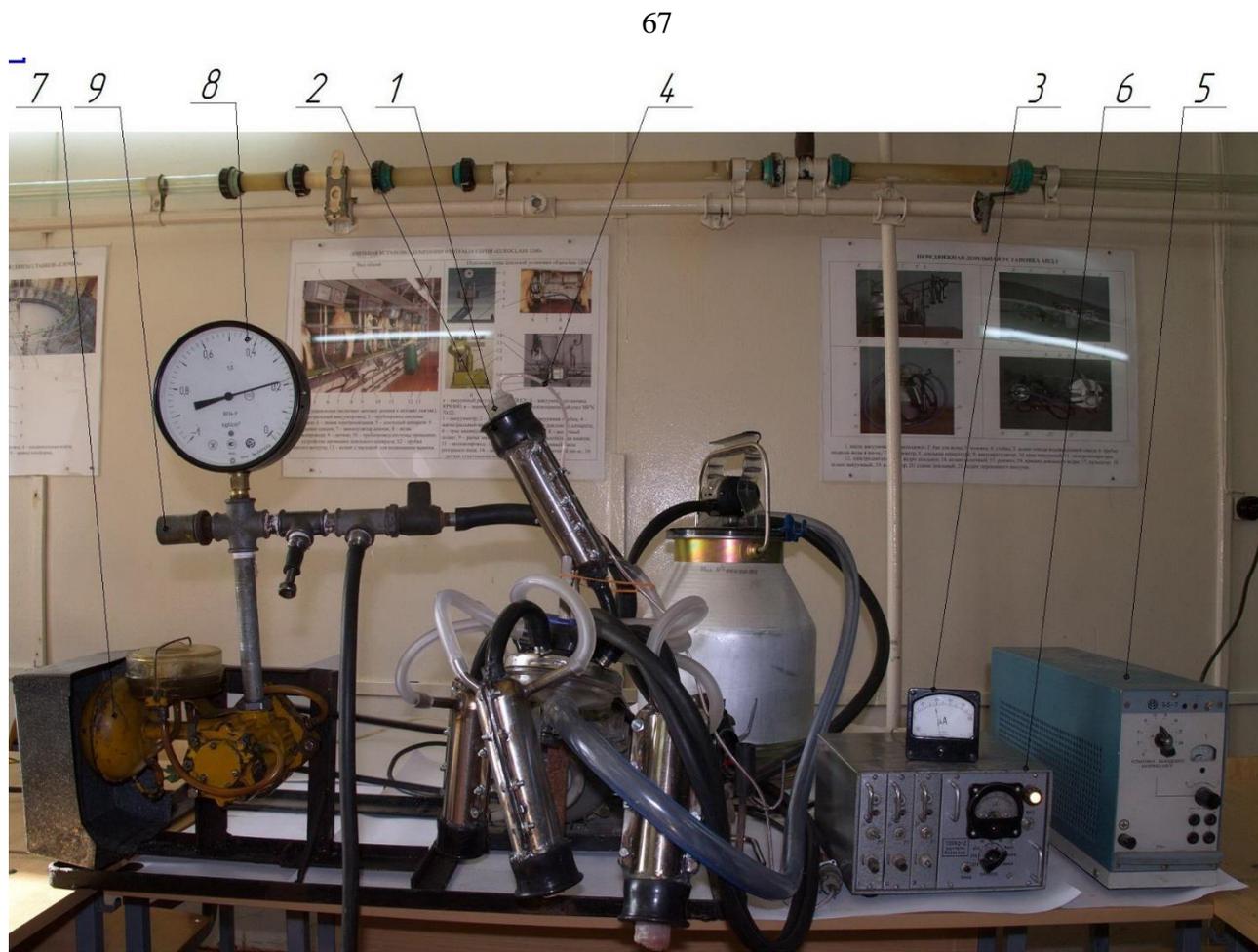
Рисунок 3.2 - Общий вид приборов для определения давления сосковой резины на сосок



1 - искусственный сосок; 2 - продольное углубление; 3 - рабочий орган; 4 - тонкостенное разрезное кольцо из пружинной стали; 5 - тензодатчики; 6 - измерительный прибор; 7 - гильза; 8 - сосковая резина; 9 - провода; 10 - блок питания; 11 - усилитель; 12 - индивидуальная вакуумная установка; 13 - вакуумметр; 14 - регулятор вакуума

Рисунок 3.3 - Схема лабораторной установки для определения давления сосковой резины на сосок

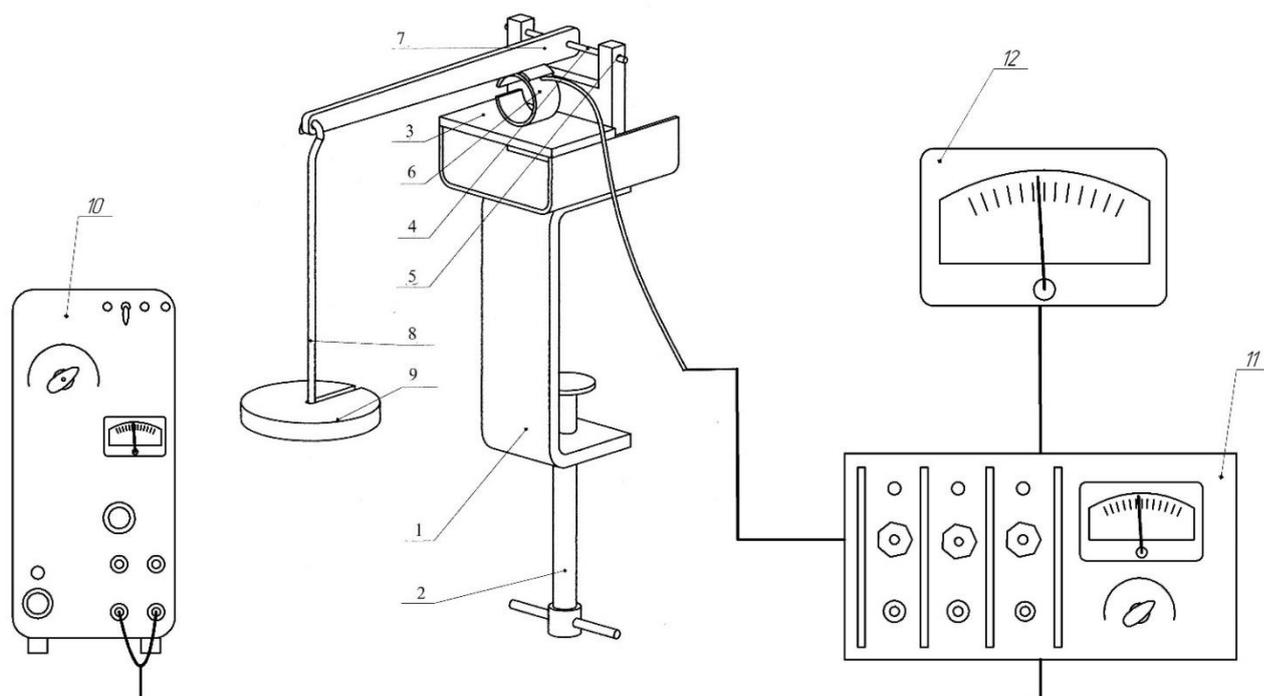
На рисунке 3.6 представлен общий вид лабораторной установки для тарирования рабочего органа.



1 – искусственный сосок с рабочим органом из тонкостенного разрезного кольца с тензодатчиками; 2 – доильный стакан; 3 – измерительный прибор; 4 – провода; 5 – блок питания; 6 – усилитель; 7 – индивидуальная вакуумная установка; 8 – вакуумметр; 9 – регулятор вакуума

Рисунок 3.4 – Общий вид стенда для определения давления сосковой резины на сосок

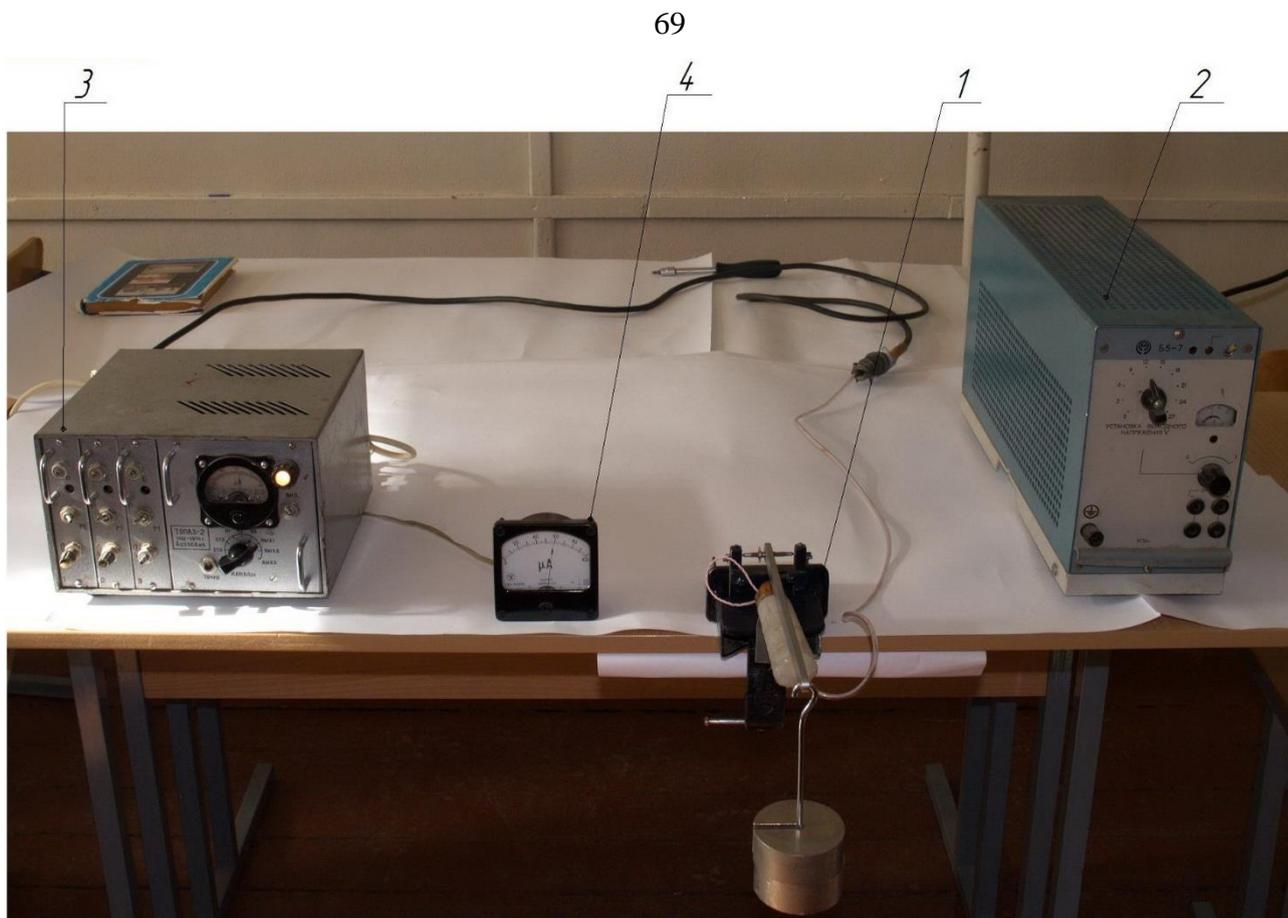
Проведение замеров в вертикальной плоскости производили в средней части сосковой резины (рис.3.3). Для этого фиксировали рабочий орган 3 в нижней части искусственного соска и надевали доильный стакан на искусственный сосок 1. Запитывали тензодатчики 5 от блока питания 10 и устанавливали в нулевое положение стрелку измерительного прибора 6 с помощью блока выведения в нулевое положение усилителя 11.



- 1 - основание; 2 - трубка; 3 - стол; 4 - ось; 5 - подшипник; 6 - рабочий орган;
 7 - нагрузочный рычаг маятникового типа; 8 - шарнирное подвесное устройство;
 9 - груз; 10 - блок питания; 11 - усилитель; 12 - измерительный прибор

Рисунок 3.5 - Схема лабораторной установки для тарирования рабочего органа

Включают индивидуальную вакуумную установку и надевают доильный стакан на искусственный сосок 1 (рис.3.3). Выдерживают в работающем состоянии до стабилизации соотношения тактов работы доильного аппарата. При работе доильного аппарата в подсосковой камере постоянно распространяется вакуумметрическое давление, а в разделенных межстенных камерах - попеременно атмосферное давление и разрежение. В результате сосковая резина 8 за счет перепада давления в межстенных и подсосковой камерах доильного стакана плавно деформируется, образуя вогнутую увеличенную поверхность при поочередном сжатии соска то с одной, то с другой стороны доильного стакана.

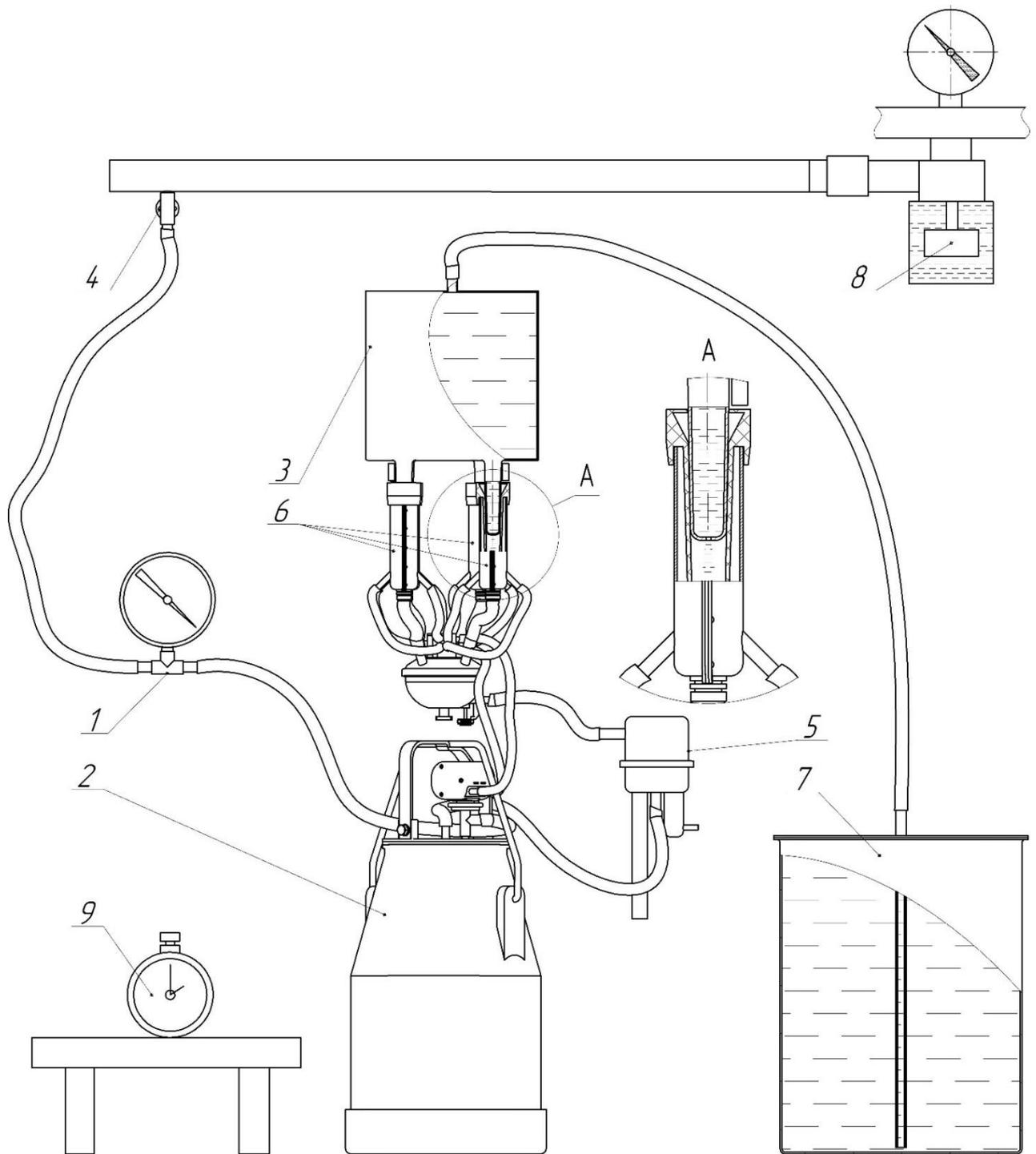


1 - блок тарирования рабочего органа; 2 - блок питания; 3 - усилитель; 4 - измерительный прибор

Рисунок 3.6 - Общий вид лабораторной установки для тарирования рабочего органа.

При деформации сосковая резина 8 передает информацию об изменениях силы давления, оказываемого ею, рабочему органу 3. Сигнал от тензодатчиков 5 подается на усилитель 11 и далее на измерительный прибор 6. Для оценки производительности доильного аппарата непрерывного доения была использована следующая лабораторная установка, схема которой представлена на рисунке 3.7, а общий вид показан на рисунке 3.8.

Лабораторная установка (рис 3.7) включает в себя искусственное вымя 3, испытуемый доильный аппарат 2, регулятор вакуума 8, вакуумметр 1, счетчик молока 5, кран 4, резервуар 7.



1 - вакуумметр; 2 - доильный аппарат; 3 - стенд искусственное вымя; 4 - кран; 5 - счетчик молока; 6 - доильные стаканы; 7 - резервуар; 8 - регулятор вакуума; 9 - секундомер.

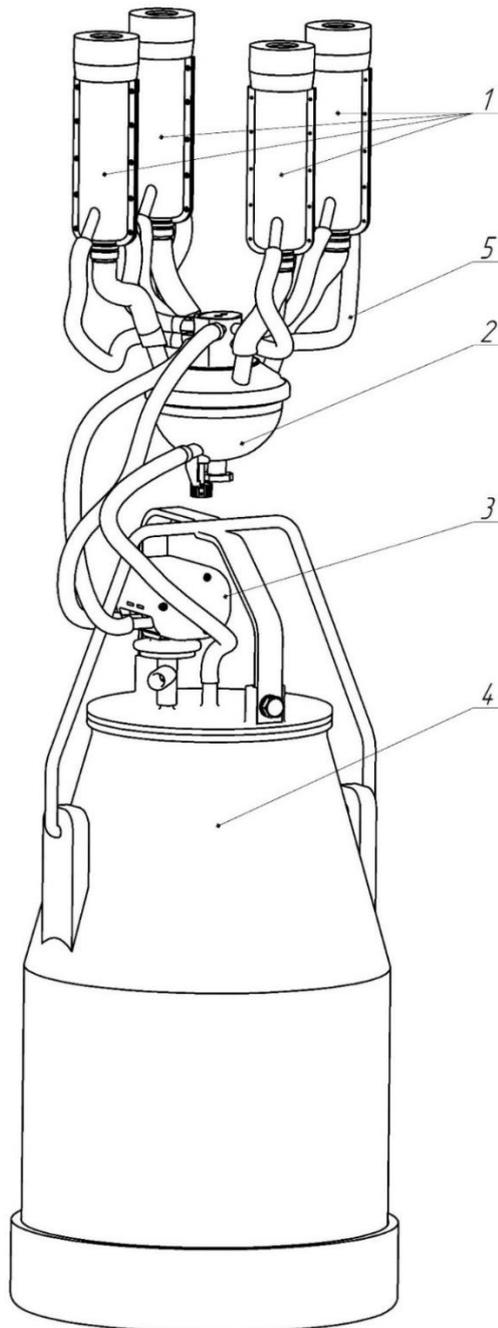
Рисунок 3.7 - Схема стенда для определения производительности доильного аппарата непрерывного доения



1 - доильный аппарат; 2 - стенд искусственное вымя; 3 - кран; 4 - счетчик молока; 5 - доильные стаканы; 6 - резервуар; 7 - вакуумпровод; 8 - молочные и вакуумные шланги.

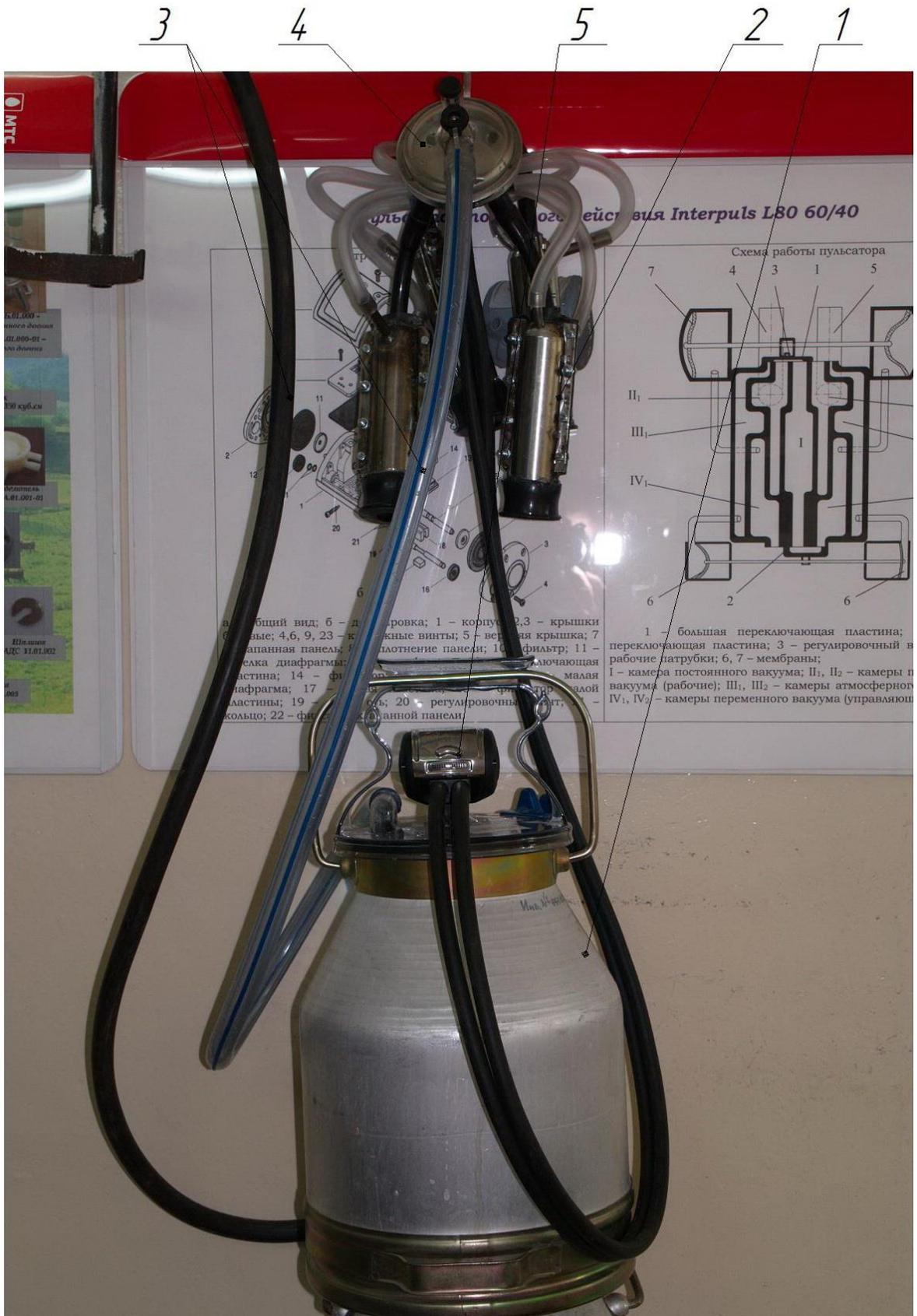
Рисунок 3.8 - Общий вид стенда для определения производительности доильного аппарата непрерывного доения

С целью выполнения программы исследований в лаборатории кафедры безопасности жизнедеятельности, механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» был разработан и изготовлен опытный образец стакана доильного аппарата непрерывного доения (рис. 3.9, 3.10).



1 - доильные стаканы; 2 - коллектор; 3 - пульсатор попарного доения;
4 – доильное ведро; 5 - молочные и вакуумные шланги

Рисунок 3.9 Модель доильного аппарата непрерывного доения

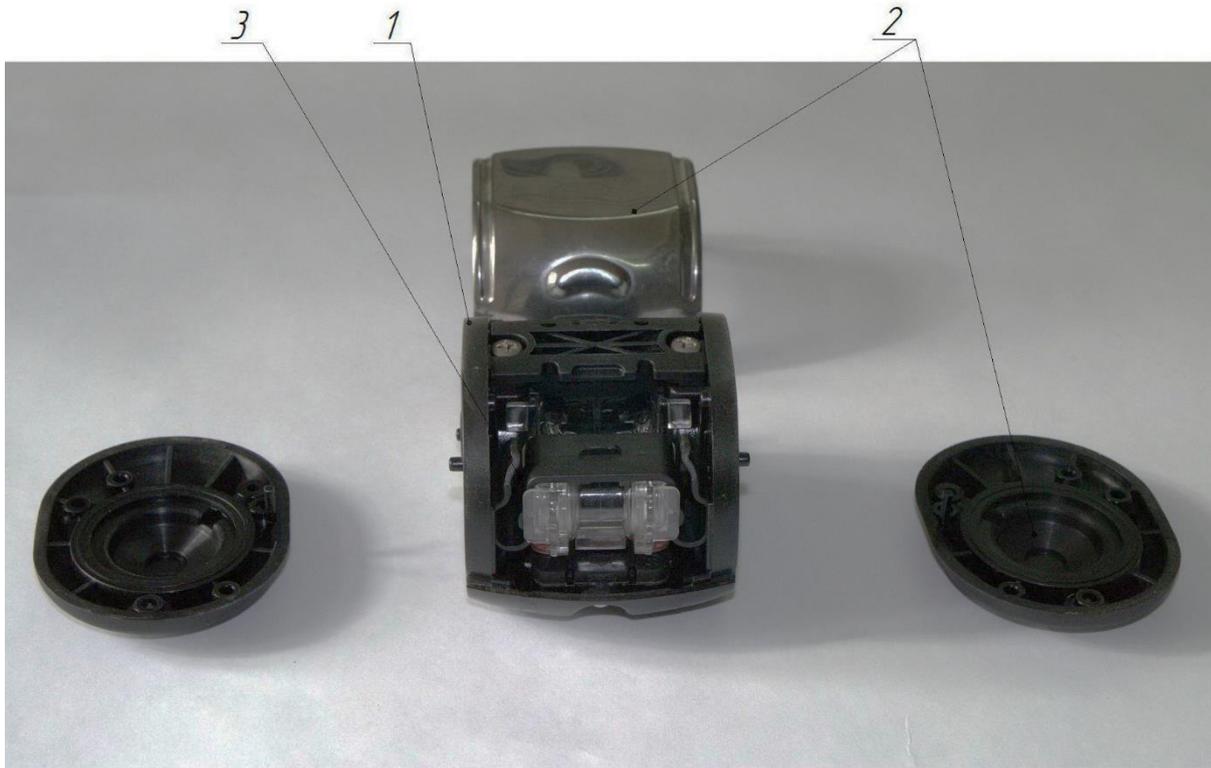


1 - доильное ведро; 2 - доильные стаканы; 3 - молочные и вакуумные шланги;
4 - коллектор; 5 - пульсатор попарного доения

Рисунок 3.10 - Общий вид доильного аппарата непрерывного доения

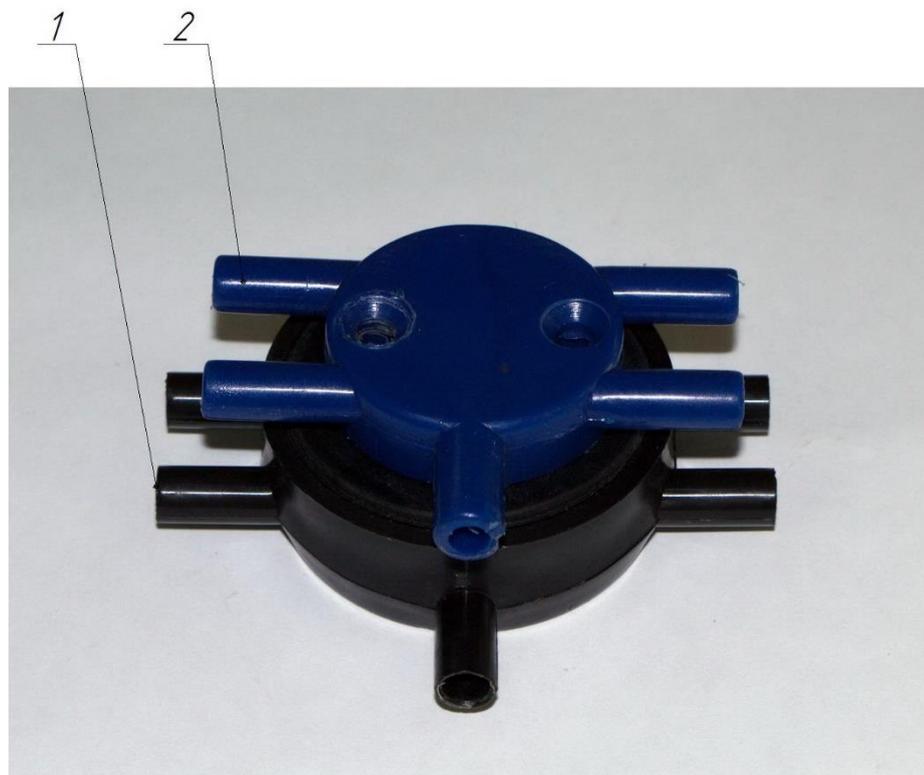


Рисунок 3.11 – Лабораторный образец доильного стакана для определения давления сосковой резины на сосок, выполненный на 3D принтере.



1 - корпус пульсатора; 2 - крышки; 3 - рабочие камеры

Рисунок 3.12 - Пульсатор попарного доения



1 - распределитель первой межстенной камеры; 2 - распределитель второй межстенной камеры

Рисунок 3.13 - Распределитель

3.2.2 Методика определения давления сосковой резины на сосок и выбора рациональных конструктивных параметров доильного аппарата непрерывного доения

В лабораторных опытах в качестве источника вакуумметрического давления использовалась индивидуальная вакуумная установка, включающая вакуумный насос с вакуумметром, регулятором вакуума и двумя вакуумными кранами.

Методика определения величины давления на сосок и выбора рациональных конструктивных параметров доильного аппарата непрерывного доения следующая.

В ходе экспериментальных исследований проводились опыты при трех различных величинах вакуумметрического давления - 40, 42 и 44 кПа. Изменяли величину вакуумметрического давления регулятором вакуума 14, а контролировали - вакуумметром 13 (рис. 3.3).

В ходе экспериментальных исследований проводились опыты при трех различных расстояниях между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана - 1, 2, и 3 мм. Для изменения расстояния между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана было изготовлено три комплекта разрезных втулок различной толщины (рис. 3.11), размер которых контролировался с помощью штангенциркуля (рис. 3.2в).

В ходе экспериментальных исследований проводились опыты с различной толщиной ребра сосковой трубки. Для этого были изготовлены три варианта разборной гильзы доильного стакана с различной глубиной паза и три варианта сосковых трубок с различной толщиной ребра - 1, 2 и 3 мм (рис. 3.11), размер которых контролировался с помощью штангенциркуля (рис. 3.2в). В качестве исходного материала использовались гильза и сосковая резина Delaval 0000/0675.



Рисунок 3.14 – Доильный стакан Delaval 0000/0675.

В ходе эксперимента снимались показания с измерительного прибора (микроамперметра). Результаты тарирования рабочего органа представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 - Результаты тарирования рабочего органа

| Тарировка | | | | |
|---------------|------------------------------------|--|---------------------|-----------------|
| Вес груза, кг | Показания микроамперметра, делений | Отношение плеч относительно опорной призмы | Усилие на кольцо, Н | Цена деления, Н |
| 0,2 | 15,4 | 5 | 10Н | 0,649 |
| 0,4 | 31,4 | 5 | 20Н | 0,637 |
| 0,6 | 46,8 | 5 | 30Н | 0,641 |
| 0,8 | 62,5 | 5 | 40Н | 0,64 |
| 1 | 77,5 | 5 | 50Н | 0,645 |

Величина давления сосковой резины на сосок P , Па определялась по формуле

$$P = \frac{N}{S}, \quad (3.1)$$

где N - усилие на кольцо, H ; S - площадь наружной поверхности кольца, m^2 , $S = 0,0011 m^2$.

3.2.3 Методика оценки производительности и выбора рациональных режимных параметров доильного аппарата непрерывного доения

Значение вакуума при всех повторностях должно быть постоянным, продолжительность каждого опыта - не менее 4...5 мин. В процессе проведения опыта следили за наличием воды в резервуаре 7 (рис. 3.7).

Опыты выполняют при работе аппаратов с различной частотой импульсов вакуума. Частоту пульсаций устанавливали по секундомеру 9 (рис. 3.7). Количество надоенного молока измеряли с помощью счетчика молока 5 каждые 30 с (рис.

3.7). Необходимую величину вакуумметрического давления устанавливали по вакуумметру 1 (см. рис. 3.7).

Испытание доильных аппаратов проводили следующим образом. Включали в работу вакуум-насос. Устанавливали по вакуумметру 1 необходимую величину вакуумметрического давления. По секундомеру 9 устанавливали частоту пульсаций пульсатора. Емкость 3 (см. рис. 3.7) заполняли жидкостью, имитирующей молоко. Опустошали мензурку и мерную камеру счетчика молока 5. Включали в работу аппарат и фиксировали время. Результаты опытов записывали в таблицу.

Каждый опыт проводили в пятикратной повторности.

Далее определяли производительность доильного аппарата

$$Q = \frac{m}{t} , \quad (3.2)$$

где Q - производительность доильного аппарата, л/мин;

m - объем надоенного молока, л;

t - время опыта. мин.

На основании табличных данных необходимо построить график зависимости производительности доильного аппарата от частоты пульсаций и вакуумметрического давления.

3.3 Выбор факторов

В теории планирования эксперимента наиболее важным является правильный выбор конструктивно-технологических параметров. Принятые параметры, установленные в результате анализа известных теоретических и экспериментальных исследований, должны отражать все основные аспекты технологического процесса, и их число должно быть минимальным.

3.3.1 Выбор факторов для определения давления сосковой резины на сосок

Конструктивно-технологические параметры, обеспечивающие работоспособность доильного аппарата непрерывного доения, зависят от рабочего вакуумметрического давления, а также от конструктивных параметров доильного стакана [29, 30, 31, 50, 52, 57, 60, 84, 89, 112].

Опираясь на результаты исследований, полученные из литературных источников, а также на данные своих теоретических исследований, приведенных в главе 2, мы выбрали 3 фактора, которые оказывают наибольшее влияние на протекание исследуемого процесса доения в предлагаемой конструкции аппарата [119].

1. Ширина резинового крепления сосковой трубки b , м; 2. Величина рабочего вакуумметрического давления P , кПа; 3. Расстояние между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана s , м.

Используя полученные математические модели, характеризующие взаимосвязь конструктивно-режимных параметров доильного аппарата непрерывного доения, мы выполнили предварительные расчеты интервалов варьирования для различных геометрических параметров и режимов его работы.

Интервал варьирования факторов в ходе эксперимента был определен следующим образом.

По данным исследователей, занимающихся изучением вопросов машинного доения коров, рабочее вакуумметрическое давление должно варьироваться в пределах 40...55 кПа [13, 54, 112]. Величина вакуумметрического давления, поддерживаемая в двухтактных доильных аппаратах, находится в пределах 46...49 кПа, в трехтактных доильных аппаратах - 53...55 кПа, что вызвано увеличенным расходом воздуха во время такта отдыха в подсосковой камере доильного стакана, в низковакуумных доильных аппаратах - 40...44 кПа, в аппаратах непрерывного отсоса - 33-40 кПа, в доильных аппаратах с двухуровневым вакуумом используется “щадящий” вакуум величиной 33 кПа. По данным ученых, использование вакуумметрического давления менее 40 кПа не всегда дает возможность выдоить корову за время действия рефлекса молокоотдачи, что в итоге приводит к его торможению

из-за возникающих у животного болевых ощущений [60], а увеличение рабочего вакуума свыше 50...52 кПа также нежелательно в связи с отрицательным воздействием на молочную железу. Но большинство ученых уверены, что снижение вакуумметрического давления до 40 кПа благотворно влияет на молочную железу животного [29, 30, 31].

В связи с тем, что в предлагаемой конструкции доильного аппарата предполагается совмещение тактов разгрузки и сосания и, как результат, повышение производительности, в экспериментах вакуумметрическое давление изменялось в пределах 40...44 кПа.

Анализ теоретических исследований, проведенный в главе 2, показывает, что ширина резинового крепления сосковой трубки в значительной степени оказывает влияние на величину силы сжатия соска вымени. При ширине резинового крепления $b = 0,001$ м, величине рабочего вакуумметрического давления $P = 42$ кПа и расстоянии между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана $s = 0,003$ м величина давления сосковой резины на сосок составляет $P_c = 5,9$ кПа, а при $b = 0,003$ м и соответствующих аналогичных параметрах $P = 42$ кПа, $s = 0,003$ м – $P_c = 23,7$ кПа. В связи с этим и с тем, что согласно опытам И.В. Жилова наибольшая скорость молоковыведения для аппарата непрерывного отсоса наблюдается в том случае, когда на стенку сосковой резины действует давление 13-16 кПа, в экспериментах ширина резинового крепления сосковой трубки изменялась в пределах 0,001...0,003 м.

Третьим фактором, оказывающим значительное влияние на величину вакуумметрического давления, необходимого для прижатия сосковой трубки к стенке доильного стакана и, как результат, на силу сжатия соска вымени, является расстояние между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана. При расстоянии между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана $s = 0,003$ м, величине рабочего вакуумметрического давления $P = 42$ кПа и ширине резинового крепления $b = 0,001$ м величина давления сосковой резины на сосок составляет $P_c = 5,9$ кПа, а при $s = 0,001$ м и соответствующих аналогичных параметрах $P = 42$ кПа, $b = 0,001$ м –

$P_c = 31,4$ кПа. В связи с вышесказанным и с тем, что оптимальный диапазон давления на стенку сосковой резины составляет 13-16 кПа, в экспериментах расстояние между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана изменялось в пределах 0,001...0,003 м.

Выбор наиболее значимых факторов определяется критериями оптимизации рабочего процесса. В основе изучения рабочего процесса доильного аппарата с учетом определения давления сосковой резины на сосок и обоснования его конструктивно-технологических параметров лежит анализ исследуемых критериев оптимизации.

Важнейшим показателем, влияющим на безопасность молочной железы, молокоотдачу и производительность доильного аппарата является сила сжатия соска вымени. Поэтому в качестве критерия оптимизации использовалась величина давления сосковой резины на сосок (формула 2.31), которая обеспечивает физиологически адекватное воздействие на молочную железу в период протекания рабочих тактов и, как результат, на возбуждение полноценного рефлекса молокоотдачи в течение всего латентного периода.

Уровни варьирования для трех факторов представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Уровни варьирования для трех факторов

| Наименование фактора | Кодированное обозначение | Интервал варьирования | Уровни варьирования | | |
|--|--------------------------|-----------------------|---------------------|-------|-------|
| | | | -1 | 0 | +1 |
| 1. Ширина резинового крепления сосковой трубки b , м | X_1 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,003 |
| 2. Величина рабочего вакуумметрического давления P , кПа | X_2 | 2 | 40 | 42 | 44 |
| 3. Расстояние между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана s , м | X_3 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,003 |

Числовые значения остальных факторов эксперимента оставались постоянными на протяжении всего опыта, согласно предварительно проведенным исследованиям.

3.3.2 Выбор факторов для оценки производительности доильного аппарата

Режимные параметры, обеспечивающие производительность доильного аппарата непрерывного доения, зависят от рабочего вакуумметрического давления, а также от частоты пульсаций вакуума [14, 31, 32, 52, 58, 60, 61, 62, 63].

Опираясь на результаты исследований, полученные из литературных источников, а также на данные своих теоретических исследований, приведенных в главе 2, было выбрано 2 фактора, которые оказывают наибольшее влияние на протекание исследуемого процесса доения в предлагаемой конструкции аппарата.

1. Величина рабочего вакуумметрического давления P , кПа; 2. Частота пульсаций вакуума f , Гц.

1. Согласно опытам И.В. Жилова установлено, что наибольшая скорость молоковыведения для аппарата непрерывного отсоса наблюдается при вакууме 33 кПа. Увеличение рабочего вакуума свыше 50...52 кПа нежелательно в связи с отрицательным воздействием на молочную железу, в экспериментах вакуумметрическое давление изменялось в пределах 35...50 кПа [52, 43, 60].

2. В.Ф. Королев отмечает, что частота пульсаций для аппаратов непрерывного отсоса с обычным двухкамерным доильным стаканом составляет 2,3-3 Гц, для двухтактных аппаратов - 0,7-1 Гц. Количество сосаний в полости рта теленка колеблется от 1,7 до 2 Гц [52, 60]. В связи с тем что в предлагаемой конструкции доильного стакана предполагается, что при сжатии одной стенки противоположная стенка несколько прогибается, и сфинктер соска при этом остается открытым, а также с тем, что повышенная частота пульсаций вакуума вызывает значительное увеличение расхода воздуха на привод, в экспериментах частота пульсаций изменялась в пределах 1-1,5 Гц.

Таблица 3.3 – Уровни варьирования для двух факторов

| Наименование фактора | Кодированное обозначение | Интервал варьирования | Уровни варьирования | |
|--|--------------------------|-----------------------|---------------------|-----|
| | | | -1 | +1 |
| 1. Величина рабочего вакуумметрического давления P , кПа | X_1 | 15 | 35 | 50 |
| 3. Частота пульсаций вакуума f , Гц | X_3 | 0,5 | 1 | 1,5 |

3.4 Методика планирования эксперимента

Планирование эксперимента необходимо для определения рациональных геометрических и режимных параметров проектируемых технических средств. Для выявления критерия оптимизации воспользуемся уравнением регрессии, связывающим критерий оптимизации с факторами.

Для получения уравнения регрессии по определению величины давления сосковой резины на сосок использовали трехфакторный план Бокса-Бенкина 3^3 .

Для получения уравнения регрессии по определению производительности доильного аппарата использовали двухфакторный план 2^2 .

Для аппроксимации экспериментальных значений давления сосковой резины на сосок в зависимости от перечисленных выше факторов эксперимента в предлагаемой конструкции доильного аппарата непрерывного доения использовали полиномиальную функцию 2-го порядка:

$$y = a_0 + \sum_1^n a_i \cdot x_i + \sum_{i \leq j}^n a_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum_i^n a_{ii} \cdot x_i^2, \quad (3.3)$$

где y - среднее значение критерия оптимизации;

a_0, a_i, a_{ij}, a_{ii} – коэффициенты уравнения регрессии;

x_i, x_j – значения факторов эксперимента;

n - число факторов эксперимента.

Для аппроксимации экспериментальных значений производительности доильного аппарата непрерывного доения в зависимости от перечисленных выше факторов эксперимента использовали линейную функцию:

$$y = a_0 + \sum_1^n a_i \cdot x_i + \sum_{i \leq j}^n a_{ij} \cdot x_i \cdot x_j \quad (3.4)$$

Опыты проводились с пятикратной повторностью, порядок проведения опытов определялся рандомизацией. Порядок проведения опытов, регистрация параметров и режимов работы осуществлялись по методике, приведенной в предыдущих разделах.

В таблице 3.4 приведен план для трех факторов [66]

Таблица 3.4 - Матрица планирования для трех факторов Бокса-Бенкина

| № опыта | X_1 | X_2 | X_3 |
|---------|-------|-------|-------|
| 1 | + | + | 0 |
| 2 | – | – | 0 |
| 3 | + | – | 0 |
| 4 | – | + | 0 |
| 5 | + | 0 | + |
| 6 | – | 0 | – |
| 7 | + | 0 | – |
| 8 | – | 0 | + |
| 9 | 0 | + | + |
| 10 | 0 | – | – |
| 11 | 0 | + | – |
| 12 | 0 | – | + |
| 13 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 0 |

В таблице 3.5 приведен план для двух факторов

Таблица 3.5 - Матрица планирования для двух факторов

| № опыта | X_1 | X_2 |
|---------|-------|-------|
| 1 | - | - |
| 2 | + | - |
| 3 | - | + |
| 4 | + | + |

3.5 Статистический анализ результатов экспериментальных данных

При подборе оборудования оценивали точность результатов экспериментов по наибольшей возможной статистической ошибке.

В общем случае при проведении работ были использованы методики, рассмотренные в работах многих авторов [40, 66].

После проведения опытов важнейшим является обработка результатов экспериментальных исследований методами вариационной статистики и путем дисперсионного и регрессионного анализа с применением компьютерных программ и определения:

- а) ошибки параллельных опытов;
- б) дисперсии параметра оптимизации;
- в) однородности дисперсии результатов в каждой точке плана эксперимента по критерию Кохрена;
- г) значимости отдельных коэффициентов уравнения регрессии по критерию Стьюдента;
- д) значимости полученных уравнений регрессии по критерию Фишера.

Построчную дисперсию параметра оптимизации определяем по формуле

$$S_n^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (Y_{in} - \bar{Y}_{in})^2, \quad (3.5)$$

где i - номер повторности опыта; n - номер строки (опыты); m - число повторностей; Y_i - значение параметра оптимизации в i -той повторности; \bar{Y}_i - среднеарифметическое значение параметра оптимизации в i -той повторности.

Однородность дисперсии результатов в каждой точке плана эксперимента по критерию Кохрена определяется согласно зависимости

$$G_{\max \text{ расч}} = \frac{S_{n.\max}^2}{\sum_{n=1}^N S_n^2} \leq G_{\max \text{ табл}}, \quad (3.6)$$

где $S_{n.\max}^2$ - наибольшее значение S_n^2 из всех строчек последнего столбца; $G_{\max \text{ табл}}$ - табличное значение критерия Кохрена; N - число опытов.

Для определения табличного значения критерия Кохрена предварительно определяется число степеней свободы $\gamma_1 = m - 1$, а $\gamma_2 = N$,

Если неравенство соблюдается, то опыт воспроизводим.

Значимость отдельных коэффициентов уравнения регрессии по критерию Стьюдента устанавливается по дисперсии определения коэффициентов регрессии

$$S_A^2 = \frac{S^2}{N \cdot m}, \quad (3.7)$$

где S^2 - дисперсия воспроизводимости, определяемая по формуле

$$S^2 = \frac{\sum_{n=1}^N S_n^2}{N} \quad (3.8)$$

Коэффициент регрессии A значим в том случае, если

$$A > S_A t, \quad (3.9)$$

где t - критерий Стьюдента, определяемый в зависимости от числа степеней свободы $\nu = N(m-1)$ и уровня значимости, который для инженерных расчетов принимается равным 5%.

Значимость полученных уравнений регрессии проверяли по критерию Фишера, определяемому согласно зависимости

$$F_{\text{расч}} = \frac{\sigma_{\text{ад}}^2}{S^2} \leq F_{\text{табл}}, \quad (3.10)$$

где $\sigma_{\text{ад}}^2$ - дисперсия адекватности, определяемая по формуле

$$\sigma_{\text{ад}}^2 = \frac{m}{N-C} \sum_{n=1}^N (\bar{Y}_n - \hat{Y}_n)^2, \quad (3.11)$$

где C - количество значимых коэффициентов регрессии; \bar{Y}_n - среднеарифметическое значение параметра оптимизации в i -том опыте; \hat{Y}_n - расчетное значение параметра оптимизации в i -том опыте.

Если неравенство соблюдается, то полученное уравнение регрессии адекватно описывает процесс, причем расчетное значение критерия Фишера устанавливается в зависимости от числа степеней свободы ($\gamma_1 = m-1$ и $\gamma_2 = N-C$).

Для построения уравнения регрессии исследуемого процесса на ПК был использован оператор Fit [data, {базисные функции}] в программе «Mathematika» с помощью которой выходные значения полученного уравнения регрессии обладают более высокой адекватностью экспериментальным данным [106].

Для построения графиков и выбора рациональных параметров факторов эксперимента использован статистический пакет программ «STATISTICA».

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА НЕПРЕРЫВНОГО ДОЕНИЯ

4.1 Результаты лабораторных исследований

4.1.1 Результаты исследований по обоснованию конструктивных параметров доильного стакана

Исследование давления сосковой резины на сосок осуществляли в соответствии с методикой, изложенной в разделе 3.2.2 главы 3 [104, 120].

Для экспериментальной проверки конструктивно-режимных параметров доильного стакана аппарата непрерывного доения, при которых достигается оптимальная величина давления сосковой резины на сосок, был изготовлен опытный образец доильного стакана (см. рисунок 3.11), коллектор, подключенный к пульсатору попарного доения (см. рисунок 3.12), разработан специальный стенд с использованием тензометрического оборудования (см. рисунок 3.3, 3.4), изготовлены три образца сосковой резины с толщиной резинового крепления соответственно 0,001; 0,002; 0,003 м и три разрезные цилиндрические втулки различного внутреннего диаметра для изменения расстояния между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана соответственно до 0,001; 0,002; 0,003 м. Опыты выполняли согласно матрице планирования эксперимента (табл. 3.4).

С целью определения давления сосковой резины на сосок доильного аппарата непрерывного доения для получения уравнения регрессии использовали трехуровневый план Бокса-Бенкина (вида 3^3) [66]. Результаты опытов и матрица планирования Бокса-Бенкина 3^3 представлены в таблице 4.1. Опытные данные, полученные по результатам исследований, приведены в табл. В 1, В 2 Приложения В.

В связи с тем, что опытные значения засорены случайными погрешностями измерений, чтобы воспользоваться уравнением (3.3), необходимо преобразовать ее к именованным величинам. Для получения уравнения регрессии, которое адекватно аппроксимирует экспериментальные значения, мы использовали программу «Mathematika 10» [106].

При этом обработка экспериментальных данных осуществлялась с помощью оператора `Fit [data, {комбинации функций}, {переменные}]`, который

осуществляет приближение методом наименьших квадратов функций, то есть нахождением параметров некоторой функции регрессии, при которой график функции проходит в «облаке» узловых точек, обеспечивая наименьшую средне-квадратическую погрешность вычислений.

Верхний уровень

Таблица 4.1 - Матрица планирования Бокса-Бенкина 3^3 и результаты опытов

| Уровень и интервал варьирования | Факторы | | | Критерий |
|---------------------------------|--------------------------------------|------------------|---|-------------------------------|
| | Толщина резинового крепления b , м | Вакуум P , кПа | Расстояние между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана s , м | Давление на сосок P_c , кПа |
| | X_1 | X_2 | X_3 | Y |
| Верхний уровень (+) | 0,003 | 44 | 0,003 | – |
| Основной уровень (0) | 0,002 | 42 | 0,002 | – |
| Нижний уровень (–) | 0,001 | 40 | 0,001 | – |
| Интервал варьирования | 0,001 | 2 | 0,001 | – |
| 1 | + | + | 0 | 16 |
| 2 | – | – | 0 | 17 |
| 3 | + | – | 0 | 15 |
| 4 | – | + | 0 | 22 |
| 5 | + | 0 | + | 10 |
| 6 | – | 0 | – | 23 |
| 7 | + | 0 | – | 22 |
| 8 | – | 0 | + | 15 |
| 9 | 0 | + | + | 13 |
| 10 | 0 | – | – | 21 |
| 11 | 0 | + | – | 23 |
| 12 | 0 | – | + | 12 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 16 |

Примечание * В программе ширина резинового крепления сосковой трубки обозначена переменной X_1 , величина рабочего вакуумметрического давления - X_2 и расстояние между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана - X_3 .

При обработке результатов измерений, с использованием компьютерной программы «Mathematika 10» (рис. В1, В2 Приложение В), установлено, что экс-

периментальные данные достаточно точно могут быть представлены в виде уравнения регрессии для определения давления сосковой резины на сосок доильного аппарата непрерывного доения (e), которая имеет вид [119]

$$e = 528,75 + 15083,3 x_1 + 1,54167 \cdot 10^6 x_1^2 - 25,3125 x_2 - 500 x_1 x_2 + 0,322917 x_2^2 - 2791,67 x_3 - 1 \cdot 10^6 x_1 x_3 - 125,0 x_2 x_3 + 1,29167 \cdot 10^6 x_3^2 \quad (4.1)$$

где x_1 - ширина резинового крепления сосковой трубки b , м;

x_2 - величина рабочего вакуумметрического давления P , кПа;

x_3 - расстояние между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана, s , м,

а в матрице плана они были обозначены соответственно X_1 , X_2 , X_3 .

Полученное уравнение регрессии позволяет найти величину давления сосковой резины на сосок вымени в доильном аппарате непрерывного доения в пределах выбранных интервалов варьирования уровней факторов эксперимента. Далее проверим значимость отдельных коэффициентов математической модели регрессии по критерию Стьюдента, однородность - по критерию Кохрена и адекватность модели - по критерию Фишера по специально разработанной нами программе для ЭВМ.

Доказана существенность всех коэффициентов уравнения регрессии (дисперсия воспроизводимости $S^2=2,366$, дисперсия определения коэффициентов регрессии $S_A^2=0,0315$, число степеней свободы $\nu=60$, уровень значимости для инженерных расчетов принимается равным 5%, Приложение Г). При проверке коэффициентов по критерию Кохрена установлена их однородность (сумма построчных дисперсий $\sum_{n=1}^N S_n^2 = 35,5$; максимум построчных дисперсий $S_{n,max}^2 = 4,0$; число степеней свободы $\gamma_1=4$ $\gamma_2=15$; $0,11 = \frac{4,0}{35,5} \leq 0,43$; Приложение Д). Адекватность математической модели устанавливали по критерию Фишера (дисперсия воспроизводимости $S^2=2,367$; дисперсия адекватности $\sigma_{ад}^2 = 4,4166$; число степеней свободы ($\gamma_1=4$ и $\gamma_2=5$); $1,86 = \frac{4,4166}{2,367} \leq 6,26$; Приложение Е). Анализ данных показывает, что гипотеза об адекватности модели принимается.

Уравнение регрессии второго порядка, адекватно описывающее давление сосковой резины на сосок вымени, было исследовано для выявления оптимальных конструктивно-режимных параметров доильного стакана аппарата непрерывного доения. С помощью компьютерного статистического пакета программ “Statistica” построены графические зависимости частных сечений, характеризующие величину давления сосковой резины на сосок P (кПа) при фиксированных значениях ширины резинового крепления сосковой трубки, величины рабочего вакуумметрического давления и расстояния между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана (рис. 4.1, 4.2, 4.3; рис. Ж 1, Ж 2, Ж 3 Приложения Ж).

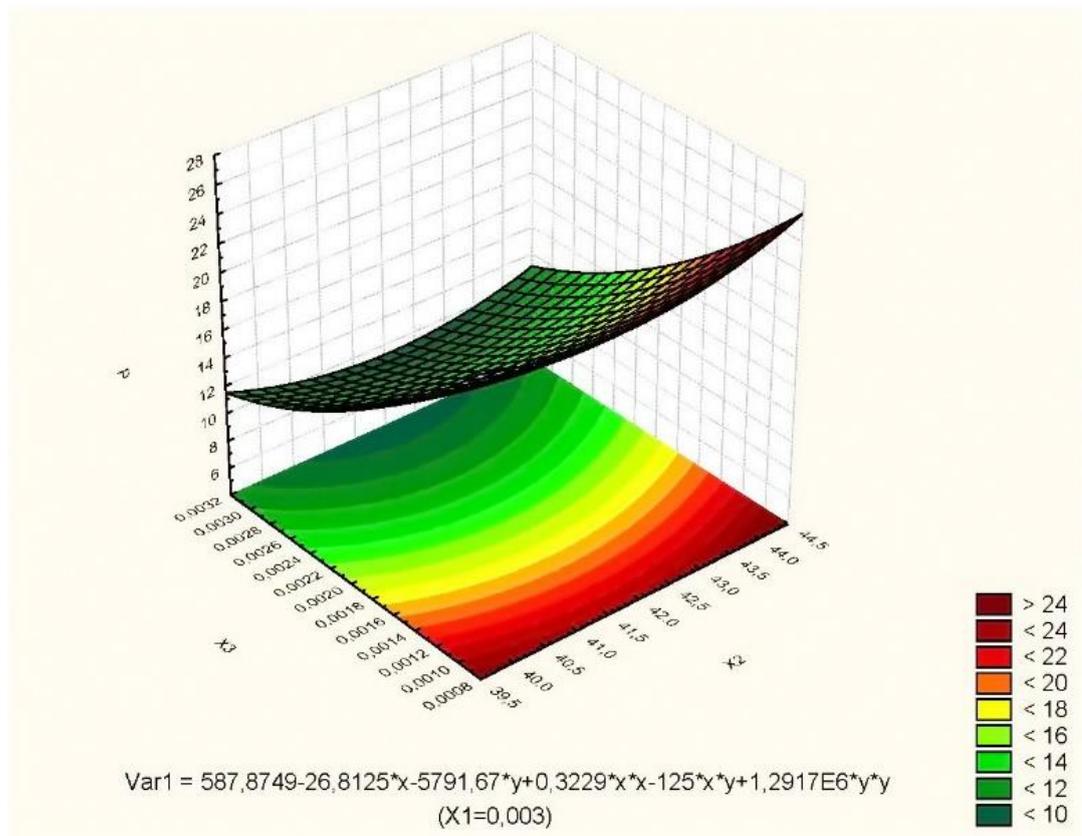


Рисунок 4.1 - Поверхность отклика, характеризующая величину давления сосковой резины на сосок в зависимости от вакуумметрического давления P и расстояния между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана s при различной ширине резинового крепления сосковой трубки b

Анализ графической зависимости (рис 4.2) показывает, что к уменьшению величины давления сосковой резины на сосок приводит увеличение ширины резинового крепления. Так, величина давления сосковой резины на сосок P_c при величине

рабочего вакуумметрического давления $P=42$ кПа, расстоянии между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана $s = 0,003$ м при ширине резинового крепления b , равного $0,003$ м, составила $10,0$ кПа.

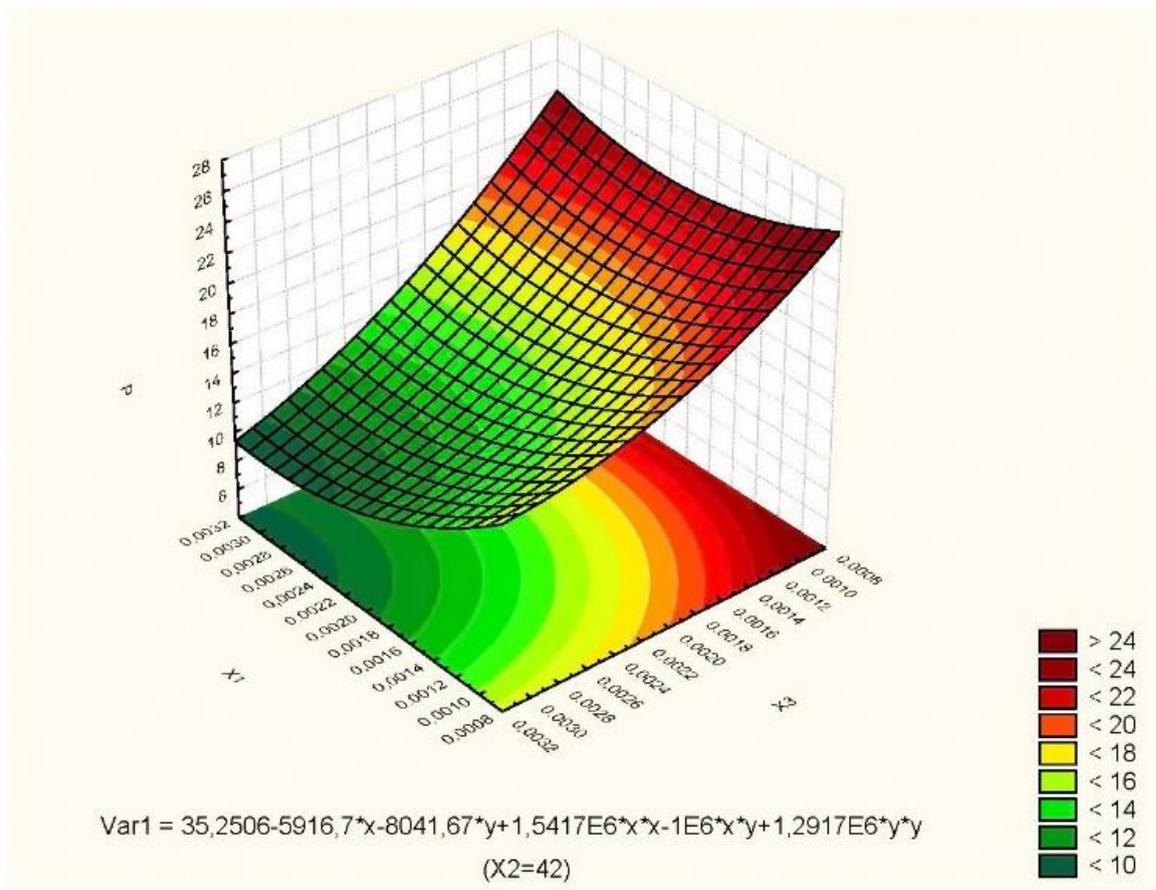


Рисунок 4.2 - Поверхность отклика, характеризующая величину давления сосковой резины на сосок в зависимости от ширины резинового крепления сосковой трубки b и расстояния между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана s при различном вакуумметрическом давлении P

Анализ графических зависимостей (рис 4.2) показывает, что к уменьшению величины давления сосковой резины на сосок приводит уменьшение величины рабочего вакуумметрического давления. Так величина, давления сосковой резины на сосок P_c при ширине резинового крепления $b = 0,002$ м и расстоянии между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана $s = 0,003$ м при величине рабочего вакуумметрического давления P , равного 42 кПа, составила соответственно $11,1$ кПа.

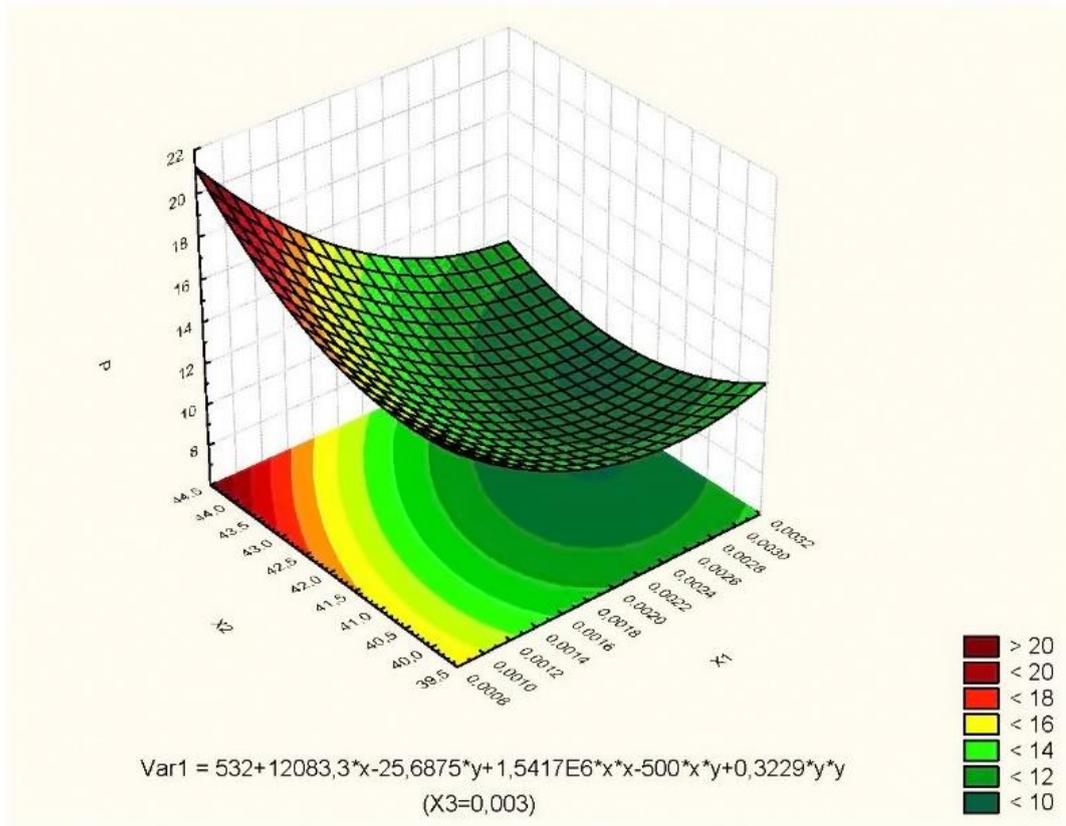


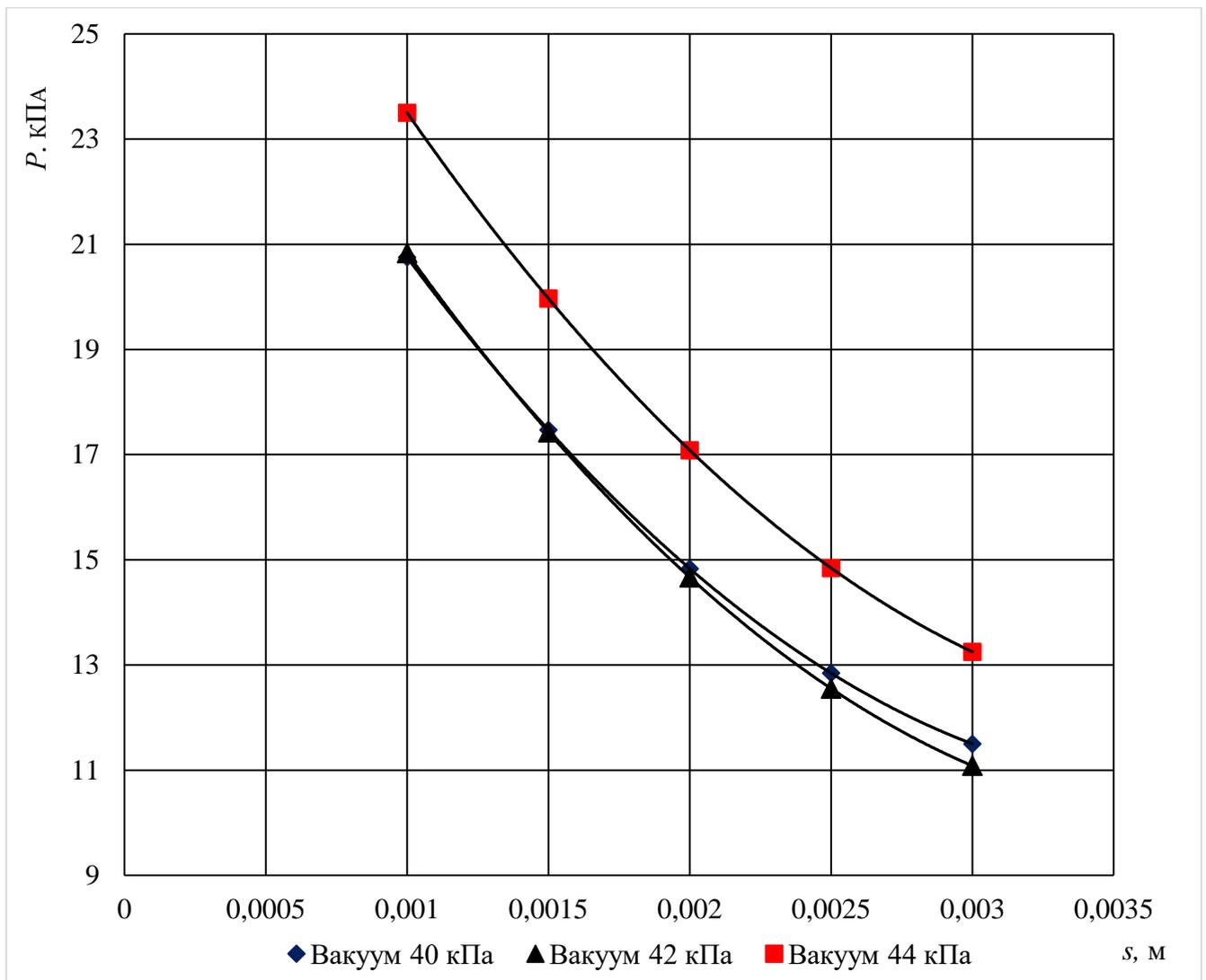
Рисунок 4.3 - Поверхность отклика, характеризующая величину давления сосковой резины на сосок в зависимости от вакуумметрического давления P (кПа) и ширины резинового крепления сосковой трубки b (м) при различном расстоянии между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана s (м)

Анализ графических зависимостей (рис 4.3) показывает, что к уменьшению величины давления сосковой резины на сосок приводит увеличение расстояния между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана. Так, величина давления сосковой резины на сосок P_c при величине рабочего вакуумметрического давления $P=42$ кПа и ширине резинового крепления $b = 0,003$ м при расстоянии между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана s , равном $0,002$ м составила соответственно $14,5$ кПа.

В результате установлено, что к уменьшению величины давления сосковой резины на сосок приводит увеличение расстояния между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана и ширины резинового крепления, а к увеличению - повышение величины рабочего вакуумметрического давления. Используя приведенные

графические зависимости, можно определить рациональные параметры доильного аппарата непрерывного доения, приняв величины вакуумметрического давления и давления сосковой резины на сосок для более физиологичного режима доения коров.

С целью определения численных значений рациональных факторов, при которых обеспечивается работоспособность аппарата и ограничивается давление сосковой резины на сосок в вышеприведенных пределах [52, 60], был проведен анализ сравнительных графических зависимостей факторов эксперимента, которые представлены на рис. 4.4 и 4.5 (табл. Ж 1, Ж 2 Приложения Ж).



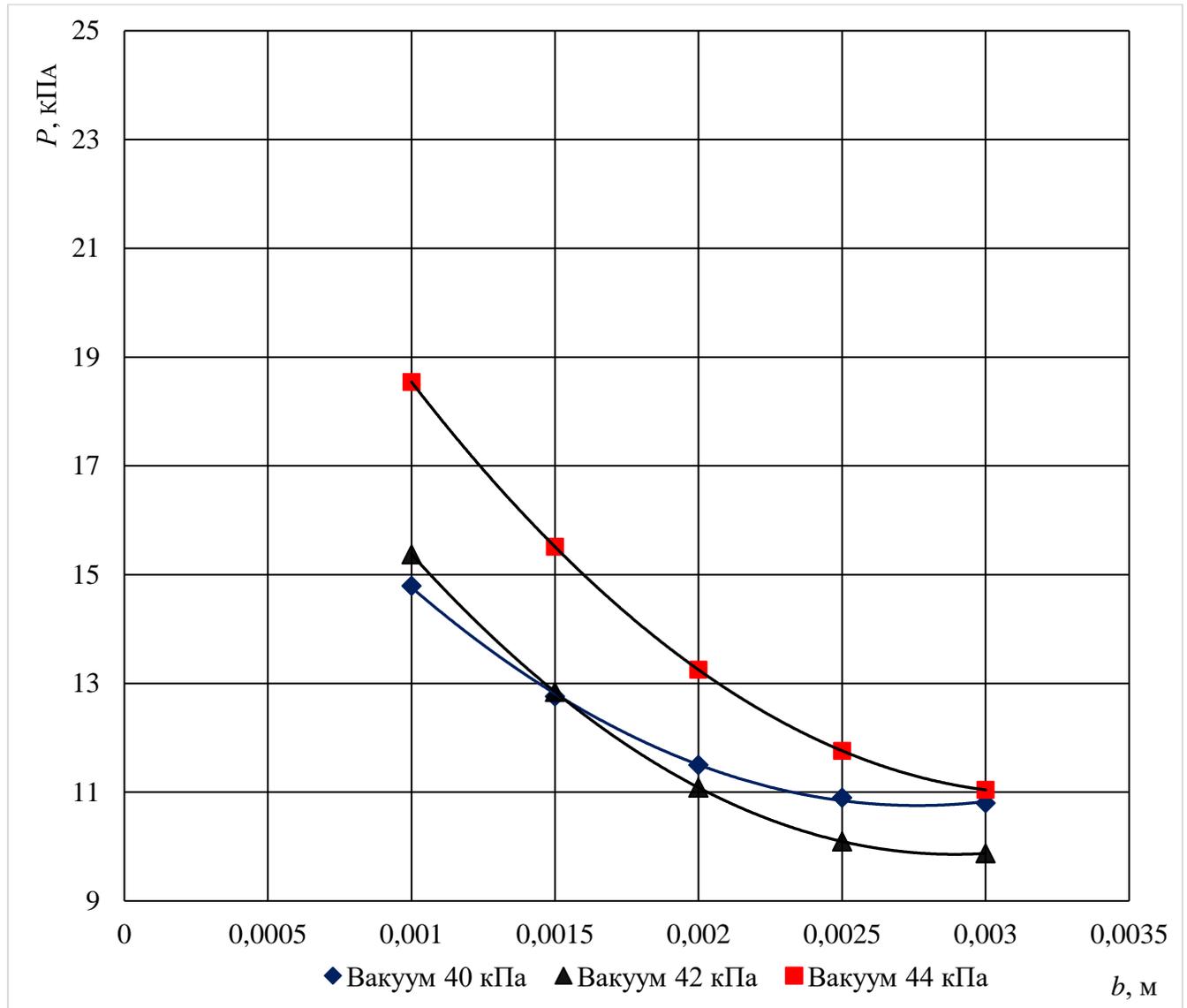
1) $y = 10^6 x^2 - 10292x + 32,501$; 2) $y = 10^6 x^2 - 9791,7x + 29,25$; 3) $y = 10^6 x^2 - 10042x + 29,584$ ($R^2 = 1$)

Рис. 4.4 - Графические зависимости величины давления сосковой резины на сосок от расстояния между сосковой трубкой и стенкой доильного

стакана при заданной ширине резинового крепления сосковой трубки $b = 0,002$ м и различном вакуумметрическом давлении P

Так задано оптимальное рабочее вакуумметрическое давление 40-42 кПа, ограничив давление сосковой резины на сосок в пределах 10-15 кПа.

В результате анализа зависимостей были определены следующие значения рациональных конструктивно-режимных параметров (табл. 4.2)



$$1) y = 2 \cdot 10^6 x^2 - 9916,7x + 26,917; 2) y = 2 \cdot 10^6 x^2 - 8916,7x + 22,751; 3) y = 2 \cdot 10^6 x^2 - 7178,5x + 20,675 \quad (R^2 = 1)$$

Рис. 4.5 - Графические зависимости величину давления сосковой резины на сосок от ширины резинового крепления сосковой трубки b при заданном расстоянии между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана $s = 0,003$ м и различном вакуумметрическом давлении P .

Таблица 4.2 Числовые значения рациональных значений конструктивно-режимных параметров

| ОБОЗНАЧЕНИЕ | НАИМЕНОВАНИЕ ПАРАМЕТРА | РАЦИОНЕЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ |
|-------------|--|-----------------------|
| s | Расстоянии между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана, м | 0,003 |
| b | Ширина резинового крепления сосковой трубки, м | 0,003 |
| P | Вакуумметрическое давление, кПа | 40...42 |

4.1.2 Результаты исследований по определению режимных параметров доильного аппарата непрерывного доения

Исследование производительности доильного аппарата производилось в соответствии с методикой, изложенной в разделе 3.2.3 главы 3.

Для экспериментальной проверки использовали специальный стенд, включающий искусственное вымя 3, испытуемый доильный аппарат 2, регулятор вакуума 8, вакуумметр 1, счетчик молока 5, кран 4, резервуар 7 (рис. 3.7, 3.8) Испытания проводили в соответствии с планом эксперимента, изложенным в разделе 3.4 (табл. 3.5).

Для получения уравнения регрессии с целью определения производительности доильного аппарата использовали двухуровневый план (вида 2^2) [66].

Результаты опытов и матрица планирования эксперимента 2^2 с целью определения производительности доильного аппарата при работе с соотношением тактов пульсатора 60/40 и 70/30 представлены в таблице 4.3. Данные, полученные по результатам опытов, приведены в табл. 3 1, 3 2 Приложения 3.

Для того чтобы воспользоваться уравнением (3.4) для получения математической модели высокой адекватности полученным экспериментальным данным, мы использовали программу «Mathematika 10» [106].

Таблица 4.3 - Матрица плана 2² проведения эксперимента

| Уровень и интервал варьирования | Факторы | | Критерий | |
|---------------------------------|---|------------------------------------|---|---|
| | Величина рабочего вакуумметрического давления P , кПа | Частота пульсаций вакуума f , Гц | Производительность аппарата с соотношением тактов 60/40 Q , л/мин | Производительность аппарата с соотношением тактов 70/30 Q , л/мин |
| | X_1 | X_2 | Y | Y |
| Верхний уровень (+) | 50 | 1,5 | – | |
| Нижний уровень (-) | 35 | 1,0 | – | |
| Интервал варьирования | 15 | 0,5 | – | |
| 1 | - | - | 2,17 | 2,61 |
| 2 | + | - | 3,23 | 3,26 |
| 3 | - | + | 2,01 | 2,78 |
| 4 | + | + | 2,80 | 4,03 |

Примечание * В программе величина рабочего вакуумметрического давления обозначена переменной X_1 , частота пульсаций вакуума - X_2 .

При обработке результатов измерений, с использованием компьютерной программы «Mathematika 10» (рис. 3 1, 3 2 Приложения 3), установлено, что экспериментальные данные определения производительности доильного аппарата при работе с соотношением тактов пульсатора 60/40 и 70/30 достаточно точно могут быть представлены в виде уравнения регрессии (e), которые соответственно имеют вид:

$$e = -1.24333 + 0.106667 x_1 + 0.94 x_2 - 0.036 x_1 x_2 \quad (4.2)$$

$$e = 3.55333 - 0.0366667 x_1 - 2.46 x_2 + 0.08 x_1 x_2 \quad (4.3)$$

где x_1 - величина рабочего вакуумметрического давления, P , кПа;

x_2 - частота пульсаций вакуума f , Гц.

Полученные уравнения регрессии позволяют найти величину объемного выхода молока в доильном аппарате непрерывного доения в пределах выбранных интервалов варьирования уровней факторов эксперимента. Далее проверим значимость отдельных коэффициентов математической модели регрессии по критерию Стьюдента, однородность - по критерию Кохрена и адекватность модели - по критерию Фишера по специально разработанной нами программе для ЭВМ.

Доказана существенность всех коэффициентов уравнения регрессии (4.2) (дисперсия воспроизводимости $S^2=0,0046$, дисперсия определения коэффициентов регрессии $S_A^2=0,0002$, число степеней свободы $\nu=16$, уровень значимости для инженерных расчетов принимается равным 5%, Приложение И) и всех коэффициентов уравнения регрессии (4.3) ($S^2=0,006$, $S_A^2=0,0003$, $\nu=16$, Приложение Н). При проверке коэффициентов уравнений регрессии (4.2) и (4.3) по критерию Кохрена установлена их однородность (сумма построчных дисперсий $\sum_{n=1}^N S_n^2 = 0,0184$; максимум построчных дисперсий $S_{n,max}^2 = 0,0078$; число степеней свободы $\gamma_1=4$ $\gamma_2=4$; $0,42 = \frac{0,0078}{0,0184} \leq 0,63$; Приложение К; $\sum_{n=1}^N S_n^2 = 0,0239$; $S_{n,max}^2 = 0,0074$; $\gamma_1=4$ $\gamma_2=4$; $0,31 = \frac{0,0074}{0,0239} \leq 0,63$; Приложение О). Адекватность математических моделей устанавливали по критерию Фишера (дисперсия воспроизводимости $S^2=0,0046$; дисперсия адекватности $\sigma_{ад}^2 = 0,00015$; число степеней свободы ($\gamma_1= 4$ и $\gamma_2=2$); $0,032 = \frac{0,00015}{0,0046} \leq 6,94$; Приложение Л; $S^2= 0,0059$; $\sigma_{ад}^2 = 0,000113752$; ($\gamma_1= 4$ и $\gamma_2=2$); $0,019 = \frac{0,0001137}{0,0059} \leq 6,94$; Приложение П;). Анализ данных показывает, что гипотеза об адекватности моделей принимается.

С помощью компьютерного статистического пакета программ “Statistica” построены графические зависимости частных сечений, характеризующие производительность аппарата (рис 4.6,4.7; Приложения М,Р).

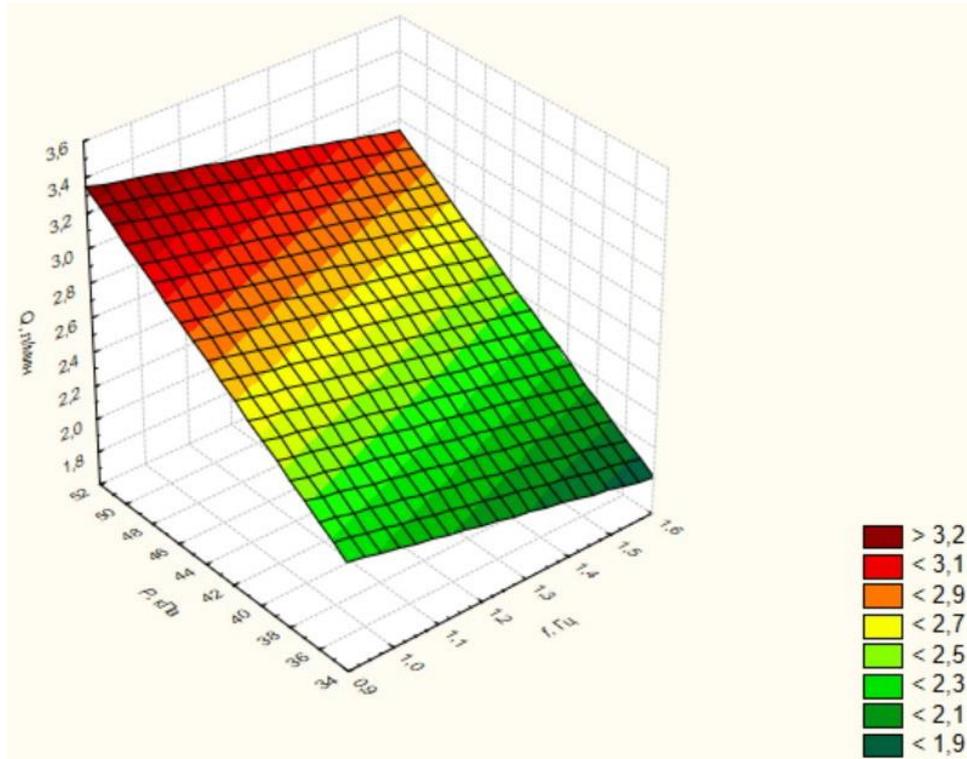


Рисунок 4.6 - Поверхность отклика, характеризующая величину производительности доильного аппарата Q в зависимости от вакуумметрического давления P и частоты пульсаций вакуума f при соотношении тактов пульсатора 60/40.

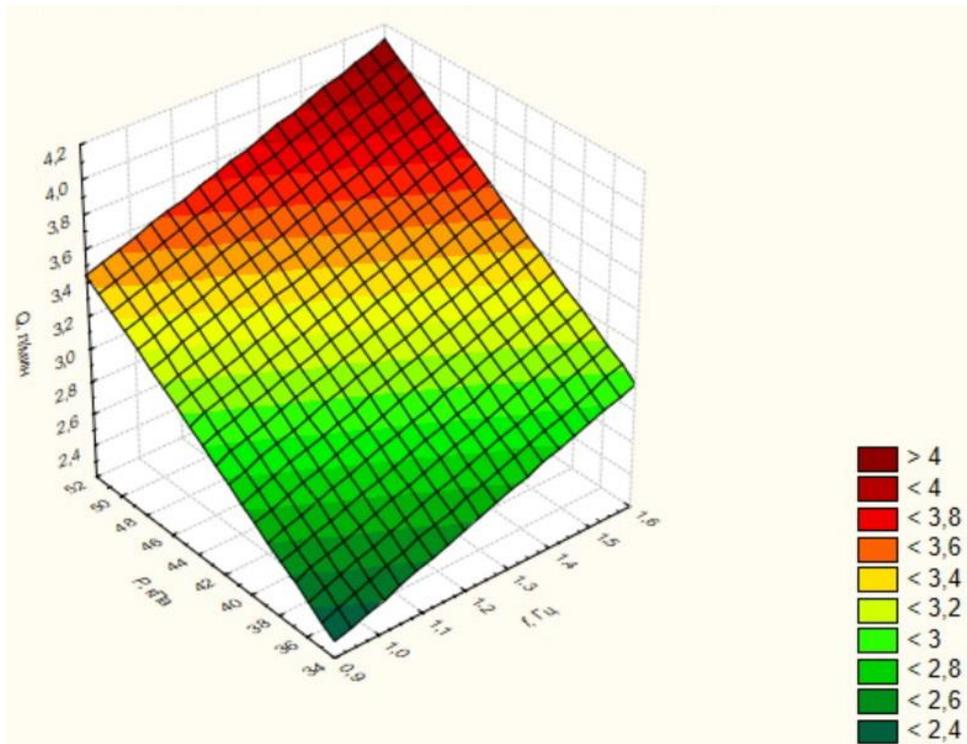
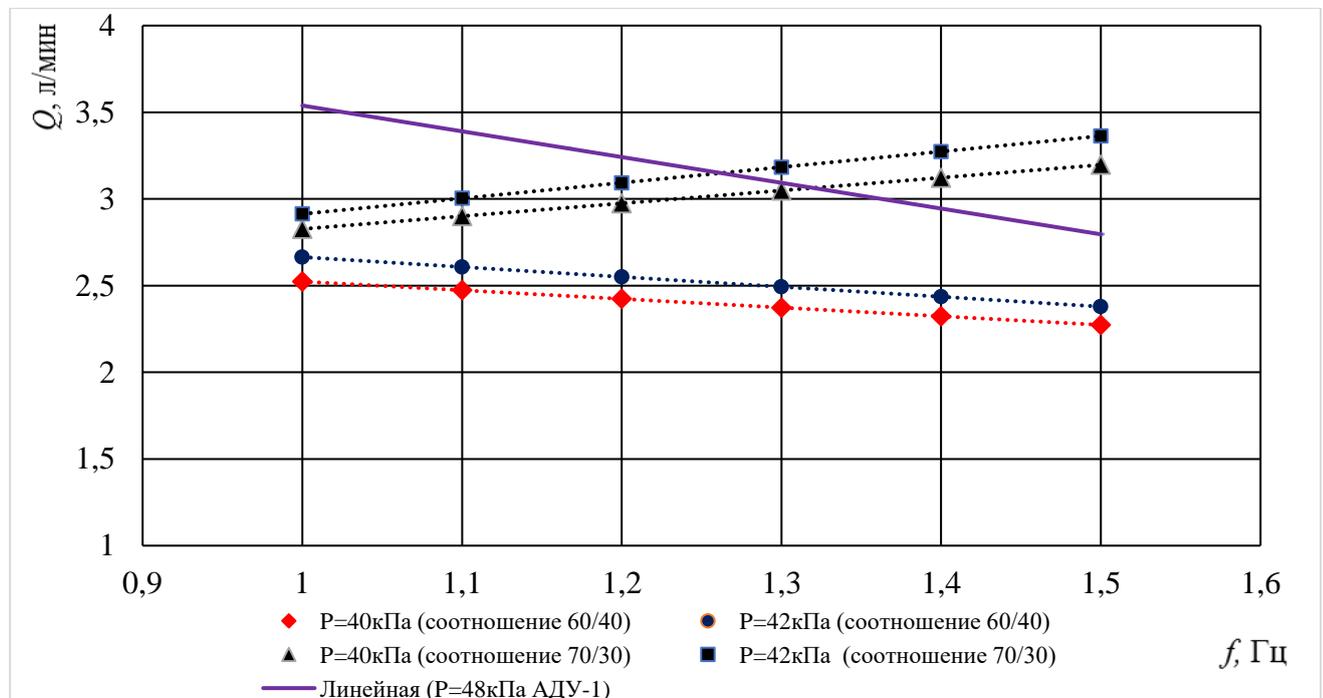


Рисунок 4.7 - Поверхность отклика, характеризующая величину производительности доильного аппарата Q в зависимости от вакуумметрического давления P и частоты пульсаций вакуума f при соотношении тактов пульсатора 70/30.

Анализ графических зависимостей (рис. 4.6 и 4.7) показывает, что к увеличению величины производительности аппарата приводит увеличение вакуумметрического давления. Однако увеличение частоты пульсаций вакуума f приводит к снижению производительности аппарата при работе с соотношением тактов пульсатора 60/40 и к увеличению производительности при работе с соотношением тактов пульсатора 70/30.

Для упрощения решения поставленной задачи был проведен анализ сравнительных графических зависимостей факторов эксперимента, которые представлены на рис. 4.8. (табл. Р 1 Приложения Р).



1) $y = -0,5x + 3,0233$; 2) $y = -0,572x + 3,2367$; 3) $y = 0,74x + 2,0867$;
4) $y = 0,9x + 2,0133$ ($R^2 = 1$)

Рисунок 4.8 - Сравнительные графические зависимости производительности доильного аппарата Q от частоты пульсаций вакуума f

В результате анализа были выявлены следующие числовые значения рациональных режимных параметров доильного аппарата непрерывного доения (табл. 4.4). Минимальное значение вакуумметрического давления, при котором наблюдается производительность аппарата непрерывного доения, соотносимая по величине с производительностью аппарата АДУ-1 при работе на заводских

режимных параметрах (рабочее вакуумметрическое давление - 48 кПа, частота пульсаций вакуума - 1 Гц), составляет 40 кПа при соотношении тактов 70/30 и частоте пульсаций вакуума 1,5 Гц.

Таблица 4.4 - Числовые значения рациональных режимных параметров

| ОБОЗНАЧЕНИЕ | НАИМЕНОВАНИЕ ПАРАМЕТРА | РАЦИОНЕЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ |
|-------------|--|-----------------------|
| P | Вакуумметрическое давление, кПа | 40 |
| f | Частота пульсаций вакуума, Гц | 1,5 |
| | Соотношение тактов сосания и сжатия, % | 70/30 |

4.1.3 Результаты сравнения теоретических и экспериментальных исследований

Подставляя требуемые значения входящих величин в формулы (2.9, 2.10, 2.31), описывающие теоретически полученные выражения давления сосковой резины на сосок от расстояния между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана, вакуумметрического давления и ширины резинового крепления сосковой трубки, построены зависимости.

С целью построения экспериментальной зависимости давления сосковой резины на сосок от расстояния между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана, вакуумметрического давления и ширины резинового крепления сосковой трубки в выражение (4.1) подставляли требуемые значения входящих величин (табл. Ж 3 Приложения Ж).

На рис. 4.9, 4.10, 4.11 представлены теоретическая и экспериментальная зависимость величины давления сосковой резины на сосок от выбранных факторов для оценки сходимости исследований.

Анализ графических зависимостей показывает, что в среднем ошибка сходимости результатов исследований не превышает 12%.

Следовательно, аналитические зависимости могут быть использованы для обоснования конструктивных параметров доильного аппарата непрерывного доения.

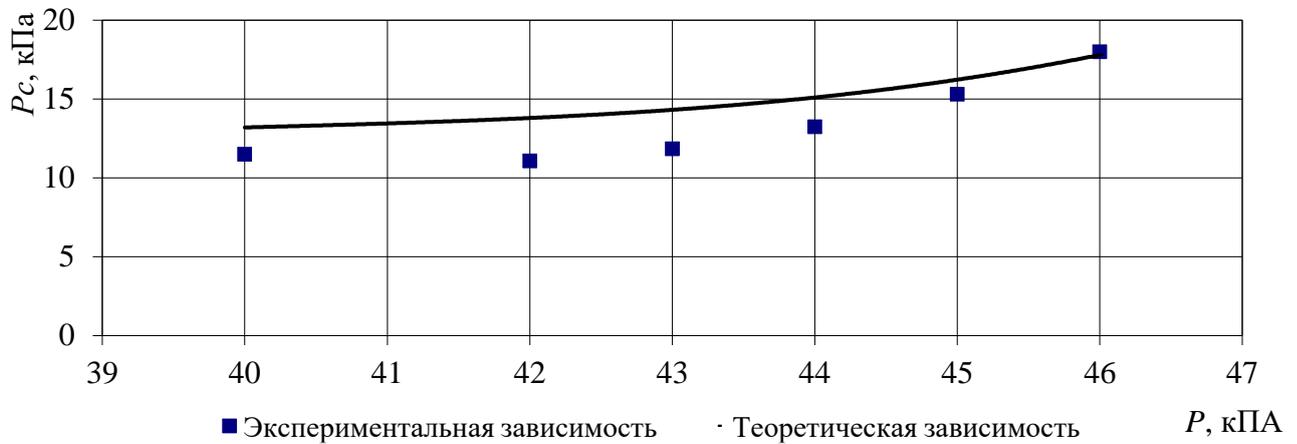


Рисунок 4.9 - Сравнительные графические зависимости величины давления сосковой резины на сосок от вакуумметрического давления

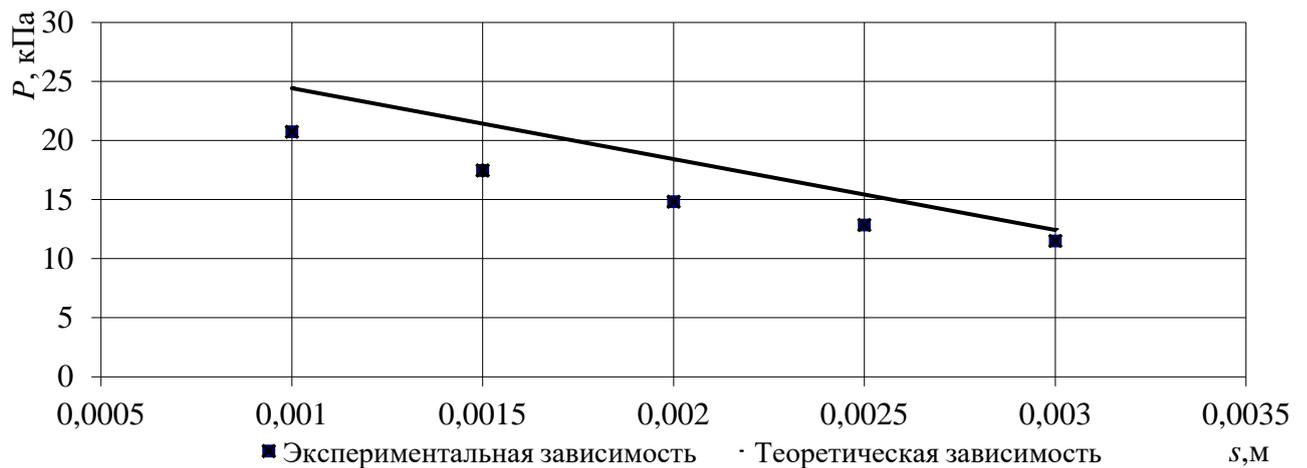


Рисунок 4.10 - Сравнительные графические зависимости величины давления сосковой резины на сосок от расстояния между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана

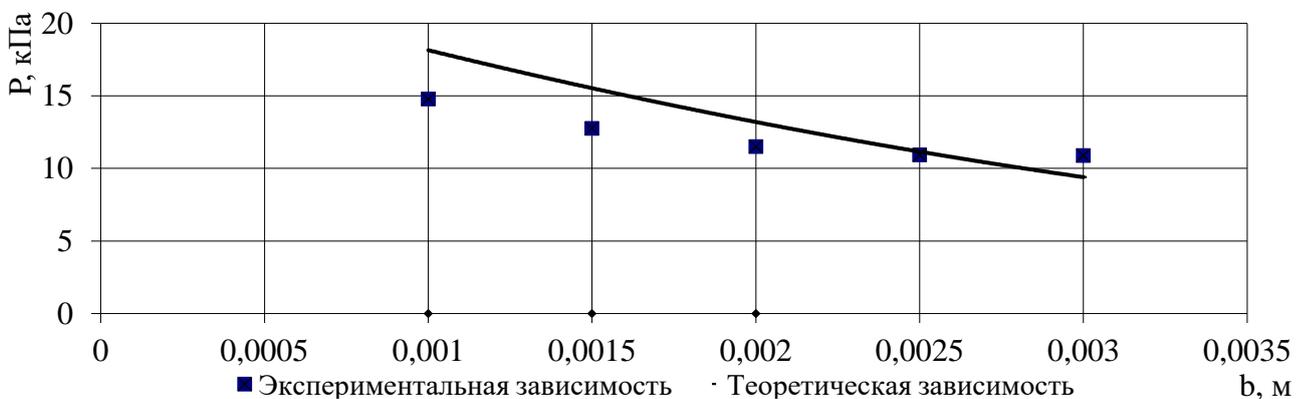


Рисунок 4.11 - Сравнительные графические зависимости величины давления сосковой резины на сосок от ширины резинового крепления сосковой трубки

Выводы

Проведенные лабораторные экспериментальные исследования доильного аппарата непрерывного доения позволяют сделать следующие выводы.

1. При обработке результатов многофакторного эксперимента получено уравнение регрессии для определения давления сосковой резины на сосок в зависимости от конструктивно-режимных параметров доильного аппарата. При табличном значении F-критерия Фишера, 6,26 расчетное значение равно 1,86. Посредством обработки данных установлены следующие рациональные конструктивно-режимные параметры доильного аппарата непрерывного доения: расстояние между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана - 0,003 м, ширина резинового крепления сосковой трубки 0,003 м, вакуумметрическое давление - 40...42 кПа.

2. При обработке результатов многофакторного эксперимента получено уравнение регрессии для определения производительности доильного аппарата в зависимости от режимных параметров. При табличном значении F-критерия Фишера, 6,94 расчетное значение равно 0,019. Посредством обработки данных установлены следующие рациональные режимные параметры доильного аппарата непрерывного доения: вакуумметрическое давление - 40 кПа, частота пульсаций вакуума - 1,5 Гц, соотношение тактов сосания и сжатия - 70/30.

3. На совмещенных графиках теоретической и фактической величины давления сосковой резины на сосок в зависимости от ширины резинового крепления сосковой трубки (см. рисунок 4.9), от расстояния между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана (см. рисунок 4.10) и от вакуумметрического давления (см. рисунок 4.11) видно, что фактическая величина давления сосковой резины на сосок существенно зависит от всех факторов. Расхождение в результатах полученных экспериментальным и теоретическим путем, не превышает 12%, что позволяет утверждать возможность использования данной зависимости при расчете аналогичных устройств.

5. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА НЕПРЕРЫВНОГО ДОЕНИЯ

5.1 Программа и методика производственных испытаний

В задачи исследований входило оценить работоспособность и выявить эффективность использования доильного аппарата непрерывного доения.

В программу исследований входило проведение сравнительных испытаний для определения следующих показателей:

- средний разовый удой на корову;
- средняя продолжительность доения коровы;
- средняя интенсивность молоковыведения.

Производственные испытания проведены на 2-х группах (контрольная и опытная) по 15 голов в каждой. Подопытные животные были распределены на группы по принципу парных аналогов и содержались на одном рационе. Учет вели по 10-12 животным в группе. В контрольной и опытной группе оператор машинного доения одновременно работал с двумя доильными аппаратами. Животных контрольной группы доили по типовой технологии доильными аппаратами ШРИБ.168.00.000 в молокопровод. Молочную продуктивность коров и продолжительность технологических операций учитывали путем проведения контрольных доек в течение двух смежных дней месяца. Для диагностики мастита брались пробы молока для исследований.

Для измерения величины удоя коров применялся электронный счетчик индивидуального учета молока СМ-16(И) с цифровым циферблатом отображения количества надоя молока (рис 5.1). Производственные испытания разработанного нами доильного аппарата непрерывного доения проводили на молочной ферме СХА “Эртильская” Эртильского района Воронежской области на коровах красно-пестрой породы с удоем свыше 3500 кг при привязном их содержании (приложение У).



Рисунок 5.1 - Электронный счетчик индивидуального учета молока СМ-16(И)

Производственные проверки усовершенствованной технологии на основе доильного аппарата непрерывного доения проводили с 20 февраля по 20 марта 2017 г.

На рисунке 5.2 представлен фрагмент производственной установки, включающей доильный аппарат непрерывного доения.

Подготовительные и заключительные операции на вымени животного выполняли согласно правилам машинного доения коров.

Возможность заболевания коров маститом определяли путем осмотра вымени в течение контрольных доек в начале, середине и конце опыта. Путем оценки реакции 5% раствора димастина с пробой молока проводилось выявление мастита у коров. Для этого использовалась молочно-контрольная пластинка МКП-2. Результаты проверки предлагаемой усовершенствованной технологии с применением доильных аппаратов непрерывного доения представлены в таблице 5.1.

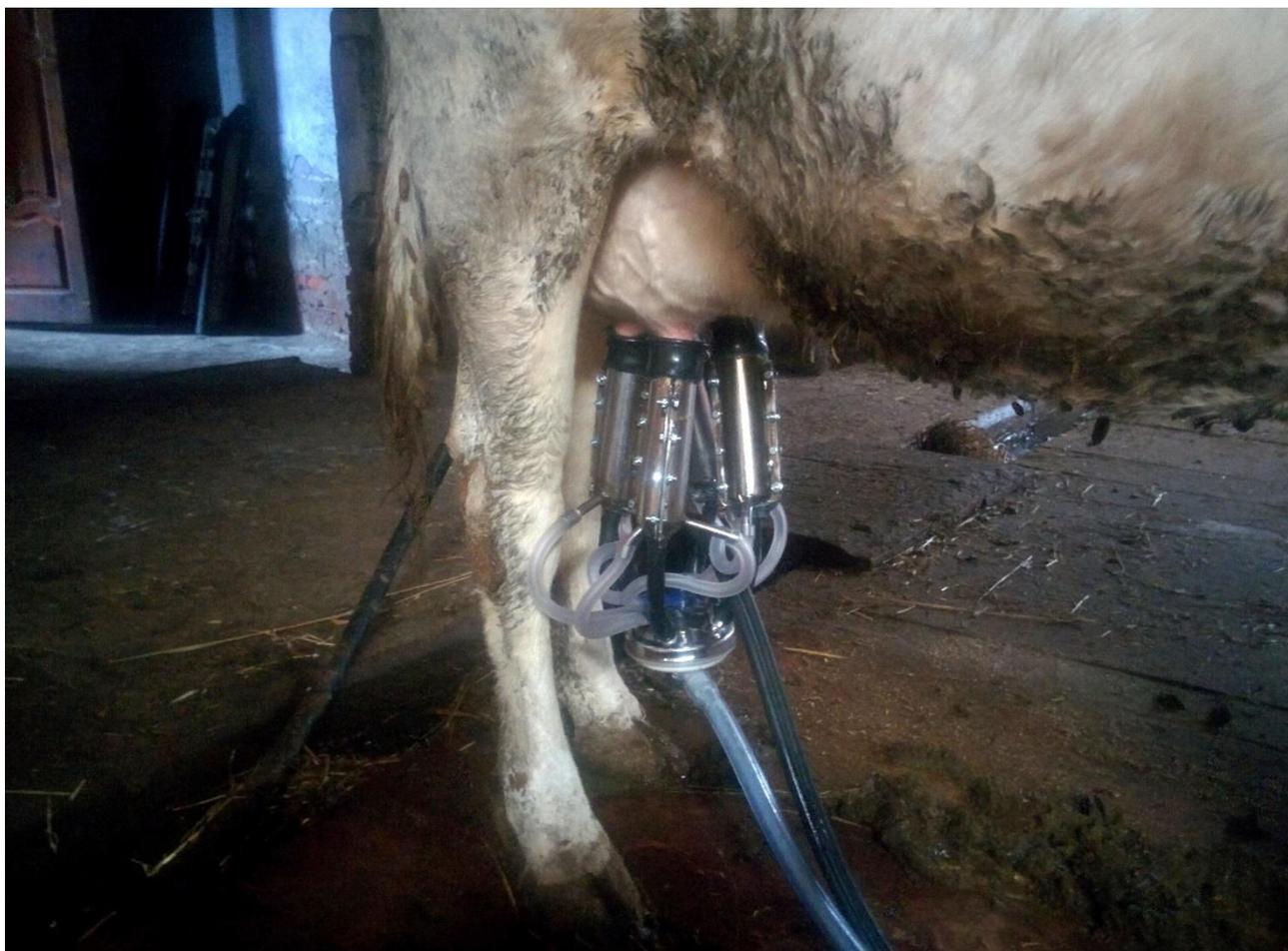


Рисунок 5.2 - Фрагмент производственной установки, включающей доильный аппарат непрерывного доения

Таблица 5.1 - Результаты производственной проверки технологий доения

| Показатели | Контрольная группа | Опытная группа | Разница, % |
|---|--------------------|----------------|------------|
| Продолжительность подготовительного периода, дней | 5 | 5 | - |
| Количество животных, гол | 12 | 12 | - |
| Средний разовый удой, кг | 6,34 | 6,90 | +8,80 |
| Средняя продолжительность доения, мин | 5,90 | 5,95 | +0,80 |
| Средняя интенсивность молоковыведения, кг/мин | 1,07 | 1,16 | +8,50 |
| Ручной додой, кг | 0,22 | 0,15 | -45,0 |
| Полнота выдаивания, % | 96,50 | 97,82 | |

Из данных таблицы 5.1 видно, что разовый удой и интенсивность доения по предлагаемой технологии с применением доильных аппаратов непрерывного доения выше, чем при типовой, соответственно на 8,8 и 8,5% ($P > 0.95$). Проверка выдоенности коров после снятия доильного аппарата осуществлялось путем ручного дооя. Ручной додой коров опытной группы составил 100 - 150 г, а контрольной - 200 - 220 г. Результаты производственных испытаний предлагаемой технологии с использованием доильных аппаратов непрерывного доения не выявили случаев заболевания маститом, а типовой – два случая. В целом производственные испытания усовершенствованной технологии с применением доильного аппарата непрерывного доения показали ее достаточную эффективность.

Коровы спокойно переносили воздействия доильного аппарата, осуществляющего одностороннее сжатие соска с непрерывным отсосом молока. Воздействия экспериментального доильного аппарата не вызывали никаких патологических изменений вымени животных.

Главное преимущество экспериментального доильного аппарата состоит в том, что он дает возможность повысить эффективность доения за счет непрерывного отсоса, позволяя воздействовать на соски вымени рабочим вакуумметрическим давлением 40 кПа с сохранением необходимой производительности и безопасности доения, а также улучшить стимуляцию молокоотдачи за счет попеременного сжатия соска, имитирующего положение языка теленка в такте сосания, с одновременным выжиманием и отсосом молока при неполном сжатии сосковой трубки. Кроме того, дополнительным стимулирующим фактором является некоторое раскачивание доильных стаканов в процессе доения за счет попеременного сжатия соска то с одной, то с другой стороны стенки стакана.

5.2 Экономическая эффективность использования доильного аппарата непрерывного доения

Оценка экономической эффективности с использованием доильного аппарата непрерывного доения на доильных установках типа АДМ-8 проводился по данным прошедшего периода лактации на ферме СХА “Эртильская” Эртильского района Воронежской области и по результатам производственных испытаний.

Цель расчета экономической эффективности заключается в определении целесообразности внедрения в производство технологии с использованием доильного аппарата непрерывного доения в течение определенного периода времени. Будем считать, что проект рассчитан на 5 лет.

Все необходимые формулы для определения экономической эффективности взяты из литературных справочных источников [64, 67].

Экономический эффект от использования доильных аппаратов непрерывного доения обеспечивается двумя факторами:

отсутствием потерь молока и соответственно снижением его себестоимости;

снижением затрат на лечение субклинического мастита.

Расчет экономической эффективности произведен с использованием компьютерной программы математического анализа и статистики «Excel 2016» согласно нижеприведенным формулам.

Объектом для сравнения проектной разработки (технология с разработанными доильными аппаратами непрерывного доения) является базовый вариант технологии доения в хозяйстве.

Балансовая стоимость оборудования определяется по формуле

$$B_э = Ц \cdot E, \quad (5.1)$$

где Ц - цена машины, руб;

E - коэффициент, который учитывает затраты на монтаж, транспортировку и другие работы, E=1,3.

Цена серийной установки АДМ-8 со стеклянным молокопроводом на 200 составляет $C=480000$ руб. Доильную установку необходимо оснастить доильными аппаратами ШРИБ.168.00.000 стоимостью 3100 руб, соответственно комплект из 16 аппаратов будет стоить 530000 руб.

Балансовая стоимость доильной установки для типовой технологии машинного доения определяется по формуле:

$$B_э = 530000 \cdot 1,3 = 689000 \text{ руб.}$$

Проектная разработка отличается от базовой конструкцией доильных аппаратов.

Предлагаемые доильные аппараты в отличие от серийных имеют новую конструкцию доильного стакана, позволяющую разделить межстенную камеру на две части с воздушным патрубком в каждой, которая дает возможность непрерывного отсоса молока с его одновременным выжиманием в результате одностороннего сжатия соска. Стоимость доильного аппарата ШРИБ.168.00.000 составляет 3100 рублей, стоимость предлагаемого доильного аппарата (АНД) при его изготовлении – 13000. Поскольку на доильную установку потребуются комплект доильных аппаратов из 16 штук (208000 рублей), то ее стоимость составит 688000 рублей.

Балансовая стоимость проектной доильной установки составит:

$$B_э = 688000 \cdot 1,3 = 894000 \text{ руб}$$

Для экономической оценки использованы следующие основные показатели:

- дополнительный чистый доход;
- инвестиционный эффект за один год эксплуатации проекта;
- экономический эффект за весь период эксплуатации проекта;
- коэффициент эффективности инвестиционных вложений;
- срок окупаемости вложений;
- цена спроса на ресурсы для реализации проекта.

Исходная информация приведена в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Исходные данные

| Показатели | Варианты | |
|---|------------------------------|----------------------------|
| | базовый (АДМ-8) с ШРИБ | проект (АДМ-8) с АНД |
| Количество помещений для скота, шт. | 2 | 2 |
| Поголовье коров, гол. | 200 | 200 |
| из них болело маститом в год, гол | 20 | 0 |
| Количество дней доения по технологии | 300 | 300 |
| Среднесуточный удой, кг | 12,4 | 12,8 |
| Среднегодовой удой на фуражную корову, кг | 3804 | 4140 |
| Себестоимость 1 ц проданного молока, руб./ц | 1600 | - |
| Цена реализации молока населению, руб./ц | 2000 | 2000 |
| Уровень товарности, % | 89 | 89 |
| Накладные расходы в % от основных затрат | 14,5 | 14,5 |
| <i>Машины и оборудование: доильные установки</i> | | |
| Марка доильной установки | базовый (АДМ-8) с ШРИБ | проект (АДМ-8) с АНД |
| Количество доильных установок, шт. | 2 | 2 |
| Количество доильных аппаратов, шт. | 16 | 16 |
| Мощность электродвигателей одного агрегата, кВт | 10 | 10 |
| Длительность 1 дойки, ч | 2 | 2 |
| Кратность доения в сутки | 2 | 2 |
| Стоимость 1 доильной установки, руб. | 689000 | 894000 |
| Норма амортизационных отчислений, % | 14,3 | 14,3 |
| Норма отчислений на ТО и ремонт, % | 11,4 | 11,4 |
| Срок службы, лет | 5 | 5 |
| <i>Обслуживающий персонал, затраты и оплата труда</i> | | |
| Численность работников, чел. | | |
| оператор машинного доения | 4 | 4 |
| ветврач | 1 | 1 |
| Оплата труда с начислениями, руб./чел. - ч: | | |
| ветврач | 85 | 85 |
| оператор машинного доения | 90 | 90 |
| Время работы в течение 1 дойки, ч | | |
| оператор машинного доения | 2 | 2 |
| <i>Дополнительная информация</i> | | |
| Учетная ставка банка, % | 20 | 20 |
| Стоимость электроэнергии, руб./кВт - час | 4,9 | 4,9 |

В таблице 5.3 выполнен расчет размера капитальных вложений, необходимых для реализации проекта.

Таблица 5.3 - Размер капитальных вложений

| Показатели | Варианты | |
|----------------------------------|----------|---------|
| | Базовый | Проект |
| Стоимость основных средств, руб. | | |
| доильные агрегаты | 1378000 | 1788000 |
| реконструкция зданий, сооружений | - | - |
| ИТОГО основных средств | 1378000 | 1788000 |
| Капитальные вложения | | 410000 |

Для реализации проекта необходимо 410 тыс. руб. капитальных вложений. Оценка экономии затрат живого труда приведена в таблице 5.4.

На серийной и экспериментальной доильной установке затраты ручного труда одинаковые (подготовительные и заключительные операции на вымени) и составляют 2 мин на корову.

Таблица 5.4 - Расчёт экономии затрат труда и фонда оплаты труда

| Показатели | Варианты | |
|---|----------|--------|
| | Базовый | Проект |
| Количество операторов машинного доения, чел. | 4 | 4 |
| Затраты труда оператором на процесс доения за год, чел. - ч | 4800 | 4800 |
| Валовой надой молока, ц | 7608 | 8280 |
| Затраты труда на 1 ц молока, чел. - ч | 0,63 | 0,58 |
| Экономия затрат труда в расчете на 1 ц, чел. - ч | x | 0,05 |
| Экономия затрат труда за год, чел. - ч | x | 424 |
| Оплата труда с начислениями, руб./чел. - ч: | | |
| оператор машинного доения | 80 | 80 |
| Годовой фонд оплаты труда работников, руб. | 384000 | 384000 |
| Оплата труда в расчете на 1 ц молока, руб. | 50,47 | 46,38 |
| Экономия оплаты труда в расчете на 1 ц молока, руб. | x | 4,10 |
| Годовая экономия фонда оплаты труда, руб. | x | 33918 |
| Трудоемкость доения, чел. - ч/гол | 24,0 | 24,0 |

За счет увеличения надоя молока экономия затрат труда на 1 ц молока составит 0,05 чел.-ч, экономия затрат труда за год - 424 чел.- ч; годовая экономия фонда оплаты труда составит 33,91 тыс. руб. в год.

Предложенная проектная разработка затрагивает несколько элементов затрат по технологическому циклу работ (таблица 5.5).

Таблица 5.5 - Эксплуатационные издержки по комплексу оборудования для процессов доения, (руб.)

| Показатели | Варианты | |
|---|----------|---------|
| | Базовый | Проект |
| Оплата труда с начислениями | 384000 | 384000 |
| Ремонт основных средств | 157092 | 203832 |
| Амортизация основных средств | 197054 | 255684 |
| Электроэнергия | 117600 | 117600 |
| Затраты на лечение мастита за год | 7495 | 0 |
| затраты на медикаменты | 5200 | 0 |
| затраты на оплату труда | 1700 | 0 |
| затраты на отчисления в социальное страхование, пенсионный фонд и медицинское страхование (35%) | 595 | 0 |
| ИТОГО прямых затрат | 863241 | 961116 |
| Накладные расходы | 129486 | 144167 |
| ВСЕГО затрат на процессы доения и лечение мастита | 992727 | 1105283 |
| Дополнительные эксплуатационные издержки | x | 112556 |

По проекту наблюдается увеличение эксплуатационных издержек на сумму 112,56 тыс. руб.

Годовой экономический эффект использования экспериментального оборудования от увеличения продуктивности животных определится по формуле

$$\mathcal{E}_n = [П_1 - (И_6 + E_n \cdot K_1)] - [П_2 - (И_n + E_n \cdot K_2)] \quad (5.2)$$

где $П_1$ и $П_2$ – стоимость молока по сравниваемым вариантам в закупочных ценах, руб.:

$$П_1 = q_b \cdot M \cdot Ц_m \quad (5.3)$$

$$П_2 = q_n \cdot M \cdot Ц_m \quad (5.4)$$

Здесь q_b и q_n - годовая продуктивность животных при доении базовым доильным аппаратом и экспериментальным; M – численность коров, обслуживаемых одним аппаратом; C_m – закупочная цена 1 ц молока, руб;

I_6 и I_n – годовые эксплуатационные затраты, руб; E_n – нормативный коэффициент эффективности; K_1 и K_2 – капитальные вложения по сравниваемым вариантам, руб;

Экономический эффект за счет снижения затрат на лечение мастита.

Суммарные затраты за время болезни коровы маститом

$$\Delta_{ГЛ} = Z_b + П_n, \quad (5.5)$$

где Z_b - затраты на ветеринарные мероприятия, руб; $П_n$ – прибыль, недополученная от потерь молока, руб;

$$Z_b = MЗ + ОТ + ОСС + ОПФ + ОМС + ОНС, \quad (5.6)$$

где – $MЗ$ и $ОТ$ соответственно материальные затраты на медикаменты и оплату труда, руб.; $ОСС$, $ОПФ$, $ОМС$, $ОНС$ – соответственно отчисления от оплаты труда на социальное страхование (3,9%), в пенсионный фонд (28%), на медицинское страхование (2,1%), в фонд от несчастных случаев (1%) руб.

Мастит у коров в хозяйстве лечили препаратом “Синулокс LC” стоимостью 65 руб. Данный препарат вводится четыре раза через 12 часов. За период лактации было выявлено 30 случаев заболевания субклиническим маститом.

Прибыль, недополученную от потерь молока, найдем по формуле

$$П_n = K_3 \cdot P \cdot T \cdot C, \quad (5.7)$$

где K_3 - количество заболевших животных, голов; P - среднесуточный удой в расчете на одну голову, л; T - средняя продолжительность заболевания, дни; C - средняя цена реализации 1л молока, руб.

Общий годовой эффект применения новой технологии доения найдем по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{го}} = \mathcal{E}_{\text{гл}} + \mathcal{E}_{\text{п}} \quad (5.8)$$

В таблице 5.6 выполнен расчет себестоимости молока, а также проведена оценка годового инвестиционного эффекта от реализации проекта мероприятий.

Таблица 5.6 - Себестоимость продукции и инвестиционный эффект за год

| Показатели | Варианты | |
|--|--------------|--------------|
| | Базовый | Проект |
| Валовой надой молока, ц | 7608 | 8280 |
| в том числе товарное молоко, ц | 6771 | 7369 |
| Производственные затраты - всего, руб. | 12172800 | 12285356 |
| в т. ч. на доение и лечение мастита | 992727 | 1105283 |
| Себестоимость 1 ц молока, руб./ц | 1600 | 1484 |
| Цена продукции (по нетоварной - себестоимость), руб./ц молоко на реализацию населению | 2000 | 2000 |
| Стоимость продукции (молоко на реализацию населению), руб.: | 13542240 | 14738400 |
| Недополученная прибыль от потерь молока из-за мастита, руб. | 10144 | - |
| Прибыль, руб. | 1 359 296,00 | 2 453 043,75 |
| Средний размер налогов (24%), руб. | 326 231,04 | 588 730,50 |
| Чистая прибыль (после уплаты налогов), руб. | 1 033 064,96 | 1 864 313,25 |
| Дополнительная чистая прибыль, руб. | x | 831 248,29 |
| Амортизация капитальных вложений, руб. | x | 58 630,00 |
| Инвестиционный эффект за год, руб. | x | 889 878,29 |

По расчетам себестоимость молока в целом незначительно снизилась (с 1600 до 1484 руб./ц). Инвестиционный эффект за год составит 889,88 тыс. руб.

Показатели эффективности проекта будут рассчитаны для ставки банковского процента (20%) в таблице 5.7.

Определим экономический эффект за срок полезного использования проекта по формуле

$$K_T = P_{rt} \cdot \frac{(1 + NS)^T - 1}{NS} \quad (5.9)$$

где P_n - экономический эффект за один год службы, руб.

T - срок реализации проекта, лет;

NS - коэффициент, отражающий учетную годовую ставку процента по кредитам в банке.

Среднегодовой коэффициент эффективности капиталовложений определяем по формуле [64, 67]

$$E_T = \sqrt[T]{\frac{K_T}{K_O}} \quad (5.10)$$

Определим срок окупаемости капиталовложений по формуле:

$$T_{ок} = \frac{-\ln\left(1 - \frac{K_O \cdot NS}{P_{rt}}\right)}{\ln(1 + 0,20)} \quad (5.11)$$

Таблица 5.7 - Показатели эффективности проекта

| Показатели | Ставка процента банка, % |
|---|-----------------------------|
| | 20 |
| Срок эксплуатации проекта, лет | 5 |
| Инвестиционные вложения, тыс. руб. | 522,6 |
| в т.ч.: капитальные | 410,0 |
| текущие | 112,6 |
| Инвестиционный эффект за год, тыс. руб. | 890 |
| Эффект за срок эксплуатации, тыс. руб. | 6622,1 |
| Цена спроса на ресурсы для проекта, тыс. руб. | 2661,3 |
| Коэффициент эффективности вложений | 0,662 |
| Срок окупаемости, год | 0,69 |

В результате при 20% ставке банковского предложения за кредит:

- годовой коэффициент эффективности капитальных вложений выше ставки банковского процента ($E_t = 0,662$) $>$ ($NS = 0,2$);

- цена спроса на основные средства для реализации проекта выше оцененной стоимости приобретения оборудования и реконструкции помещений ($DP = 2661,5$ тыс. руб.) $>$ ($K_0 + C_0 = 522,8$ тыс. руб.);
- срок окупаемости капитальных вложений не превысит срока эксплуатации проекта, а в диапазоне действующих ставок (до 30%) не превысит двух месяцев ($T_{ок} = 0,69$) $<$ ($T = 5$).

Таблица 5.8 - Показатели экономической эффективности использования доильного аппарата непрерывного доения

| Показатели | Варианты | |
|---|------------------------|----------------------|
| | базовый (АДМ-8) с ШРИБ | проект (АДМ-8) с АНД |
| Период реализации проекта, лет | - | 5 |
| Инвестиционные вложения, тыс. руб.: | - | 522,6 |
| в том числе: капитальные вложения | - | 410,0 |
| Поголовье скота, гол | 200 | 200 |
| Продуктивность, ц/гол | 38,04 | 41,4 |
| Трудоемкость доения на 1 ц молока, чел. - ч/ц | 0,63 | 0,58 |
| Себестоимость молока, руб./ц | 1600 | 1484 |
| Инвестиционный эффект за год, тыс. руб. | - | 889,9 |
| Эффект за срок эксплуатации, тыс. руб. | - | 5653,3 |
| Цена спроса на ресурсы для реализации проекта, руб. | - | 2661,3 |
| Коэффициент эффективности вложений | - | 0,610 |
| Срок окупаемости, год | - | 0,69 |

Выводы

Проведенные исследования усовершенствованной технологии доения с использованием доильного аппарата непрерывного доения позволяют сделать следующие выводы.

1. Производственные испытания показали, что доильный аппарат непрерывного доения дает возможность повысить эффективность доения за счет непрерывного отсоса, позволяя воздействовать на соски вымени рабочим вакуумметрическим давлением 40 кПа с сохранением необходимой производительности и безопасности доения.

2. Установлено, что при доении по усовершенствованной технологии с использованием доильного аппарата непрерывного доения, по сравнению с серийным повысились разовый удой и интенсивность доения соответственно на 8,8 и 8,5% ($P > 0.95$).

3. Предложенная усовершенствованная технология доения коров с применением доильных аппаратов непрерывного доения обеспечивает лучшую полноту выдаивания (97,82% против 96,5%) и снижение заболеваемости маститом.

4. Результаты оценки экономической эффективности показывают, что применение усовершенствованной технологии доения коров, с использованием доильных аппаратов непрерывного доения, позволяет получить годовой экономический эффект в размере 889 878 руб. из расчета на 200 коров. Срок окупаемости составляет 0,69 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Подтверждено, что производительность доильного аппарата зависит от коэффициента тактности, который для двухтактных доильных аппаратов составляет $0,5 \dots 0,7$, поэтому для повышения эффективности машинного доения коров перспективно создание аппарата непрерывного доения ($k_T=1$), обеспечивающего необходимую стимуляцию молокоотдачи.

2. Доильный аппарат непрерывного доения должен содержать пульсатор попарного доения, коллектор с молочной и распределительной камерами и доильные стаканы, молочные и воздушные трубки. Доильные стаканы включают сосковую трубку и гильзу с молочными и воздушными патрубками. В гильзе каждого доильного стакана выполнены диаметрально расположенные выступы с трапециевидными проточками, что позволяет разделить межстенные камеры стакана на две изолированные друг от друга части, в каждой из которых имеется воздушный патрубок. Сосковые трубки имеют диаметрально расположенные продольные ребра, установленные в проточках продольных выступов гильзы стакана.

3. Теоретически доказано, что вакуумметрическое давление, необходимое для работы предлагаемого доильного аппарата, зависит от его конструктивных параметров: ширины, глубины ребра и внешнего радиуса сосковой трубки, расстояния между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана, а также от модуля упругости резинового крепления. Теоретически установлено, что давление сосковой резины на сосок зависит от ее конструктивных параметров: длины и толщины в рабочем положении, ее внутреннего и внешнего радиуса и натяжения в доильном стакане, а также физико-механических свойств материалов: коэффициентов объемной упругости соска вымени коровы и сосковой резины, и при вакуумметрическом давлении $p_B=40-42$ кПа оно соответствует зоотехническим требованиям (10-15 кПа).

Теоретически доказано, что скорость выведения молока на выходе из соска зависит от давления молока в цистерне железы, вакуумметрического давления в

подсосковой камере и давления, возникающего в результате одностороннего сжатия соска, а также от геометрических размеров соска вымени коровы.

4. Экспериментами подтверждена достоверность теоретических положений по определению конструктивно-режимных параметров доильного аппарата, необходимых для его нормальной работы. При обработке результатов многофакторного эксперимента получено уравнение регрессии для определения давления сосковой резины на сосок в зависимости от конструктивно-режимных параметров аппарата. При табличном значении F-критерия Фишера, 6,26 расчетное значение равно 1,86. Посредством обработки данных установлены следующие рациональные конструктивно-режимные параметры доильного аппарата непрерывного доения: расстояние между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана 0,003 м, ширина резинового крепления сосковой трубки - 0,003 м, вакуумметрическое давление – 40-42 кПа.

В результате проведения многофакторного эксперимента получено уравнение регрессии для определения производительности доильного аппарата в зависимости от режимных параметров. При табличном значении F-критерия Фишера 6,94 расчетное значение равно 0,019. Посредством обработки данных установлены следующие рациональные режимные параметры доильного аппарата непрерывного доения: вакуумметрическое давление - 40 кПа, частота пульсаций вакуума 1,5 Гц, соотношение тактов сосания и сжатия - 70/30.

5. Результаты производственных испытаний свидетельствуют о том, что разработанный доильный аппарат во время работы обеспечивает устойчивое выведение молока у коровы, позволяя за счет непрерывного отсоса молока обеспечить необходимую производительность и безопасность доения. Применение разработанного доильного аппарата повышает разовый удой и интенсивность доения соответственно на 8,8 и 8,5%. Расчетный годовой экономический эффект за счет внедрения доильного аппарата на молочной ферме с поголовьем 200 коров составит 889 878 руб. при сроке окупаемости 0,69 года.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Afrosi et al. F. Pathologic changes in the Milk and Udder of Cows with Mastitis. // Jourae Amer. Vet. – Med. Assoc. Vol. 170, 1990. - № 10. – P. 1137 – 1142.
2. Alexander H., Marlow B., Kutz H. An investigation of retrograde flow in machine milking // Proc. 28th Annu. Conf. Eng. Med. and Biol., "New Orleans, La, 1975, v. 17" Chevy chasc", Md., - 1975. – p. 273.
3. Bijl, R., S. R. Kooistra, and H. Hogeveen, 2007, The Profitability of Automatic Milking on Dutch Dairy Farms, Journal of Dairy Science 90:239–248.
4. Calton D.M. Mahle D.E. Effects of vacuum level and pulsation ratio on udder health // National mastitis council. Washington, 14 Annual Neeting. – Washington, 1980. – p.39-43.
5. Carrole E. Enviomental Factors in Bovine Mastitis. //J. Amer. Med.-Vet. Assos. Vol. 170, 1999. - № 10. - P. 1143-1150.
6. Ely F., Petersen W. E. Factors involved in the ejection of milk. «J. Dairy Sc.», 1941, Vol. 24, N 3.
7. Gudding R., Lorentzen P. The influence of low-line and high-line milking plants on udder health and lipolysus // Nord. Veter. – Med. – 1982. – bd.34. - №4/5. – s. 153-157.
8. Mein G. A. Milk flow the bovine teat in relation to movement of the teatcup liner. Austral. I. Dairy Technol., 1977, N 1, Vol. 32.
9. Natzke P.R., Everett R.W., Bbay D.R. Effect of overmilking on udder Health // J. Dairy Sg. – 1982. – v.65. - №11. – p.117-125.
10. Noorlander D. O. Milking machines and mastitis. Madison, USA, Democrat Printing Comp., 1962.
11. А.с. №1717018 СССР, МКИ 5А 01 J 5/00, 5/04. Доильный аппарат [Текст] / А.М. Андрианов, Е.А. Андрианов, В.И. Рычков; Воронежский СХИ. – №4788565/15; Заявл. 05.02.1990; Опубл. 07.03.1992; Бюл. №9. – 1992. – С. 6.

12. А.с. № 1165316 СССР, МКИ 3 А01 5/04. Устройство для доения коровы [Текст] / А.М. Андрианов, Рычков В.И. – № 3578123/30; заявл. 08.04.1983; опубл. 07.07.1985, Бюл. № 25.
13. Е.А. Админ, В.П. Совран Вакуумный режим под сосками коров при машинном доении // Животноводство. 1971- №1- С. 42-44.
14. Андреа У. Доение коров с повышенной частотой пульсаций. / У. Андреа // – Сборник иностранной сельскохозяйственной информации -1957- № 9.
15. Андрианов А.М. Повышение эксплуатационной надежности доильных аппаратов / А.М. Андрианов, Е.А. Андрианов // Повышение эксплуатационной эффективности тракторов и сельскохозяйственных машин: сб. науч. тр. -Воронеж: ВГАУ, 1995. -С. 158-163.
16. Андрианов А.М. Правильно доить - больше получать/А.М. Андрианов, Е.А. Андрианов//Пути повышения продуктивности коров: материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского и аспирантского состава ВГАУ. -Воронеж: ВГАУ, 1998. -Вып. 4. -С. 12-14.
17. Андрианов А.М. Совершенствование работы доильных аппаратов/А.М. Андрианов//Совершенствование средств механизации в животноводстве: сб. науч. тр. -Воронеж: ВГАУ, 1987. -С. 4-22.
18. Андрианов Е.А. Совершенствование устройств для доения первотелок и новотельных коров / В.В. Злобин, Е.А. Андрианов // Инновационные технологии и технические средства для АПК// Материалы всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, посвященные 100-летию ВГАУ им. императора Петра I. – Воронеж, 2012.- С.103.
19. Андрианов Е.А. К определению расхода воздуха при истечении из камеры управления доильного аппарата / Е.А. Андрианов, А.М. Андрианов, А.А. Андрианов, В.В. Злобин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2013. - №1[36]. – С.142-146.

20. Андрианов Е.А. Совершенствование доильных аппаратов непрерывного доения / Е.А. Андрианов, А.М. Андрианов, А.А. Андрианов // Вестник Воронежского Государственного Аграрного Университета. - 2013. - № 4. - С. 84-93.
21. Андрианов, Е.А. Исследование устройства для управления режимом работы стимулирующе-адаптивного доильного аппарата [Текст] / Е.А. Андрианов, А.М. Андрианов, А.А. Андрианов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. - 2014. - № 3 [42]. - С. 123-129.
22. Андрианов, Е.А. Управление режимом работы доильного аппарата [Текст] / Е.А. Андрианов, А.М. Андрианов, А.А. Андрианов, В.В. Злобин // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – № 4. – С. 12-13.
23. Аронович Н.М. О работе исполнительного механизма электродоильной машины Н.М. Аронович. – М.: ВАСХНИЛ, 1936.
24. Архангельский И.И. и др. О влиянии различных доильных установок на заболеваемость коров маститом Архангельский И.И. и др. // Животноводство. - 1964. - №5. - С. 57-59.
25. М.К. Базаров. Исследование доильного аппарата с автоматическим регулированием вакуума под соском В.И. Ломакин // Сб. науч. работ Саратовского сельскохозяйственного института Саратов, 1975. - С. 34-38.
26. Белянчиков Н. Н. Автоматическое регулирование процесса доения / Н.Н. Белянчиков // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1965. - № 1.
27. Борознин В.А. Анализ состояния и направления по совершенствованию конструкций доильных аппаратов [Текст] / В.А. Борознин, А.В. Борознин, А.С. Скориков // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию Победы в Великой Отечественной войне. Волгоград: Волгоградская ГСХА. 26-28 января 2010 г. – Т. 3. – С. 253 – 256 с.
28. Ведищев С.М. Механизация доения коров: [учебное пособие] – / С.М. Ведищев. - Тамбов: ТГТУ, 2006-153с.

29. Велиток И.Г. Машинное доение и раздой коров / И.Г. Велиток. – Киев: “Ураджай”, 1967. -167с.
30. Велиток И.Г. Молокоотдача при машинном доении коров / И.Г. Велиток. – М.: Московский рабочий, 1986.
31. Велиток И.Г. Технология машинного доения коров / И.Г. Велиток. – М.: Колос, 1975. – 255 с.
32. Вопросы физиологии машинного доения. Труды АН СССР и ВАСХНИЛ. –М.: Колос, 1970.
33. Ганеев А. Аппарат ГТ-1 / А. Ганеев // Сельский механизатор. – 2005. - №4. - С.29.
34. Ганеев А. Низковакуумный доильный аппарат / А. Ганеев // Сельский механизатор. – 2008. - №2. - С.30-31.
35. Гордиевских М.Л. Контроль интенсивности выведения молока с помощью кольцевых датчиков электродов / М.Л. Гордиевских. - Техника в сельском хозяйстве, 2006. -№4. - С. 17- 20.
36. Гордиевских М.Л. Повышение эффективности машинного доения коров путем совершенствования технологического процесса и технических средств учета текущих физиологических потребностей животных: автореф. дис. д. т. н. / М.Л. Гордиевских – Челябинск, 2006. – 32 с.
37. Грачев И. И. Рефлекторная регуляция лактации / И.И. Грачев. – М.: МГУ, 1964.
38. Давыдов С.Г. / Н.Р. Иголкина Реакция коровы на доильный процесс и продуктивность / С.Г. Давыдов. // Труды Пушкинского СХИ. - т. 9. – Л., 1939.
39. Деев Н.Г. Некоторые вопросы машинного доения коров / Н.Г. Деев // Сельскохозяйственное производство Сибири и Дальнего Востока. -1966. - № 8.
40. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта [с основами статистической обработки результатов исследований] / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

41. Жестоканов О.П. Машинное доение и маститы у коров / О.П. Жестоканов // Материалы VIII Всероссийского симпозиума по машинному доению сельскохозяйственных животных. - Оренбург, 1995. - С.140-141.
42. Жигжитов А.В., И.Б. Шагдыров Механизация процессов доения и первичной обработки молока: учебно-методическое пособие / А.В. Жигжитов, И.Б. Шагдыров. – Улан-Удэ: Издательство ФГОУ ВПО “БГСХА им. В.Р. Филиппова”, 2008. – 110 с.
43. Жилов И. В. «Темп» – доильный аппарат низкого вакуума И. В. Жилов // Молочное и мясное скотоводство. -1964. - № 12.
44. Жилов И. В. Оптимальная величина натяжения сосковой резины. – Техника в сельском хозяйстве. 1964. -№ 3.
45. Завражнов А.И., К оценке эффективности использования технических средств в молочном скотоводстве / А.И. Завражнов, О.В. Ужик // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2013. - №3. - С. 51-56.
46. Закс М. Г. Молочная железа М.Г. Заке. – М.: Наука, 1964.
47. Захарян Ж.С. Продолжительность “холостого доения” и частота заболевания маститами / Ж.С. Захарян // Животноводство. -, 1972. -№8.
48. В.С. Зеликов, И.И. Белковой Обратный ток молока как причина самоинфицирования вымени В.С. Зеликов, И.И. Белковой // Тез. докл. V Всесоюзного симпозиума по машинному доению с.-х. животных. 17-20 апреля 1979 г., Рига. – М., 1979. – Ч.1. – С. 116-117.
49. С.Н. Ижболдина, С.Ф. Мерзлякова, Е.Г. Трефилов Сравнительная характеристика доильных аппаратов / С.Н. Ижболдина, С.Ф. Мерзлякова, Е.Г. Трефилов // Труды регион. науч.-практ. конф. «Аграрная наука - состояние и проблемы». – Т. 1. -Ижевск: Изд-во ИжГСХА, 2002. -С. 191-194.
50. Карташов Л.П. Повышение надежности системы человек – машина – животное /Л.П. Карташов, С.А. Соловьев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2000. – 276 с.

- 51.Карташов Л.П. Инженерные методы расчета биологических параметров системы человек – машина – животное / Л.П.Карташов, С.А. Соловьев, И.А. Бунин. – Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 1997. – 72 с.
- 52.Карташов Л.П. Машинное доение коров / Л.П. Карташов. – М.: Колос, 1982. – 301 с.
- 53.Карташова В.М. Гигиена получения молока / В.М. Карташова. – Л.: Ленинград. отделение, Колос, 1980. – 230 с.
- 54.Квашенников В.И. Повышение эффективности использования линейных доильных установок за счёт совершенствования эксплуатационных режимов технических средств: автореф. дис. ... д. т. н. / В.И. Квашенников. – СПб, 1996. – 46 с.
- 55.Келпис Э. А. Научные основы создания доильных установок для ферм промышленного типа: автореф. дис. ... д. т. н. / Э.А. Келпис. – Елгава: Латвийская СХА, 1973.
- 56.Кирсанов В.В. Направления совершенствования исполнительных механизмов доильных установок / В.В. Кирсанов, К.С. Щукин, В.Н. Легеза // Достижения науки и техники АПК. - 2010. - № 1. - С. 65-67.
- 57.Кирсанов В.В. Оптимальный режим регулирования вакуума в доильном аппарате /В.В. Кирсанов //Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2002. - №8. - С. 16 – 18.
- 58.Кирсанов В.В. Метод создания многофункциональной элементной базы доильного оборудования / В.В. Кирсанов // Техника и оборудование для села. - 2012. - №9. - С.16-18.
- 59.Д.Ф. Кольга, Н.В. Казаровец и др. Техническое обеспечение процессов в животноводстве / Н.В. Казаровец и др. – Минск: ИВЦ Минфина, 2012. – 576 с.
- 60.Королев В.Ф. Доильные машины / В.Ф. Королев. – М.: Машиностроение, 1969. - 280 с.
- 61.Королев В.Ф. Исследование основных параметров трехтактной доильной машины /В.Ф. Королев // Труды Всесоюзного научно-исследовательского

- института механизации сельского хозяйства. – М.: Сельхозгиз, 1952. - Т. 16.
- 62.Краснов И.Н. Доильные аппараты / И.Н. Краснов. – Ростов-на-Дону : Изд-во Ростовского университета, 1974. – 228 с.
- 63.Краснов И.Н. Новые принципы доения коров / И.Н. Краснов, Г.М. Марченко, В.Н. Скворцов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2000. - №5. – С. 40-42.
- 64.Лоза, М.Г. Методика определения экономической эффективности в сельском хозяйстве НИР и ОКР, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений [Текст] / М.Г. Лоза. – М.: Колос, 1980. - 112 с.
- 65.Мартюгин Д. Д. Действие вакуума на соски коровы / Д.Д. Марюгин. - Известия ТСХА. – 1955. - № 2.
- 66.Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рошин П.М. Планирование эксперимента в исследовании сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин. – Л.: Колос, 1980.
- 67.Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений [Текст]. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 104 с.
- 68.Носов Г.Р., Пащенко В.Ф., Калич В.М. Устройство для автоматизации процесса доения /Г.Д. Носов, В.Ф. Пащенко, В.М. Калич //Конструирование и производство сельскохозяйственных машин: тезисы докладов. - Ростов-на-Дону, 1982. – С. 54.
- 69.Оленев В. А. Руководство по машинному доению коров / В.А. Оленев. – М.: Колос, 1981.
- 70.Парманов М.Н. Автоматизация заключительных операций при машинном доении / М.Н. Парманов // Механизация производственных процессов в животноводстве // Тр. ЧИМЭСХ. - Вып. 156. – Челябинск, 1980. - С. 79-81.

71. Пат. N.2257707 РФ, МПК А01J5/00, А01J5/04. Двухрежимный доильный аппарат // Винников И.К.; заявитель и патентообладатель ВНИПТИМ ЭСХ. – №.2004124115/12; Заявлено 06.08.2004; Опубл. 20.02.2006; Бюл. №5.
72. Пат. №2363150 РФ, МПК А01J5/00, А01J5/04 Двухрежимный доильный аппарат // Винников И.К., Бенова Е.В., Дмитренко С.А., Пахомов Ю.В., Падалко Г.А.; заявитель и патентообладатель ВНИПТИМ ЭСХ. – №2008115017/12; Заявлено 16.04.2008; Опубл. 10.08.2009.
73. Пат. № 2040160 РФ, МПК6 А01J7/0.0 Доильный аппарат [Текст] / А.Ф. Трофимов, А.С. Курак, Н.С. Курак; заявитель и патентообладатель Белорусский научно-исследовательский институт животноводства . – № 5017668/15; заявл. 15.11.1991; опубл. 25.07.1995.
74. Пат. № 2115304 РФ, МПК6 А01J 5/00. Доильный аппарат [Текст] / Некрашевич В.Ф., Захаров В.А., Ульянов В.М., Утолин В.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГСХА. – № 97108417/13; заявл. 20.05.1997; опубл. 20.07.1998.
75. Пат. № 2147174 РФ, МПК А01J 5/00 (2000.01). Доильный аппарат [Текст] / В.Ф. Некрашевич, В.М. Ульянов, В.В. Утолин, Б.В. Ильющенко; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГСХА. – № 99104556/13; заявл. 09.03.1999; опубл. 10.04.2000.
76. Пат. № 2454068 РФ, МПК А01J 5/00. Доильный аппарат [Текст] / В.М. Ульянов, В.В. Чумиков, Ю.Н. Карпов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГСХА. – № 2010130445/13; заявл. 20.07.2010; опубл. 27.06.2012.
77. Пат. № 2524542 РФ, МПК А01J 5/00 (2006.01). Доильный аппарат [Текст] / В. М. Ульянов, Ю.Н. Карпов, В.А. Хрипин, А.В. Набатчиков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАТУ. – № 2013107918/13; заявл. 21.02.2013; опубл. 27.07.2014.

78. Пат. № № 2493696 РФ, МПК А01J 5/00 (2006.01). Доильный аппарат [Текст] / В. М. Ульянов, Ю.Н. Карпов, Р.В. Коледов, А.В. Набатчиков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАТУ. – № 2012126476/13; заявл. 25.06.2012; опубл. 27.09.2013.
79. Пат. №2367147 RU, МПК А 01 J 5/04. Адаптивный доильный аппарат [Текст] / О.В. Ужик, Я.В. Ужик; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина». – №2008128329/12; заявл. 11.07.2008; опубл. 20.09.2009.
80. Пат. №2442319 РФ, МПК А 01 J 5/00, А 01 J 5/10 [2006.01]. Доильный аппарат [Текст] / Е.А. Андрианов, А.А. Андрианов, А.М. Андрианов, В.В. Злобин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ. – № 2010112576/13; заявл. 31.03.2010; опубл. 20.02.2012.
81. Пат. №2556910 РФ; МПК А01J 5/04. Устройство для доения коров [Текст] / Е.А. Андрианов, А.М. Андрианов, А.А. Андрианов, Д.И. Яловой; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I». – № 2013147003/13; заявл. 21.10.2013; опубл. 27.04.2015.
82. Пейнович М. Л. Новое в физиологии лактации и доения / М.Л. Пейнович. – Новосибирск: Западно-Сибирское книжное издательство, 1966.
83. Петухов Н.А. Совершенствование технологической системы машинного доения коров: дис. в форме научного доклада...д. т. н. / М.Л. Пейнович. – Новосибирск, 1996. - 47с.
84. Расчет исполнительных механизмов биотехнической системы / Л.П. Карташов, С.А. Соловьев, А.М. Асманкин, З.В. Макаровская. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002.
85. Скляр А.И. Совершенствование доильного аппарата с управляемым режимом доения / А.И. Скляр // Механизация и электрификация сел. хозяйства. – 2004. – №.2. – С. 10-11.

- 86.Скляров А.И. Теория и конструкция адаптивного оборудования для новотельных коров с телятами/ А.И Скляров., В.Ф. Ужик, А.А. Корненко, С.Н. Аленник, И.А. Бунин, О.В. Ужик. - Москва, 2005. -206 с.
- 87.Скроманис А. А. Научные основы механизации процесса доения: автореф. дис. ... д. т. н. / А.А. Скроманис. – Елгава: Латвийская СХА, 1973.
- 88.Скроманис А. А. Методика и некоторые результаты исследования физических величин процесса выведения молока из соска / А.А. Скроманис, А.В. Силиньш // Труды Латвийской СХА. - Вып XXI. – Елгава, 1968.
- 89.Талалаев Г.Д. Теория и расчет доильных аппаратов: учебное пособие / Г.Д. Талалаев. – Вологда, 1990. - С. 47.
- 90.Теория и конструкция адаптивного оборудования для новотельных коров с телятами / А.И. Скляров, В.Ф. Ужик, А.А. Корненко, С.Н. Аленник, И.А. Бунин, О.В. Ужик. – М., 2005. – 206 с.
- 91.Трефилов Е.Г. Влияние конструкции доильного аппарата на физиологические свойства вымени / Е.Г. Трефилов // Перспективы развития регионов России в XXI веке: материалы межрегион. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов / ИжГСХА. -Ижевск: Изд-во ИжГСХА, 2002. -Т.1. -С. 145-146.
- 92.Трефилов Е.Г. Влияние марки доильных аппаратов на молочную продуктивность коров / Е.Г. Трефилов // Труды науч.-практ. конф. «Аграрная наука на рубеже тысячелетий». -Ижевск: «ШЕП», 2001. -С. 118-121.
- 93.Ужик В.Ф. Адаптивное доильное оборудование. Теория и расчет / В.Ф. Ужик. - Белгород: Изд.-во БелГСХА, 2009. – 485 с.
- 94.Ужик В.Ф. Определение параметров доильного аппарата с управляемым режимом работы /В.Ф. Ужик, В.В. Прокофьев //Механизация, электрификация и автоматизация животноводства. – 2001. - №4. – С. 17 – 20.
- 95.Ужик В.Ф. Создание мобильного агрегата с манипулятором доения для личных и фермерских хозяйств / Ужик В.Ф., Борозенцев В.И., Скляров А.И., Ульяновцев Ю.Н. // Научно-технические проблемы механизации и автоматизации животноводства. Перспективные технологии и технические

- средства для животноводства: проблемы эффективности и ресурсосбережения: сб. научн. тр. ВНИИМЖ. - Том 12, ч. -2. Подольск, 2003, - С. 71-75.
96. Ужик В.Ф. Состояние исследований доения коров адаптивными доильными аппаратами / В.Ф. Ужик, Н.А. Вовк // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. ХНТУСГ. - Харків, 2009. - 343 с.
97. Ужик В.Ф. Доильные аппараты с однокамерными стаканами: учебное пособие / В.Ф. Ужик, Р.В. Мазуренко, О.В. Ужик. - Белгород.: Изд.-во Белгородской ГСХА 2000. - 38 с.
98. Ужик В.Ф. Теория и расчет машин для животноводства: учебное пособие / Ужик В.Ф., Ужик О.В. и др. Под редакцией Ужика В.Ф. – Белгород, 2008. – 213 с.
99. Ужик О.В. Разработка и теоретическое обоснование технологий и технических средств для молочного скотоводства: дис.... д. т. н. / О.В. Ужик. – Мичуринск – наукоград РФ, 2015. – 384 с.
100. Уитлстоун У. Г. Принципы машинного доения / У.Г. Уитлстоун. – М: Колос, 1964.
101. Ульянов В. Переносной доильный аппарат с манипулятором / Ульянов В., Шапошников С. // Сельский механизатор. – 2004. - №11. - С. 35.
102. Ульянов В.М. Конструкция и эксплуатация доильных аппаратов: монография / В.М. Ульянов. – Рязань, 2012. – 112 с.
103. Ульяновцев Ю.Н. Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров манипулятора доения коров мобильного агрегата: //автореф. дис. ... к.т.н. 05.20.01 / Н.М. Ульяновцев. Оренбург, 2003. – 20 с.
104. Устройство для измерения давления сосковой резины на сосок: патент на полезную модель №167709 РФ; МПК А01J 7/00 [2006.01] / Е.А. Андрианов, А.А. Андрианов, В.И. Руденко, Д.И. Яловой. Воронеж. гос. аграр. ун-т. - №2016127747; заявл. 08.07.2016; опубл. 10.01.2017.
105. Хамман Д. Доильная машина как источник возбудителя мастита: передача патогенных микроорганизмов при использовании стандартных и

- нестандартных доильных стаканов / Хамман Д., Толь А., Виттельстоун В.Г. // XXI Международный молоч. конгр.: краткие сообщ. – М, 1982. – Т.1, кн.1. – С. 106-107.
106. Хрипин В.А. [Текст] Математическая обработка факторного эксперимента вида 3^3 в компьютерной программе «Mathematica» / В.А. Хрипин // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства: сб. науч. трудов / ГНУ ВНИМС Россельхозакадемии. – Рязань, 2013. С. 46-51.
107. Цой Ю.А. Левин В.И. Создание конкурентоспособного оборудования для доения коров и первичной обработки молока / Ю.А. Цой, В.И. Левин // Техника и оборудование для села. - 2004. - №5. - С.24-25.
108. Цой Ю.А. Перспективные разработки по доильному оборудованию для молочных ферм / Ю.А. Цой // Техника и оборудование для села. - 2009. - №4. - С.16-76.
109. Цой. Ю.А. Тенденции развития доильного оборудования за рубежом / Цой. Ю.А., Мишуров Н.П., Кирсанов В.В., Зеленцов А.И. Тенденции // Аналитический обзор. – М.:ФГНУ «Росинформагротех». – 2000, 76 с.
110. Шахов В.А. Методика проектирования высокоскоростных доильных машин / В.А. Шахов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2011. -№ 1 [29]. - С.54-56.
111. Шевчук Н.О. Влияние качества эксплуатации доильного оборудования на продуктивность коров и состояние их здоровья / Н.О. Шевчук // Труды кубанского СХИ, 1984. -Вып. 239. - С. 88-92.
112. Юлдашев Ф.Ф. Варианты вакуумного режима доения коров / Ф.Ф. Юлдашев // Зоотехния. - 1997. -№9.- С. 23 – 24.
113. Яловой Д.И. К обоснованию давления сосковой резины на сосок стимулирующе-адаптивного аппарата [Текст] / Д.И. Яловой, Е.А. Андрианов // Инновационные технологии и технические средства для агропромышленного комплекса: матер. науч.-практ. конф. .– Воронеж: Воронеж. гос. аграр. ун-т, 2015.- С. 46-49.

114. Яловой Д.И. К обоснованию основных параметров доильного станка аппарата непрерывного доения [Текст] / Д.И. Яловой // Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I. – Ч.2. – Воронеж: Воронеж. гос. аграр. ун-т, 2016.- С. 24-30.
115. Яловой Д.И. К обоснованию скорости молоковыведения доильным аппаратом непрерывного доения [Текст] / Д.И. Яловой // Наука и образование в современных условиях: материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж: Воронеж. гос. аграр. ун-т, 2016.- С.190-195.
116. Яловой Д.И. Обоснование процесса выведения молока из вымени коровы стимулирующим аппаратом непрерывного доения/ Д.И. Яловой, Е.А. Андрианов, В.П. Шацкий, А.А. Андрианов // Техника и оборудование для села. – 2016. - № 3 [219]. – С.32-36.
117. Яловой Д.И. Стимулирующий доильный аппарат непрерывного доения / Д.И. Яловой, Е.А. Андрианов, А.М. Андрианов, А.А. Андрианов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2015. - № 9. – С. 4-6.
118. Яловой Д.И. Обоснование давления сосковой резины на сосок вымени стимулирующего аппарата непрерывного доения / Д.И. Яловой, Е.А. Андрианов, В.П. Шацкий, А.А. Андрианов // Техника и оборудование для села. – 2015. - № 9 [219]. – С.32-36.
119. Яловой Д.И. Определение рациональных параметров доильного аппарата непрерывного доения /Д.И. Яловой, Е.А. Андрианов, А.А. Андрианов, Т.Н. Тертычная // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4[51] - С. 93-99.

120. Яловой Д.И. К обоснованию методики определения геометрических параметров доильного стакана аппарата непрерывного доения [Текст] / Д.И. Яловой, Е.А. Андрианов, А.А. Андрианов, В.И. Руденко // Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве: материалы юбилейной международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию А.П. Тарасенко. – Воронеж: Воронеж. гос. аграр. ун-т, 2017. - С.146-150.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2556910

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДОЕНИЯ КОРОВ

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное Учреждение высшего профессионального образования "Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра 1" (ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2013147003

Приоритет изобретения **21 октября 2013 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **19 июня 2015 г.**

Срок действия патента истекает **21 октября 2033 г.**

Врио руководителя Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 556 910** ⁽¹³⁾ **C2**(51) МПК
A01J 5/04 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013147003/13, 21.10.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.10.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 21.10.2013

(43) Дата публикации заявки: 27.04.2015 Бюл. № 12

(45) Опубликовано: 20.07.2015 Бюл. № 20

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: (см. прод.)

Адрес для переписки:

394087, г.Воронеж, ул. Мичурина, 1, ВГАУ, зав.
сектором защиты интеллектуальной
собственности Балбековой Л.В.

(72) Автор(ы):

Андрианов Алексей Александрович (RU),
Андрианов Евгений Александрович (RU),
Андрианов Александр Максимович (RU),
Яловой Дмитрий Иванович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное Учреждение высшего
профессионального образования
"Воронежский государственный аграрный
университет имени императора Петра 1"
(ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ) (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДОЕНИЯ КОРОВ

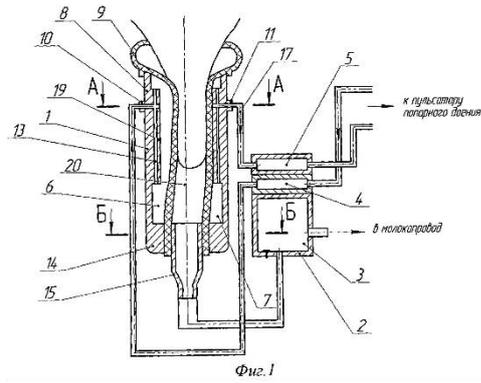
(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскому хозяйству, в частности к молочному животноводству. Предложенное устройство для доения коров содержит пульсатор попарного доения, коллектор 2 с молочной 3 и распределительной 4 камерами и доильные стаканы 1, молочные и воздушные трубки. Доильные стаканы 1 включают сосковую трубку 9 и гильзу 8 с молочными и воздушными 10, 11 патрубками. В гильзе 8 каждого доильного стакана 1 выполнены диаметрально расположенные выступы 12 с трапециевидными проточками 13, 17 и утолщенным буртом 14 в нижней части. Сосковые трубки 9 имеют диаметрально расположенные продольные ребра 16, установленные в проточках 13, 17 продольных выступов 12 гильзы 8 стакана 1, и вогнутые к оси

стакана 1 участки 18, расположенные диаметрально напротив воздушных патрубков 10, 11 гильзы 8. Толщина стенки в месте выполнения вогнутых участков трубки меньше остальной части сосковой трубки. Гильза 8 доильного стакана 1 выполнена также с продольными диаметрально отливами 19, расположенными в плоскости, перпендикулярной плоскости расположения упомянутых выступов 2. Отливы 19 по всей длине снабжены пазами, расположенными напротив воздушных патрубков 10, 11 гильзы 8 доильного стакана 1. Изобретение обеспечивает повышение пропускной способности и надежности устройства и снижение затрат на техническое обслуживание. 3 ил.

RU 2 5 5 6 9 1 0 C 2

RU 2 5 5 6 9 1 0 C 2



(56) (продолжение):

SU 1165316 A, 07.07.1985; SU 1660639 A1, 07.07.1991; SU 1276311 A2, 15.12.1986; US 6435132 B1, 20.08.2002.

RU 2 5 5 6 9 1 0 C 2

RU 2 5 5 6 9 1 0 C 2

RU 2 556 910 C2

Изобретение относится к сельскому хозяйству, в частности к устройствам для машинного доения коров.

Известен доильный аппарат для попарного доения «Импульс», включающий доильные стаканы с гильзой и сосковой трубкой, пульсатор попарного доения, коллектор с распределительной камерой, разделенной на две части, воздушные и молочные трубки и шланги. Н.Н. Белянчиков, А.И. Смирнов. «Механизация животноводства». М.: Колос, 1983 г., стр.189-191.

Недостаток известного устройства - малая пропускная способность аппарата, т.к. выведение молока осуществляется в такте сосания только из двух доильных стаканов, причем длительность такта сосания составляет всего 50% от времени цикла.

Известно также устройство для доения коров, содержащее пульсатор попарного доения, коллектор с молочной и распределительными камерами, доильные стаканы с сосковой трубкой и гильзой с воздушными патрубками, в гильзе каждого стакана диаметрально выполнены продольные выступы с трапецидальными проточками и утолщенным буртом в нижней части, сосковые трубки выполнены с диаметрально расположенными продольными ребрами, установленными в проточках продольных выступов гильзы стакана, и вогнутыми к оси стакана участками, расположенными диаметрально напротив воздушных патрубков гильзы, причем толщина стенки в месте выполнения вогнутых участков меньше остальной части сосковой трубки, молочные и воздушные трубки, шланги (Авт. свид. №1165316, А01J 5/04, 1983 г.).

Известное устройство не обеспечивает эффективности доения, хотя и работает в режиме непрерывного отсоса. При сжатии соска сосковой трубкой с одной стороны, противоположная стенка сосковой трубки отклоняется в сторону гильзы доильного стакана, это приводит к снижению воздействия сосковой трубки на сосок вымени, что снижает рефлекс молокоотдачи. Для повышения эффективности выведения молока необходимо исключить или значительно снизить прогиб сосковой трубки к стенкам гильзы доильного стакана, тем самым обеспечить эффект «сосания теленком» при непрерывном отсосе молока.

Задача изобретения - повышение эффективности доения за счет усиления стимуляции молокоотдачи при непрерывном отсосе молока.

Технический результат заключается в повышении пропускной способности устройства для доения коров, надежности и снижении затрат на техническое обслуживание.

Технический результат достигается тем, что в устройстве для доения, включающем пульсатор попарного доения, коллектор с молочной и распределительной камерой, доильные стаканы с сосковой трубкой и гильзой с воздушными патрубками, в гильзе каждого стакана диаметрально выполнены продольные выступы с трапецидальными проточками и утолщенным буртом в нижней части, сосковые трубки выполнены с диаметрально расположенными продольными ребрами, установленными в проточках продольных выступов гильзы стакана, и вогнутыми к оси стакана участками, расположенными диаметрально напротив воздушных патрубков гильзы, причем толщина стенки в месте выполнения вогнутых участков трубки меньше остальной части сосковой трубки, молочные и воздушные трубки, гильза доильного стакана выполнена с продольными диаметрально отливками, расположенными в плоскости, перпендикулярной плоскости расположения упомянутых выступов, при этом отливы по всей длине снабжены пазами, расположенными напротив воздушных патрубков гильзы стакана.

Выполнение в гильзе доильного стакана продольных диаметрально расположенных отливов, расположенных в плоскости, перпендикулярной плоскости расположения

RU 2 556 910 C2

выступов, обеспечивает повышение эффективности доения за счет исключения прогиба сосковой трубки в направлении к стенкам гильзы стакана, что обеспечивает повышение стимулирующего воздействия на сосок и исключает знакопеременную нагрузку на сосковую трубку. При этом при сжатии соска с одной стороны и жесткой стенке с другой стороны обеспечивается эффект «сосания теленком», так как вогнутый участок сжимает сосок аналогично языку теленка, а упор сосковой трубки в упомянутый отлив дает возможность выпрямиться вогнутому участку сосковой трубки и обеспечивает эффект верхнего неба теленка. Следовательно, обеспечивается доение с высокой стимуляцией молокоотдачи при эффективном отсосе молока при больших воздействиях на сосок как при сжатии, так и при отсосе по сравнению с возможностями теленка.

Выполнение продольных пазов в отливах обеспечивает надежность работы, т.к. в случае перекрытия сосковой трубки воздушного патрубка разрежение через пазы будет распространяться в межстенной камере доильного стакана.

Устройство для доения коров поясняется чертежами, где на фиг.1 - общий вид устройства, на фиг.2 - разрез по А-А фиг.1, на фиг.3 - разрез по Б-Б фиг.1.

Устройство для доения содержит доильные стаканы 1, пульсатор попарного доения (на чертеже не показан), коллектор 2 с молочной 3 и распределительными камерами 4 и 5, сообщенными соответственно с межстенной камерой 6 и межстенной камерой 7 доильного стакана 1. Доильный стакан 1 содержит гильзу 8, сосковую трубку 9, воздушные патрубки 10 и 11. В гильзе 8 диаметрально выполнены продольные выступы 12 с трапециевидными проточками 13 и утолщенным буртом 14 в нижней части, внутренний диаметр которого равен наружному диаметру нижней части сосковой трубки 10, в которую устанавливается смотровой конус 15.

Сосковая трубка 9 выполнена с диаметрально расположенными трапециевидными ребрами 16, которыми устанавливается в проточки 17 продольных выступов 12 гильзы 8. В верхней части сосковой трубки 9 диаметрально расположенные вогнутые участки 18, копирующие положение языка теленка в момент отсасывания молока, причем толщина сосковой трубки в местах расположения участков меньше ее остальной части. В гильзе доильного стакана выполнены продольные диаметрально отливы 19, расположенные в плоскости, перпендикулярной плоскости расположения выступов 2, расположенные напротив воздушных патрубков 10 и 11.

В собранном доильном стакане 1 в результате установки сосковой трубки 9 ребрами 16 в проточки 17 гильзы 8 образуется подсосковая камера 20 и межстенные камеры 6 и 7, сообщенные соответственно с рабочими камерами пульсатора попарного доения.

Устройство работает следующим образом.

Атмосферное давление из рабочей камеры пульсатора распространяется в распределительную камеру 4 коллектора 2 и далее в межстенную камеру 6 стакана 1.

В это же время разрежение из рабочей камеры пульсатора распространяется в распределительную камеру 5 коллектора 2 и далее в межстенную камеру 5 стакана 1.

Так как в подсосковой камере 20 постоянно действует разрежение, вогнутый участок 18 со стороны патрубка 10 сжимает сосок, копируя положение языка теленка, так как толщина сосковой трубки в месте выполнения участка 18 меньше остальной части сосковой трубки. Одновременно со стороны патрубка 11 сосковая трубка 9 прижимается вогнутым участком 18 к отливу 19, сосковая трубка под действием разрежения выравнивается за счет упора в отлив 19. Сосковая трубка 9 испытывает воздействие - сжатие, причем сосок укладывается, копируя положение верхнего неба рта теленка. В результате сжатия молоко выжимается из соска вымени и отсасывается за счет разрежения в подсосковой камере 20 и направляется в молочную камеру коллектора

RU 2 556 910 C2

2 доильного аппарата.

После переключения клапанов пульсатора атмосферное давление из рабочей камеры пульсатора распространяется в распределительную камеру 5 коллектора 2 и далее в межстенную камеру 7 стакана 1.

5 В это же время разрежение из рабочей камеры пульсатора распространяется в распределительную камеру 4 коллектора 2 и далее в межстенную камеру 6 стакана 1. В результате участок 18 сосковой трубки 9 сжимает сосок со стороны патрубка 11, а со стороны патрубка 10 сосок упирается в отлив гильзы 9 стакана 1.

10 В дальнейшем цикл повторяется при поочередном сжатии соска то с одной, то с другой стороны доильного стакана и непрерывном действии разрежения и осуществляется непрерывный отсос с высокой степенью молокоотдачи.

Формула изобретения

15 Устройство для доения коров, включающее пульсатор попарного доения, коллектор с молочной и распределительной камерами, доильные стаканы с сосковой трубкой и гильзой с молочными и воздушными патрубками, в гильзе каждого стакана диаметрально выполнены продольные выступы с трапециевидными проточками и утолщенным буртом в нижней части, сосковые трубки, выполненные с диаметрально расположенными продольными ребрами, установленными в проточках продольных
20 выступов гильзы стакана, и вогнутыми к оси стакана участками, расположенными диаметрально напротив воздушных патрубков гильзы, причем толщина стенки в месте выполнения вогнутых участков трубки меньше остальной части сосковой трубки, молочные и воздушные трубки, отличающиеся тем, что гильза доильного стакана
25 выполнена с продольными диаметрально отливками, расположенными в плоскости, перпендикулярной плоскости расположения упомянутых выступов, при этом отливы по всей длине снабжены пазми, расположенными напротив воздушных патрубков гильзы стакана.

30

35

40

45

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 167709

Устройство для измерения давления сосковой резины на сосок

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное Учреждение высшего образования "Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I" (ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Андрианов Евгений Александрович (RU), Андрианов Алексей Александрович (RU), Руденко Владимир Иванович (RU), Яловой Дмитрий Иванович (RU)*

Заявка № 2016127747

Приоритет полезной модели 08 июля 2016 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 27 декабря 2016 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 08 июля 2026 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11)**167 709** (13) **U1**(51) МПК
A01J 7/00 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016127747, 08.07.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.07.2016Дата регистрации:
27.12.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 08.07.2016

(45) Опубликовано: 10.01.2017 Бюл. № 1

Адрес для переписки:

394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1, ВГАУ, зав.
сектором защиты интеллектуальной
собственности Балбековой Л.В.

(72) Автор(ы):

Андрианов Евгений Александрович (RU),
Андрианов Алексей Александрович (RU),
Руденко Владимир Иванович (RU),
Яловой Дмитрий Иванович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное Учреждение высшего
образования "Воронежский государственный
аграрный университет имени императора
Петра 1" (ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ)
(RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2247494 C2, 10.03.2005. RU
2492634 C1, 20.09.2013. SU 1159522 A1,
07.06.1985. SU 1042696 A1, 23.09.1983.

(54) Устройство для измерения давления сосковой резины на сосок

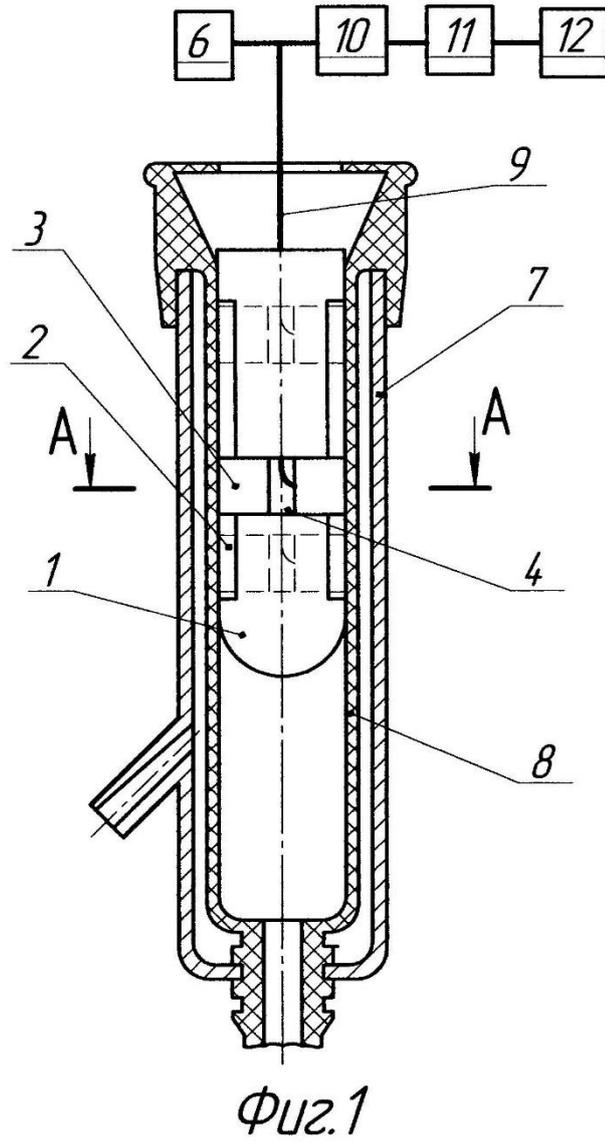
(57) Реферат:

Полезная модель относится к животноводству и может быть использована для измерения давления сосковой резины на сосок при производстве, диагностировании технического состояния и техническом обслуживании доильных аппаратов. Устройство включает искусственный сосок и рабочий орган в виде разрезного тонкостенного кольца из пружинной стали с встроенными тензометрическими датчиками.

Кольцо размещено в продольном углублении искусственного соска, выполненном с возможностью радиального и осевого перемещения вдоль сосковой резины. Технический результат от использования полезной модели заключается в повышении точности и удобства измерения, упрощении и повышении надежности конструкции. 2 ил.

RU 167709 U1

RU 167709 U1



RU 167709 U1

RU 167709 U1

Полезная модель относится к животноводству и может быть использована для измерения давления сосковой резины на сосок при производстве, диагностировании технического состояния и техническом обслуживании доильных аппаратов.

5 Известно устройство для определения деформируемости сосковой резины, включающее искусственный сосок, связанный каналом с вакуумметром и магистралью подвода вакуума, снабженный каналами для подвода атмосферного воздуха и клапаном, обеспечивающим их перекрытие, выполненным в виде подпружиненной втулки, охватывающей искусственный сосок и имеющей элементы управления. Причем элементы управления втулки выполнены в виде нитей, охватывающих ее боковую поверхность и связывающих втулку с нижней частью искусственного соска [А.С. №782770, кл. А01J 7/00, Заяв. 08.01.79. Опубл. 30.11.80, Бюл. №44].

10 Недостатком данного устройства является то, что данное устройство замеряет жесткость сосковой резины по максимальной и минимальной величине вакуума в подсосковой полости, а рабочие элементы управления закладывают погрешность в измерении еще на этапе сжатия сосковой резины, т.к. при сжатии сосковой резины они подвергаются деформации.

Наиболее близким к данному изобретению является устройство для измерения давления сосковой резины на сосок вымени животного (выбран в качестве прототипа) содержит доильный стакан с гильзой, сосковой резиной и помещенным в нем искусственным соском с пробкой, который выполнен полым с продольным разрезом, по которому перемещается рабочий орган, устанавливаемый внутри втулки с возможностью перемещения имеющий пружину, обеспечивающую безусловный возврат первого, [патент №2247494, кл. А01J 7/00, Заяв. 28.04.2003, Опубл. 10.03.2005.]

25 Однако недостатком этого устройства является сложность конструкции, а также недостаточная точность измерения, так как сосковая резина имеет различный диаметр по длине соска, а значит различное начальное положение рабочего органа внутри втулки.

Задача полезной модели - повышение точности и удобства измерения с достижением технического результата, выражающегося в упрощении и повышении надежности конструкции.

30 Технический результат достигается тем, что в устройстве для измерения давления сосковой резины на сосок, включающем искусственный сосок и рабочий орган с встроенным устройством регистрации давления, рабочий орган выполнен в виде разрезного тонкостенного кольца из пружинной стали с встроенными тензометрическими датчиками, при этом размещено кольцо в продольном углублении искусственного соска, выполненном с возможностью радиального и осевого перемещения кольца вдоль сосковой резины.

40 Выполнение искусственного соска с продольным углублением с возможностью радиального и осевого перемещения рабочего органа вдоль сосковой резины, обеспечивает улучшение эксплуатационных характеристик устройства и удобство обслуживания при измерении давления сосковой резины на сосок.

Выполнение рабочего органа в виде разрезного тонкостенного кольца из пружинной стали с встроенными тензодатчиками, обеспечивает упрощение и повышение надежности конструкции.

45 Предварительное тарирование рабочего органа и установка в нулевое положение измерительного прибора в зависимости от деформации растяжения или сжатия рабочего органа при его установке вдоль оси сосковой резины, имеющей различный диаметр по длине, обеспечивает повышение точности измерений.

На фиг. 1 изображено устройство для измерения давления сосковой резины на сосок вымени животного; на фиг. 2 - вид А-А фиг. 1 (вид сверху).

Устройство для измерения давления сосковой резины на сосок вымени животного содержит искусственный сосок 1, выполненный с продольным углублением 2, по которому перемещается рабочий орган 3, выполненный в виде разрезного тонкостенного кольца 4 из пружинной стали с встроенными тензодатчиками 5 (Фиг. 2), запитываемыми от блока питания 6. Искусственный сосок 1 размещается в доильном стакане с гильзой 7 (Фиг. 1), сосковой резиной 8. Расбалансный сигнал от тензодатчиков 5 по проводам 9 поступает через усилитель 10, блок выведения в нулевое положение 11 на измерительный прибор 12.

Предварительно выполняется тарирование рабочего органа 3 на блоке тарирования.

Устройство работает следующим образом.

Проведение замеров в вертикальной плоскости производится по всей рабочей длине продольного углубления 2 искусственного соска 1 (фиг. 1). Фиксируют рабочий орган 3 на необходимом месте по рабочей длине продольного углубления 2. Надевают доильный стакан на искусственный сосок 1. Запитывают тензодатчики 5 от блока питания 6. Устанавливают в нулевое положение стрелку измерительного прибора 12 с помощью блока выведения в нулевое положение 11.

Включают доильный аппарат в работу и надевают доильный стакан на искусственный сосок 1 (фиг. 1). Выдерживают в работающем состоянии до стабилизации соотношения тактов работы доильного аппарата. При этом под действием разности давлений в подсосковой и межстенной камерах сосковая резина 8 начинает пульсировать, изменяя величину давления на искусственный сосок 1.

При работе доильного аппарата в подсосковой камере устанавливается постоянный вакуум, а в межстенной камере доильного стакана попеременно чередуются вакуум и атмосферное давление. В результате при наступлении такта сжатия сосковая резина 8 за счет перепада давления в межстенной камере доильного стакана плавно деформируется, образуя вогнутую увеличенную поверхность. При деформации сосковая резина 8 передает информацию об изменении силы давления, оказываемого ею, рабочему органу 3. Расбалансный сигнал от тензодатчиков 5 подается на усилитель 10 и далее на измерительный прибор 12.

При наступлении такта сосания сосковая резина 8 распрямляется, и рабочий орган 3 занимает исходное положение. При этом сигнал, поступающий от тензодатчиков 5 через усилитель 10, блок выведения в нулевое положение 11 на измерительный прибор 12 устанавливает в нулевое положение стрелку измерительного прибора, что соответствует нулевому усилию, оказываемому сосковой резиной 8 на сосок вымени животного.

Проведение замеров в горизонтальной плоскости проводится аналогично при вращении искусственного соска 1 вокруг своей оси.

Применение изобретения позволяет производить контроль доильных аппаратов и изучить влияние сосковой резины на сосок вымени животного непосредственно в доильном аппарате без его разборки, что в свою очередь способствует повышению точности, удобства измерения и качества контроля.

(57) Формула полезной модели

Устройство для измерения давления сосковой резины на сосок, включающее искусственный сосок и рабочий орган с встроенным устройством регистрации давления, отличающееся тем, что рабочий орган выполнен в виде разрезного тонкостенного

RU 167 709 U1

кольца из пружинной стали с встроенными тензометрическими датчиками, при этом размещено кольцо в продольном углублении искусственного соска, выполненном с возможностью радиального и осевого перемещения кольца вдоль сосковой резины.

*5**10**15**20**25**30**35**40**45*

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Матрица плана проведения экспериментальных исследований и результаты экспериментальных данных по определению давления на сосок P_c доильного аппарата непрерывного доения для получения расчетной формулы в программе «*Mathematika 10*».

Таблица В 1 - Матрица плана проведения эксперимента

| Уровень и интервал варьирования | Факторы | | | Критерий Давление на сосок P_c , кПа |
|---------------------------------|---|------------------|---|---|
| | Толщина резинового крепления b , м | Вакуум P , кПа | Расстояние между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана s , м | |
| | X_1 | X_2 | X_3 | Y |
| Верхний уровень (+) | 0,003 | 44 | 0,003 | – |
| Основной уровень (0) | 0,002 | 42 | 0,002 | – |
| Нижний уровень (-) | 0,001 | 40 | 0,001 | – |
| Интервал варьирования | 0,001 | 2 | 0,001 | – |
| 1 | + | + | 0 | 16 |
| 2 | – | – | 0 | 17 |
| 3 | + | – | 0 | 15 |
| 4 | – | + | 0 | 22 |
| 5 | + | 0 | + | 10 |
| 6 | – | 0 | – | 23 |
| 7 | + | 0 | – | 22 |
| 8 | – | 0 | + | 15 |
| 9 | 0 | + | + | 13 |
| 10 | 0 | – | – | 21 |
| 11 | 0 | + | – | 23 |
| 12 | 0 | – | + | 12 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 16 |

Таблица В 2 - Результаты экспериментальных данных по определению давления на сосок

| | Давление на сосок ,кПа | | | | | |
|----|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| | 1-я повт. | 2-я повт. | 3-я повт. | 4-я повт. | 5-я повт. | Среднее |
| 1 | 14 | 14 | 18 | 18 | 16 | 16 |
| 2 | 29 | 26 | 26 | 24 | 25 | 17 |
| 3 | 13 | 17 | 14 | 15 | 16 | 15 |
| 4 | 22 | 21 | 21 | 24 | 22 | 22 |
| 5 | 10 | 9 | 11 | 11 | 9 | 10 |
| 6 | 24 | 22 | 25 | 23 | 21 | 23 |
| 7 | 20 | 24 | 22 | 21 | 23 | 22 |
| 8 | 14 | 16 | 15 | 16 | 14 | 15 |
| 9 | 13 | 13 | 15 | 13 | 11 | 13 |
| 10 | 19 | 20 | 20 | 23 | 23 | 21 |
| 11 | 23 | 22 | 25 | 24 | 21 | 23 |
| 12 | 14 | 13 | 12 | 12 | 9 | 12 |
| 13 | 14 | 16 | 13 | 14 | 13 | 14 |
| 14 | 13 | 14 | 14 | 15 | 14 | 14 |
| 15 | 17 | 13 | 18 | 16 | 16 | 16 |

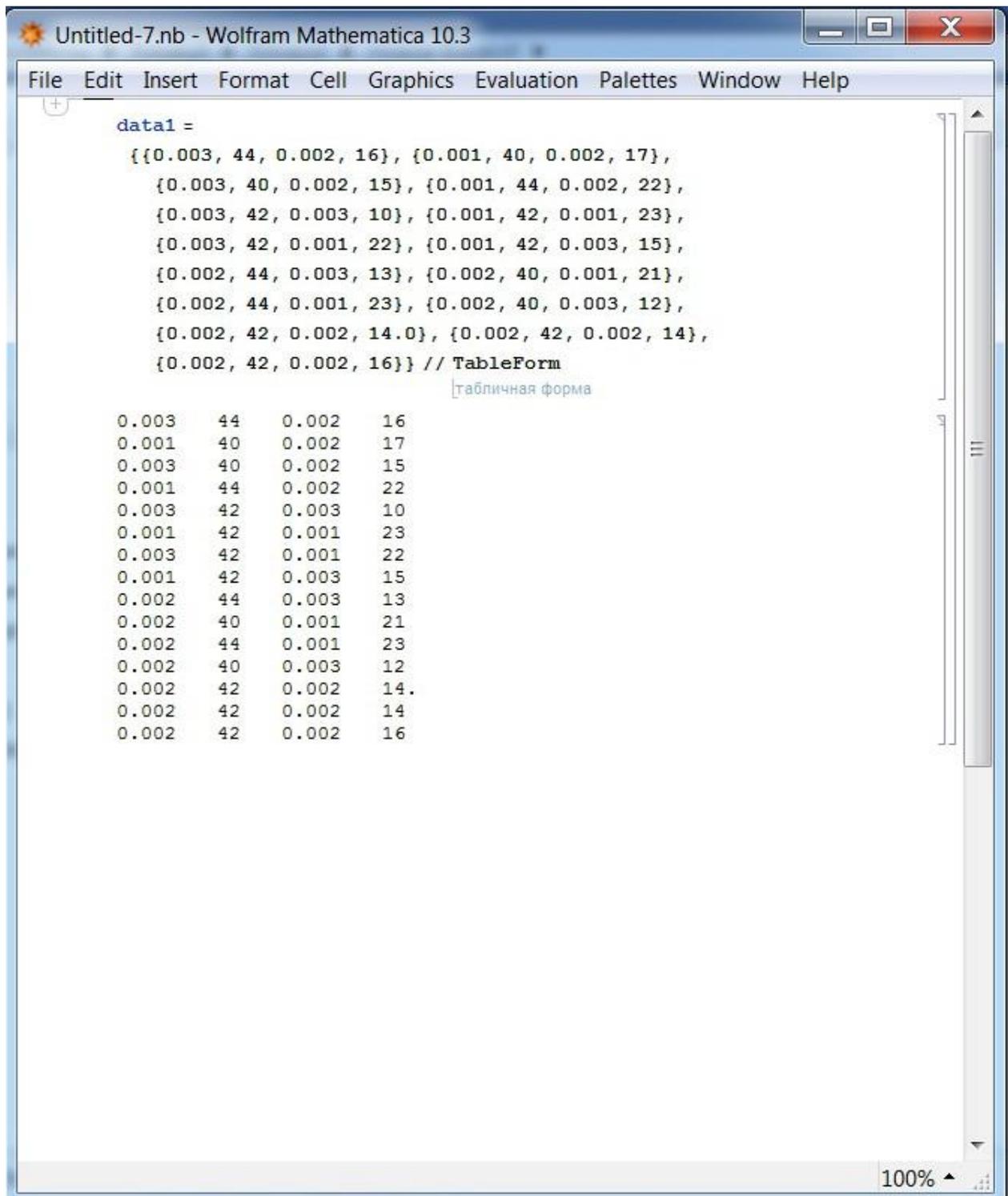


Рисунок В1 – Исходные данные для получение модели регрессии в программе «Mathematika».

```

Untitled-9.nb * - Wolfram Mathematica 10.3
File Edit Insert Format Cell Graphics Evaluation Palettes Window Help

data1 = {{0.003, 44, 0.002, 16}, {0.001, 40, 0.002, 17},
  {0.003, 40, 0.002, 15}, {0.001, 44, 0.002, 22},
  {0.003, 42, 0.003, 10}, {0.001, 42, 0.001, 23},
  {0.003, 42, 0.001, 22}, {0.001, 42, 0.003, 15},
  {0.002, 44, 0.003, 13}, {0.002, 40, 0.001, 21},
  {0.002, 44, 0.001, 23}, {0.002, 40, 0.003, 12},
  {0.002, 42, 0.002, 14.0}, {0.002, 42, 0.002, 14},
  {0.002, 42, 0.002, 16}}

f1[x_, y_, z_] =
Fit[data1, {1, x, y, z, x^2, y^2, z^2, xy, xz, yz},
  {x, y, z}]

{{0.003`, 44, 0.002`, 16}, {0.001`, 40, 0.002`, 17},
 {0.003`, 40, 0.002`, 15}, {0.001`, 44, 0.002`, 22},
 {0.003`, 42, 0.003`, 10}, {0.001`, 42, 0.001`, 23},
 {0.003`, 42, 0.001`, 22}, {0.001`, 42, 0.003`, 15},
 {0.002`, 44, 0.003`, 13}, {0.002`, 40, 0.001`, 21},
 {0.002`, 44, 0.001`, 23}, {0.002`, 40, 0.003`, 12},
 {0.002`, 42, 0.002`, 14.}, {0.002`, 42, 0.002`, 14},
 {0.002`, 42, 0.002`, 16}}

528.7500000000019` + 15083.333333337145` x +
  1.5416666666665538` *^6 x^2 - 25.31250000000094` y -
  500.00000000000846` x y + 0.32291666666667856` y^2 -
  2791.666666667763` z - 1.00000000000000461` *^6 x z -
  124.9999999999895` y z + 1.29166666666668148` *^6 z^2
100%

```

Рисунок В2 – Получение математической модели регрессии для определения давления сосковой резины на сосок доильного аппарата непрерывного доения в программе «Mathematica» с помощью оператора `Fit [data, {комбинации функций}, {переменные}]`.

Приложение Г

Значимость отдельных коэффициентов уравнения регрессии по критерию Стьюдента

Однофакторный дисперсионный анализ

ИТОГИ

| <i>Группы</i> | <i>Счет</i> | <i>Сумма</i> | <i>Среднее</i> | <i>Дисперсия</i> |
|-----------------------------|-------------|--------------|----------------|------------------|
| Столбец 1 | 5 | 80 | 16 | 4 |
| Столбец 2 | 5 | 130 | 26 | 3,5 |
| Столбец 3 | 5 | 75 | 15 | 2,5 |
| Столбец 4 | 5 | 110 | 22 | 1,5 |
| Столбец 5 | 5 | 50 | 10 | 1 |
| Столбец 6 | 5 | 115 | 23 | 2,5 |
| Столбец 7 | 5 | 110 | 22 | 2,5 |
| Столбец 8 | 5 | 75 | 15 | 1 |
| Столбец 9 | 5 | 65 | 13 | 2 |
| Столбец 10 | 5 | 105 | 21 | 3,5 |
| Столбец 11 | 5 | 115 | 23 | 2,5 |
| Столбец 12 | 5 | 60 | 12 | 3,5 |
| Столбец 13 | 5 | 70 | 14 | 1,5 |
| Столбец 14 | 5 | 70 | 14 | 0,5 |
| Столбец 15 | 5 | 80 | 16 | 3,5 |
| Дисперсия воспроизводимости | | | | 2,366667 |

Дисперсия определения коэффициентов
регрессии

число степеней свободы
t - критерий Стьюдента

| | | | |
|-----------|-----------|--|--|
| S^2_A | 0,0315556 | | |
| $S_A * t$ | 0,355331 | | |
| v | 60 | | |
| | 2,0003 | | |

| | | | | | | | | | |
|--------|---------|---------|---------|------|----------|---------|---------|------|---------|
| 528,75 | 15083,3 | 1541670 | 25,3125 | 500 | 0,322917 | 2791,67 | 1000000 | 125 | 1291670 |
| знач | знач | знач | знач | знач | незнач | знач | знач | знач | знач |

Приложение Д

Проверка однородности коэффициентов уравнения регрессии по критерию Кохрена

Однофакторный дисперсионный анализ

| ИТОГИ | | | | |
|-----------------------------|-------------|--------------|----------------|------------------|
| <i>Группы</i> | <i>Счет</i> | <i>Сумма</i> | <i>Среднее</i> | <i>Дисперсия</i> |
| Столбец 1 | 5 | 80 | 16 | 4 |
| Столбец 2 | 5 | 130 | 26 | 3,5 |
| Столбец 3 | 5 | 75 | 15 | 2,5 |
| Столбец 4 | 5 | 110 | 22 | 1,5 |
| Столбец 5 | 5 | 50 | 10 | 1 |
| Столбец 6 | 5 | 115 | 23 | 2,5 |
| Столбец 7 | 5 | 110 | 22 | 2,5 |
| Столбец 8 | 5 | 75 | 15 | 1 |
| Столбец 9 | 5 | 65 | 13 | 2 |
| Столбец 10 | 5 | 105 | 21 | 3,5 |
| Столбец 11 | 5 | 115 | 23 | 2,5 |
| Столбец 12 | 5 | 60 | 12 | 3,5 |
| Столбец 13 | 5 | 70 | 14 | 1,5 |
| Столбец 14 | 5 | 80 | 16 | 4 |
| Столбец 15 | 5 | 130 | 26 | 3,5 |
| Дисперсия воспроизводимости | | | | 2,366667 |
| сумма построчных дисперсий | | | | 35,5 |

Дисперсионный анализ

| <i>Источник вариации</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>P-Значение</i> | <i>F критическое</i> |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------------|----------------------|
| Между группами | 1668,667 | 14 | 119,1905 | 50,36217 | 8,27E-28 | 1,8602423 |
| Внутри групп | 142 | 60 | 2,366667 | | | |
| Итого | 1810,667 | 74 | | | | |

| | |
|--|-----------|
| Максимум построчных дисперсий | 4 |
| Расчетное значение критерия Кохрена | 0,1126761 |
| Табличное значение критерия Кохрена | 0,43 |
| Однородность коэффициентов по критерию Кохрена | Знач. |

| | | |
|-------------------------|--|----|
| Количество повторностей | | 5 |
| n | | 5 |
| Количество опытов N | | 15 |
| Степень свободы 1 | | 4 |
| Степень свободы 2 | | 15 |

Приложение Е

Проверка значимости уравнения регрессии по критерию Фишера

ИТОГИ

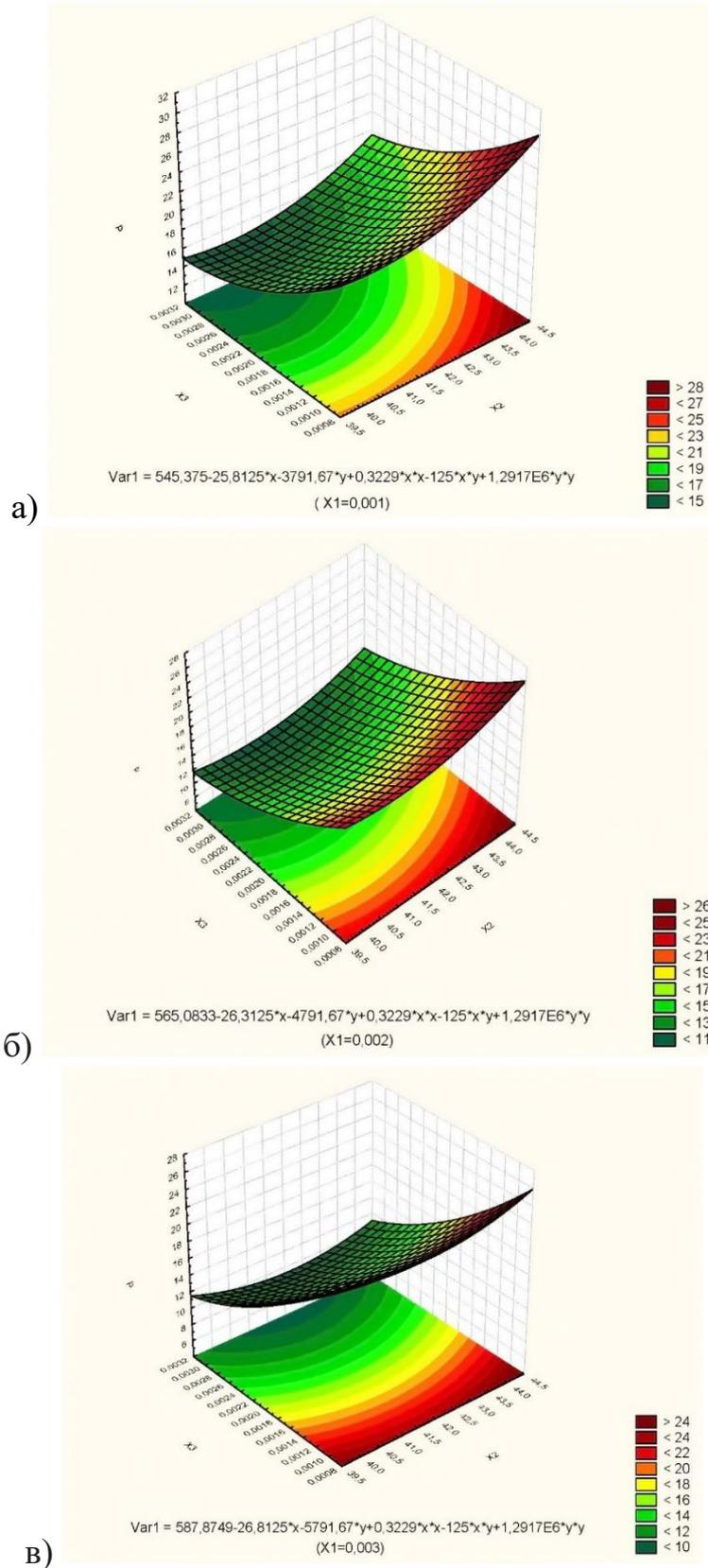
| Группы | Счет | Сумма | Среднее | Дисперсия |
|-----------------------------|------|-------|---------|-----------|
| Столбец 1 | 5 | 80 | 16 | 4 |
| Столбец 2 | 5 | 130 | 26 | 3,5 |
| Столбец 3 | 5 | 75 | 15 | 2,5 |
| Столбец 4 | 5 | 110 | 22 | 1,5 |
| Столбец 5 | 5 | 50 | 10 | 1 |
| Столбец 6 | 5 | 115 | 23 | 2,5 |
| Столбец 7 | 5 | 110 | 22 | 2,5 |
| Столбец 8 | 5 | 75 | 15 | 1 |
| Столбец 9 | 5 | 65 | 13 | 2 |
| Столбец 10 | 5 | 105 | 21 | 3,5 |
| Столбец 11 | 5 | 115 | 23 | 2,5 |
| Столбец 12 | 5 | 60 | 12 | 3,5 |
| Столбец 13 | 5 | 70 | 14 | 1,5 |
| Столбец 14 | 5 | 70 | 14 | 0,5 |
| Столбец 15 | 5 | 80 | 16 | 3,5 |
| Дисперсия воспроизводимости | | | | 2,366667 |

| Знач. эксп. \bar{y} | Знач. расчетные \hat{y} | $(\bar{y} - \hat{y})$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ |
|------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 16 | 15,875582 | 0,124418 | 0,01548 |
| 17 | 17,12551 | -0,12551 | 0,015753 |
| 15 | 15,62547 | -0,62547 | 0,391213 |
| 22 | 21,375622 | 0,624378 | 0,389848 |
| 10 | 9,875538 | 0,124462 | 0,015491 |
| 23 | 23,125558 | -0,125558 | 0,015765 |
| 22 | 21,625518 | 0,374482 | 0,140237 |
| 15 | 15,375578 | -0,375578 | 0,141059 |
| 13 | 13,250612 | -0,250612 | 0,062806 |
| 21 | 20,75048 | 0,24952 | 0,06226 |
| 23 | 23,500592 | -0,500592 | 0,250592 |
| 12 | 11,5005 | 0,4995 | 0,2495 |
| 14 | 14,667208 | -0,667208 | 0,445167 |
| 14 | 14,667208 | -0,667208 | 0,445167 |
| 16 | 14,667208 | 1,332792 | 1,776335 |
| Дисперсия адекватности | | | 4,416671161 |

| | |
|---|-------------|
| F-расчетное | 1,866199082 |
| F-табл | 6,26 |
| Значимость уравнения регрессии по критерию Фишера | Знач. |

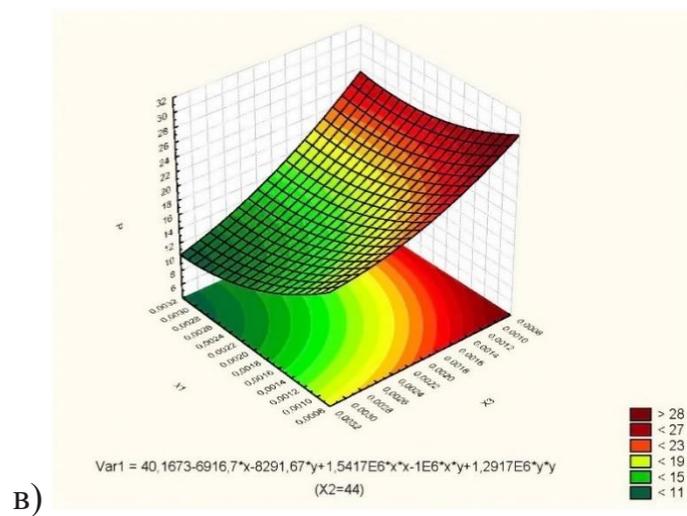
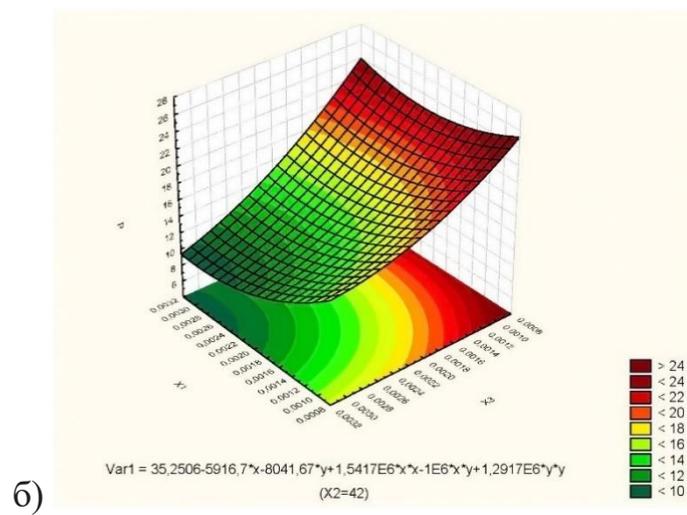
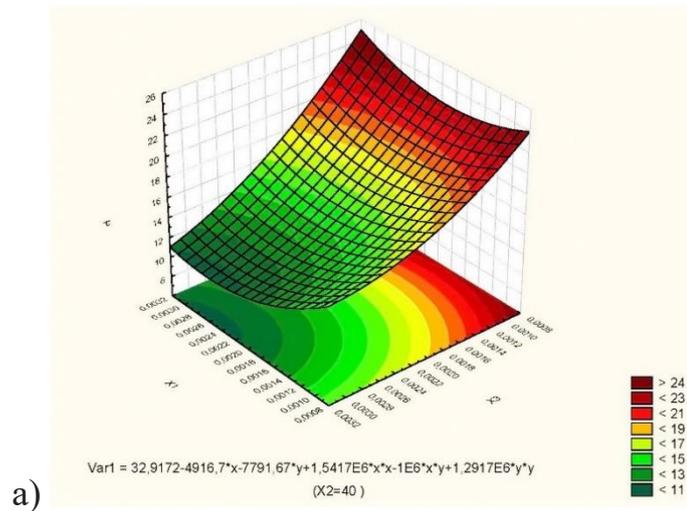
| | |
|---|----|
| Количество повторностей n | 5 |
| Количество опытов N | 15 |
| Количество коэфф. уравнения регрессии k | 10 |
| Степень свободы 1 | 4 |
| Степень свободы 2 | 5 |

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (обязательное)



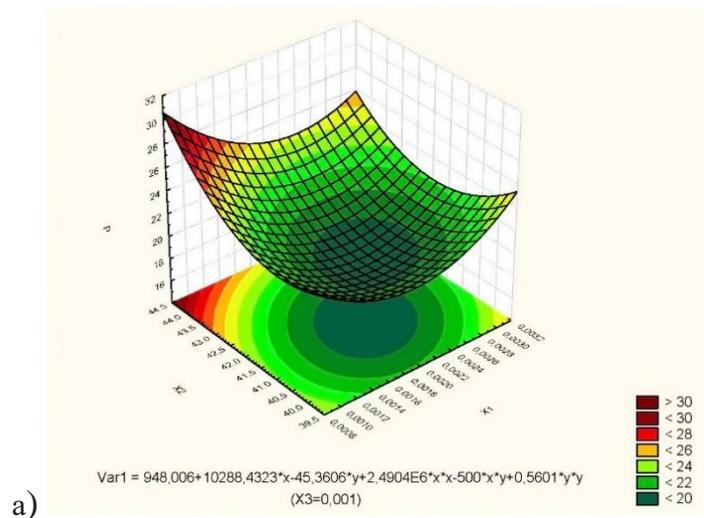
а) $b=0,001$ м, б) $b=0,002$ м, в) $b=0,003$ м

Рисунок Ж 1 - Поверхности отклика, характеризующие величину давления сосковой резины на сосок в зависимости от вакуумметрического давления P (кПа) и расстояния между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана s (м) при различной ширине резинового крепления сосковой трубки b (м).

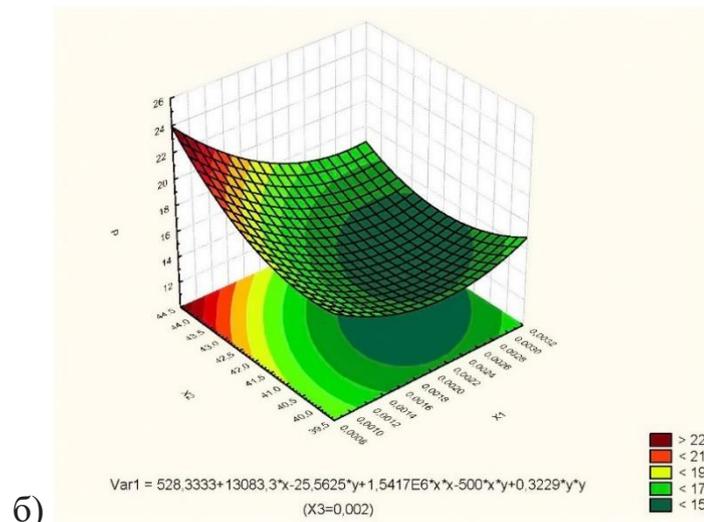


а) $P = 40$ кПа, б) $P = 42$ кПа, в) $P = 44$ кПа

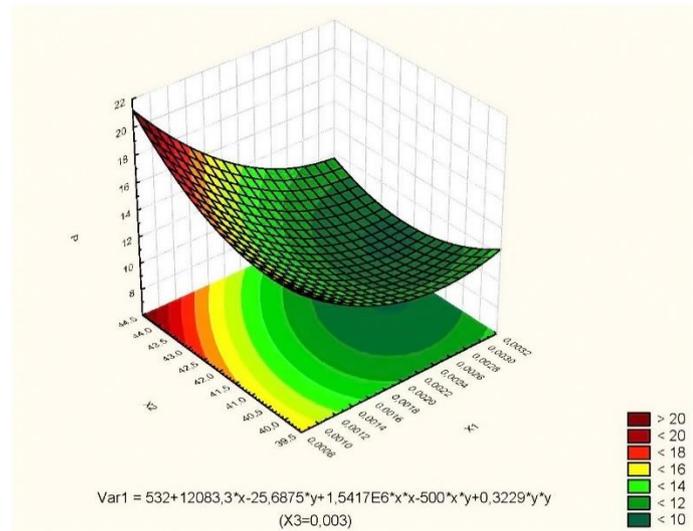
Рисунок Ж 2 – Поверхности отклика, характеризующие величину давления сосковой резины на сосок в зависимости от ширины резинового крепления сосковой трубки b (м) и расстояния между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана s (м) при различном вакуумметрическом давлении P (кПа)



а)



б)



в)

а) $s = 0,001$ м, б) $s = 0,002$ м, в) $s = 0,003$ м

Рисунок Ж 3 - Поверхности отклика, характеризующие величину давления сосковой резины на сосок в зависимости от вакуумметрического давления P (кПа) и ширины резинового крепления сосковой трубки b (м) при различном расстоянии между сосковой трубкой и стенкой доильного стакана s (м).

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ДВУХМЕРНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

Таблица Ж 1 – Исходные данные для построения двухмерных графических зависимостей P_c от s

| P_c от s | | P_c от s | | P_c от s | |
|---------------------|----------|---------------------|----------|---------------------|----------|
| s | P_c | s | P_c | s | P_c |
| 0,001 | 20,75048 | 0,001 | 20,83386 | 0,001 | 23,50059 |
| 0,0015 | 17,46923 | 0,0015 | 17,42762 | 0,0015 | 19,96934 |
| 0,002 | 14,83382 | 0,002 | 14,66720 | 0,002 | 17,08393 |
| 0,0025 | 12,84424 | 0,0025 | 12,55263 | 0,0025 | 14,84435 |
| 0,003 | 11,5005 | 0,003 | 11,08388 | 0,003 | 13,25061 |
| P=40 B=0,002 | | P=42 B=0,002 | | P=44 B=0,002 | |

Таблица Ж 2 – Исходные данные для построения двухмерных графических зависимостей P_c от b

| P_c от b | | P_c от b | | P_c от b | |
|---------------------|----------|---------------------|----------|---------------------|----------|
| b | P_c | b | P_c | b | P_c |
| 0,001 | 14,79219 | 0,001 | 15,37557 | 0,001 | 18,54230 |
| 0,0015 | 12,76092 | 0,0015 | 12,84431 | 0,0015 | 15,51103 |
| 0,002 | 11,50050 | 0,002 | 11,08388 | 0,002 | 13,25061 |
| 0,0025 | 10,92340 | 0,0025 | 10,09429 | 0,0025 | 11,76101 |
| 0,003 | 10,88821 | 0,003 | 9,875538 | 0,003 | 11,04226 |
| P=40 S=0,003 | | P=42 S=0,003 | | P=44 S=0,003 | |

Таблица Ж 3 – Исходные данные для построения сравнительных экспериментальных и теоретических двухмерных графических зависимостей

| P_c от P | | | | P_c от s | | | | P_c от b | | | |
|----------------|--------|--------|-------|----------------|--------|--------|-------|----------------|--------|--------|-------|
| эксперимент | | теория | | эксперимент | | теория | | эксперимент | | теория | |
| P | P_c | P | P_c | s | P_c | s | P_c | b | P_c | b | P_c |
| 40 | 11,500 | 40 | 13,2 | 0,001 | 20,750 | 0,001 | 24,5 | 0,001 | 14,792 | 0,001 | 18,15 |
| 42 | 11,083 | 42 | 13,8 | 0,0015 | 17,469 | 0,0015 | 22,0 | 0,0015 | 12,761 | 0,0015 | 15,61 |
| 43 | 11,844 | 43 | 14,3 | 0,002 | 14,833 | 0,002 | 17,9 | 0,002 | 11,500 | 0,002 | 13,20 |
| 44 | 13,250 | 44 | 15,1 | 0,0025 | 12,844 | 0,0025 | 15,8 | 0,0025 | 10,923 | 0,0025 | 11,01 |
| 45 | 15,302 | 44 | 15,2 | 0,003 | 11,500 | 0,003 | 13,2 | 0,003 | 10,888 | 0,003 | 9,42 |
| 46 | 18,000 | 46 | 17,8 | P=40 | | | | P=40 | | | |
| B=0,002 | | | | B=0,002 | | | | S=0,003 | | | |
| S=0,003 | | | | | | | | | | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Матрица плана проведения экспериментальных исследований и результаты экспериментальных данных по определению производительности доильного аппарата непрерывного доения Q , л/мин для получения расчетной формулы в программе «*Mathematika 10*».

Таблица 3 1 - Матрица плана проведения эксперимента

| Уровень и интервал варьирования | Факторы | | Критерий | |
|---------------------------------|---|------------------------------------|---|---|
| | Величина рабочего вакуумметрического давления P , кПа | Частота пульсаций вакуума f , Гц | Производительность аппарата с пульсатором 60/40 Q , л/мин | Производительность аппарата с пульсатором 70/30 Q , л/мин |
| | X_1 | X_2 | Y | Y |
| Верхний уровень (+) | 50 | 1,5 | – | |
| Нижний уровень (-) | 35 | 1 | – | |
| Интервал варьирования | 15 | 0,5 | – | |
| 1 | - | - | 2,17 | 2,61 |
| 2 | + | - | 3,23 | 3,26 |
| 3 | - | + | 2,01 | 2,78 |
| 4 | + | + | 2,80 | 4,03 |

Таблица 3 2 - Результаты экспериментальных данных по определению производительности доильного аппарата непрерывного доения

| | Производительность аппарата с пульсатором 60/40 Q , л/мин | | | | | |
|---|---|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| | 1-я повт. | 2-я повт. | 3-я повт. | 4-я повт. | 5-я повт. | Среднее |
| 1 | 2,14 | 2,17 | 2,16 | 2,17 | 2,22 | 2,17 |
| 2 | 3,16 | 3,23 | 3,30 | 3,13 | 3,33 | 3,23 |
| 3 | 2,13 | 1,95 | 1,94 | 2,07 | 2,00 | 2,01 |
| 4 | 2,86 | 2,78 | 2,86 | 2,73 | 2,80 | 2,80 |
| | Производительность аппарата с пульсатором 70/30 Q , л/мин | | | | | |
| | 1-я повт. | 2-я повт. | 3-я повт. | 4-я повт. | 5-я повт. | Среднее |
| 1 | 2,61 | 2,56 | 2,73 | 2,65 | 2,50 | 2,61 |
| 2 | 3,33 | 3,19 | 3,30 | 3,16 | 3,33 | 3,26 |
| 3 | 2,80 | 2,75 | 2,86 | 2,73 | 2,75 | 2,78 |
| 4 | 4,00 | 4,05 | 4,17 | 4,00 | 3,95 | 4,03 |

```

производительность решение 60-40.nb - Wolfram Mathematica 10.3
File Edit Insert Format Cell Graphics Evaluation Palettes Window Help
+
data1 = {{35.0, 1.0, 2.17}, {50.0, 1.0, 3.23}, {35.0, 1.5, 2.01}, {50.0, 1.5, 2.80}}

f1[x_, y_, z_] = Fit[data1, {1, x, y, x y}, {x, y}]
[согласовать]
{{35., 1., 2.17}, {50., 1., 3.23}, {35., 1.5, 2.01}, {50., 1.5, 2.8}}
-1.24333 + 0.106667 x + 0.94 y - 0.036 x y

```

Рисунок 3 1 - Получение математической модели регрессии для определения производительности доильного аппарата с пульсатором 60/40 в программе «Mathematika».

```

производительность решение 70-30.nb - Wolfram Mathematica 10.3
File Edit Insert Format Cell Graphics Evaluation Palettes Window Help
+
data1 = {{35.0, 1.0, 2.61}, {50.0, 1.0, 3.26}, {35.0, 1.5, 2.78}, {50.0, 1.5, 4.03}}

f1[x_, y_, z_] = Fit[data1, {1, x, y, x y}, {x, y}]
[согласовать]
{{35., 1., 2.61}, {50., 1., 3.26}, {35., 1.5, 2.78}, {50., 1.5, 4.03}}
3.55333 - 0.0366667 x - 2.46 y + 0.08 x y

```

Рисунок 3 2 - Получение математической модели регрессии для определения производительности доильного аппарата с пульсатором 70/30 в программе «Mathematika»

Приложение И

Значимость отдельных коэффициентов уравнения регрессии по критерию Стьюдента

Однофакторный дисперсионный анализ

ИТОГИ

| <i>Группы</i> | <i>Счет</i> | <i>Сумма</i> | <i>Среднее</i> | <i>Дисперсия</i> |
|---------------|-------------|--------------|----------------|------------------|
| Столбец 1 | 5 | 10,87118 | 2,174236 | 0,000886 |
| Столбец 2 | 5 | 16,13874 | 3,227748 | 0,007836 |
| Столбец 3 | 5 | 10,08016 | 2,016032 | 0,006657 |
| Столбец 4 | 5 | 14,02307 | 2,804615 | 0,003055 |

Дисперсия воспроизводимости

0,004608499

Дисперсия определения коэффициентов регрессии

| | |
|-----------|-----------|
| S^2_A | 0,0002304 |
| $S_A * t$ | 0,0321796 |
| v | 16 |
| t | 2,1199 |

число степеней свободы

t - критерий Стьюдента

| | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| 1,2433 | 0,1067 | 0,9400 | 0,0360 |
| знач | знач | знач | знач |

Приложение К

Проверка однородности коэффициентов уравнения регрессии по критерию Кохрена

Однофакторный дисперсионный анализ

| ИТОГИ | | | | |
|-----------------------------|-------------|--------------|----------------|------------------|
| <i>Группы</i> | <i>Счет</i> | <i>Сумма</i> | <i>Среднее</i> | <i>Дисперсия</i> |
| Столбец 1 | 5 | 10,87118 | 2,174236 | 0,000886 |
| Столбец 2 | 5 | 16,13874 | 3,227748 | 0,007836 |
| Столбец 3 | 5 | 10,08016 | 2,016032 | 0,006657 |
| Столбец 4 | 5 | 14,02307 | 2,804615 | 0,003055 |
| | | | | |
| | | | | |
| Дисперсия воспроизводимости | | | | 0,004608499 |
| сумма построчных дисперсий | | | | 0,018433997 |

Дисперсионный анализ

| <i>Источник вариации</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>P-Значение</i> | <i>F критическое</i> |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------------|----------------------|
| Между группами | 4,751814 | 3 | 1,583938 | 343,6993 | 9,85E-15 | 3,2388715 |
| Внутри групп | 0,073736 | 16 | 0,004608 | | | |
| | | | | | | |
| Итого | 4,82555 | 19 | | | | |

| | |
|--|-------------|
| Максимум построчных дисперсий | 0,007835874 |
| Расчетное значение критерия Кохрена | 0,425077299 |
| Табличное значение критерия Кохрена | 0,63 |
| Однородность коэффициентов по критерию Кохрена | Знач. |

| | |
|----------------------------------|---|
| Количество повторностей <i>n</i> | 5 |
| Количество опытов <i>N</i> | 4 |
| Степень свободы 1 | 4 |
| Степень свободы 2 | 4 |

Приложение Л

Проверка значимости уравнения регрессии по критерию Фишера

ИТОГИ

| Группы | Счет | Сумма | Среднее | Дисперсия |
|-----------|------|----------|----------|-----------|
| Столбец 1 | 5 | 10,87118 | 2,174236 | 0,000886 |
| Столбец 2 | 5 | 16,13874 | 3,227748 | 0,007836 |
| Столбец 3 | 5 | 10,08016 | 2,016032 | 0,006657 |
| Столбец 4 | 5 | 14,02307 | 2,804615 | 0,003055 |

Дисперсия воспроизводимости

0,004608499

| Знач. эксп. \bar{y} | Знач. расчетные \hat{y} | $(\bar{y} - \hat{y})$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ |
|------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 2,173913 | 2,170017 | 0,003896043 | 1,51792E-05 |
| 3,225806 | 3,230022 | -0,004215548 | 1,77708E-05 |
| 2,013423 | 2,010018 | 0,003404819 | 1,15928E-05 |
| 2,803738 | 2,800023 | 0,003715318 | 1,38036E-05 |
| | | | |
| Дисперсия адекватности | | | 0,000145866 |

| | |
|---|-------------|
| F-расчетное | 0,031651507 |
| F-табл | 6,94 |
| Значимость уравнения регрессии по критерию Фишера | Знач. |

| | |
|---|---|
| Количество повторностей n | 5 |
| Количество опытов N | 4 |
| Количество коэфф. уравнения регрессии k | 2 |
| Степень свободы 1 | 4 |
| Степень свободы 2 | 2 |

ПРИЛОЖЕНИЕ М (обязательное)

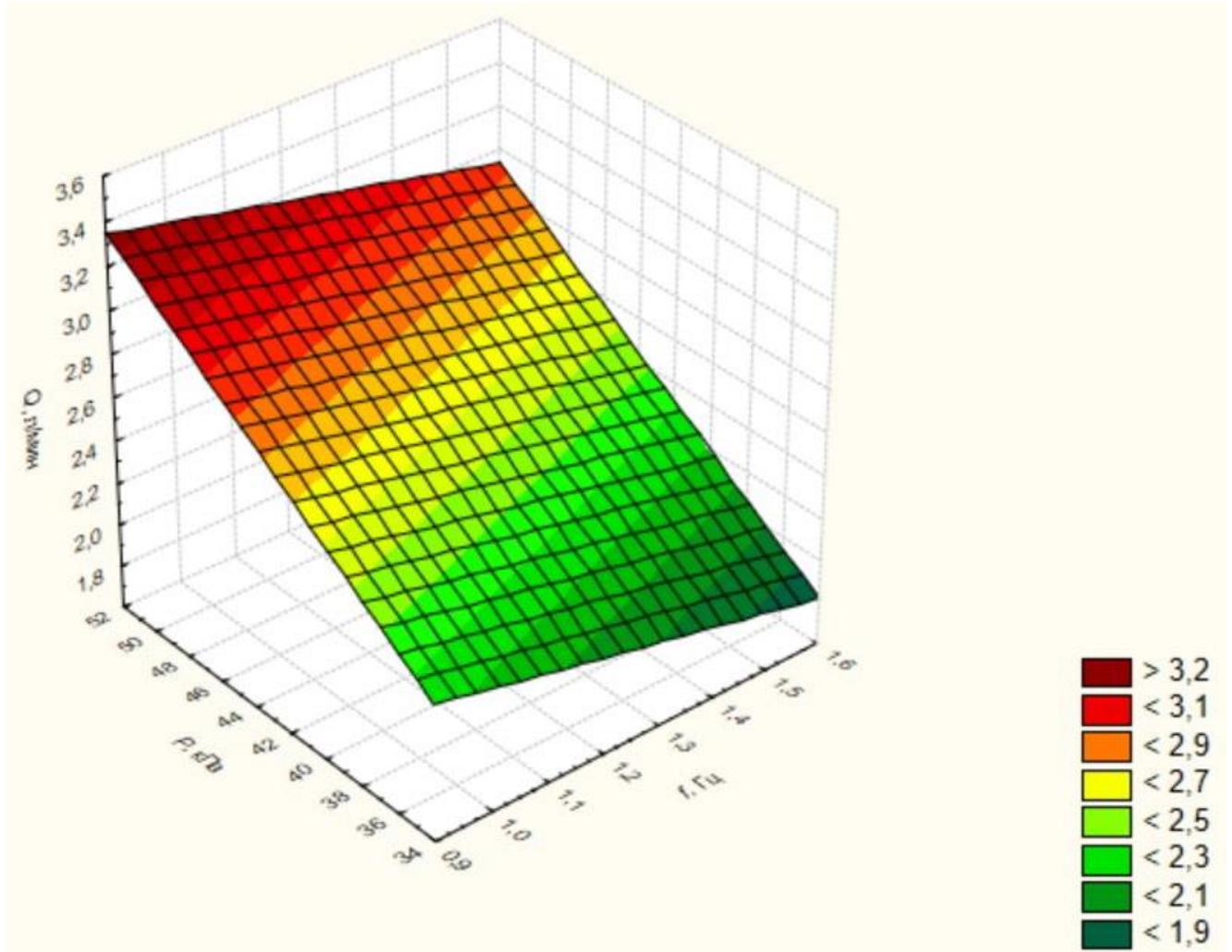


Рисунок М 1 - Поверхности отклика, характеризующие величину производительности доильного аппарата с пульсатором 60/40 в зависимости от вакуумметрического давления P и частоты пульсаций вакуума f .

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

Значимость отдельных коэффициентов уравнения регрессии по критерию Стьюдента

Однофакторный дисперсионный анализ

ИТОГИ

| <i>Группы</i> | <i>Счет</i> | <i>Сумма</i> | <i>Среднее</i> | <i>Дисперсия</i> |
|---------------|-------------|--------------|----------------|------------------|
| Столбец 1 | 5 | 13,05494 | 2,610988 | 0,007492 |
| Столбец 2 | 5 | 16,31275 | 3,262551 | 0,006797 |
| Столбец 3 | 5 | 13,89274 | 2,778548 | 0,002705 |
| Столбец 4 | 5 | 20,16809 | 4,033618 | 0,006955 |

Дисперсия воспроизводимости

0,005987317

Дисперсия определения коэффициентов регрессии

число степеней свободы

t - критерий Стьюдента

| | |
|-----------|-----------|
| S^2_A | 0,0002994 |
| $S_A * t$ | 0,0365076 |
| v | 16 |
| t | 2,1199 |

| | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| 3,5533 | 0,0367 | 2,4600 | 0,0800 |
| знач | знач | знач | знач |

ПРИЛОЖЕНИЕ О

Проверка однородности коэффициентов уравнения регрессии по критерию Кохрена

Однофакторный дисперсионный анализ

| ИТОГИ | | | | |
|-----------------------------|-------------|--------------|----------------|------------------|
| <i>Группы</i> | <i>Счет</i> | <i>Сумма</i> | <i>Среднее</i> | <i>Дисперсия</i> |
| Столбец 1 | 5 | 13,05494 | 2,610988 | 0,007492 |
| Столбец 2 | 5 | 16,31275 | 3,262551 | 0,006797 |
| Столбец 3 | 5 | 13,89274 | 2,778548 | 0,002705 |
| Столбец 4 | 5 | 20,16809 | 4,033618 | 0,006955 |
| Дисперсия воспроизводимости | | | | 0,005987317 |
| сумма построчных дисперсий | | | | 0,023949266 |

Дисперсионный анализ

| <i>Источник вариации</i> | <i>SS</i> | <i>df</i> | <i>MS</i> | <i>F</i> | <i>P-Значение</i> | <i>F критическое</i> |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------------|----------------------|
| Между группами | 6,100613 | 3 | 2,033538 | 339,6409 | 1,08E-14 | 3,238872 |
| Внутри групп | 0,095797 | 16 | 0,005987 | | | |
| Итого | 6,19641 | 19 | | | | |

| | |
|--|-------------|
| Максимум построчных дисперсий | 0,007492341 |
| Расчетное значение критерия Кохрена | 0,312842174 |
| Табличное значение критерия Кохрена | 0,63 |
| Однородность коэффициентов по критерию Кохрена | Знач. |

| | |
|----------------------------------|---|
| Количество повторностей <i>n</i> | 5 |
| Количество опытов <i>N</i> | 4 |
| Степень свободы 1 | 4 |
| Степень свободы 2 | 4 |

ПРИЛОЖЕНИЕ П

Проверка значимости уравнения регрессии по критерию Фишера
ИТОГИ

| <i>Группы</i> | <i>Счет</i> | <i>Сумма</i> | <i>Среднее</i> | <i>Дисперсия</i> |
|---------------|-------------|--------------|----------------|------------------|
| Столбец 1 | 5 | 13,05494 | 2,610988 | 0,007492 |
| Столбец 2 | 5 | 16,31275 | 3,262551 | 0,006797 |
| Столбец 3 | 5 | 13,89274 | 2,778548 | 0,002705 |
| Столбец 4 | 5 | 20,16809 | 4,033618 | 0,006955 |

Дисперсия воспроизводимости 0,005987317

| Знач. эксп. \bar{y} | Знач. расчетные \hat{y} | $(\bar{y} - \hat{y})$ | $(\bar{y} - \hat{y})^2$ |
|------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 2,610988 | 2,6099948 | 0,00099284 | 9,85731E-07 |
| 3,262551 | 3,259994 | 0,002556812 | 6,53729E-06 |
| 2,778548 | 2,77999445 | -0,001446238 | 2,09161E-06 |
| 4,033618 | 4,0299935 | 0,003624328 | 1,31358E-05 |
| Дисперсия адекватности | | | 0,000113752 |

| | |
|---|-------------|
| F-расчетное | 0,018998814 |
| F-табл | 6,94 |
| Значимость уравнения регрессии по критерию Фишера | Знач. |

| | |
|---|---|
| Количество повторностей n | 5 |
| Количество опытов N | 4 |
| Количество коэфф. уравнения регрессии k | 3 |
| Степень свободы 1 | 4 |
| Степень свободы 2 | 2 |

ПРИЛОЖЕНИЕ Р

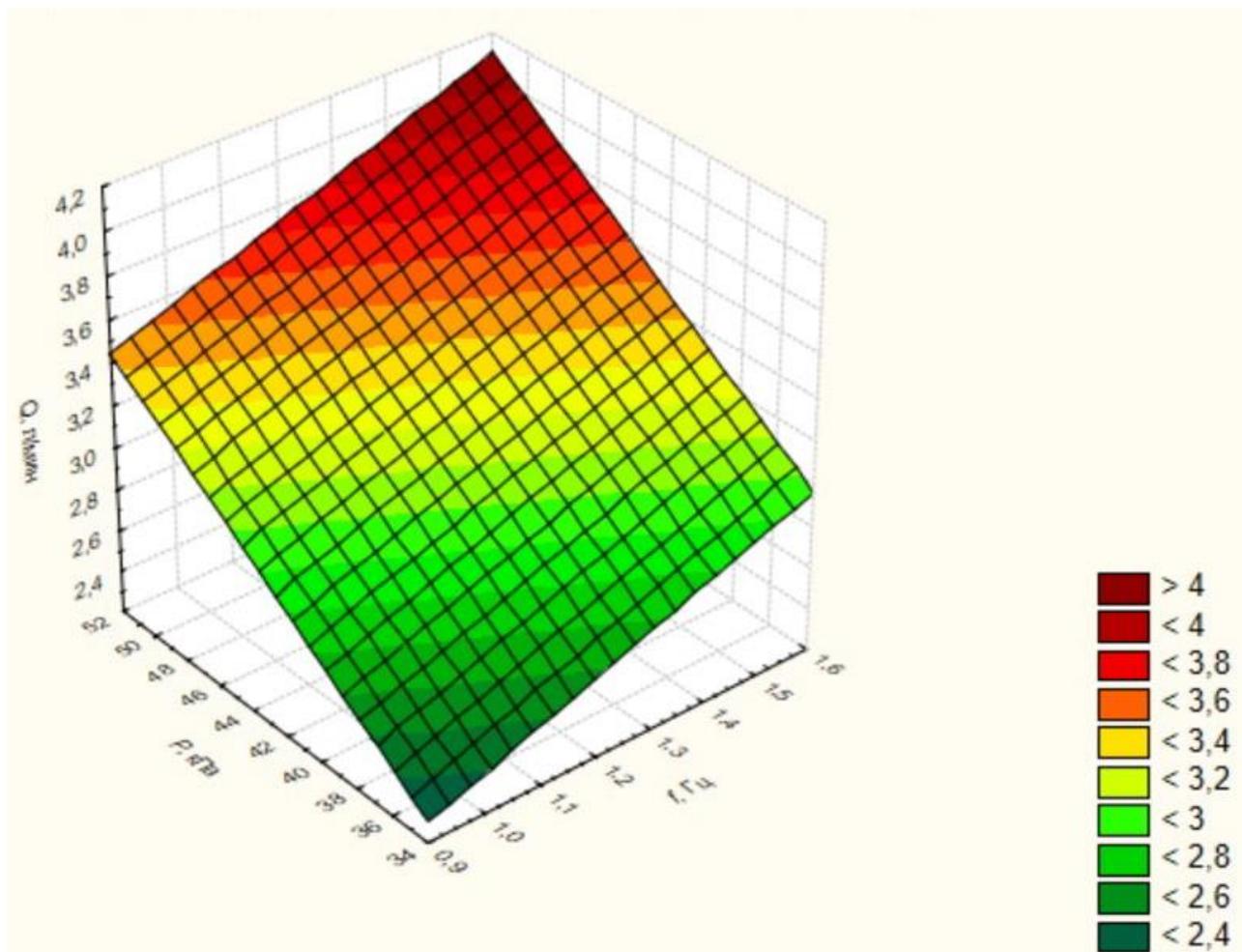


Рисунок Р 1 - Поверхности отклика, характеризующие величину производительности доильного аппарата с пульсатором 70/30 в зависимости от вакуумметрического давления P и частоты пульсаций вакуума f

Таблица Р 1 – Исходные данные для построения двумерных графических зависимостей Q от f

| Аппарат непрерывного доения | | | | | | | | АДУ-1 | |
|-----------------------------------|---------|-----------------------------------|---------|-----------------------------------|---------|-----------------------------------|---------|-----------------------------------|---------|
| Q от f | |
| s | P_c |
| 1 | 2,52335 | 1 | 2,66468 | 1 | 2,82666 | 1 | 2,91332 | 1 | 3,53866 |
| 1,1 | 2,47335 | 1,1 | 2,60748 | 1,1 | 2,90066 | 1,1 | 3,00332 | 1,1 | 3,39012 |
| 1,2 | 2,42335 | 1,2 | 2,55028 | 1,2 | 2,97466 | 1,2 | 3,09332 | 1,2 | 3,24159 |
| 1,3 | 2,37335 | 1,3 | 2,49308 | 1,3 | 3,04866 | 1,3 | 3,18332 | 1,3 | 3,09306 |
| 1,4 | 2,32335 | 1,4 | 2,43588 | 1,4 | 3,12266 | 1,4 | 3,27332 | 1,4 | 2,94452 |
| 1,5 | 2,27335 | 1,5 | 2,37868 | 1,5 | 3,19666 | 1,5 | 3,36332 | 1,5 | 2,79599 |
| P=40кПа (соотношение 60/40) | | P=42кПа (соотношение 60/40) | | P=40кПа (соотношение 70/30) | | P=42кПа (соотношение 70/30) | | P=48кПа (соотношение 70/30) | |

ПРИЛОЖЕНИЕ С

Программа определения давления сосковой резины на сосок и вакуумметрического давления, необходимого для одностороннего сжатия соска

```

> restart:
Digits:=4:
Давление вакуума
Q:=20000:
Модуль упругости сосковой резины
E:=2.15*10^6:
Длина нерастянутой сосковой резины
L1:=.13:
Внешний и внутренний радиусы сосковой резины
R1:=14.5*.001:
R2:=12*.001:
Сила натяжения
G:=60:
Толщина резинового крепления
b1:=.002:
Толщина сосковой резины
b:=.0025:
h:=4.5*.001:
s:=2.5*.001:
Вычисление растяжения сосковой резины под действием силы натяжения
dav:=evalf(E*s*b1/h/R1*(1-h/sqrt(h^2+s^2))):
print(`Необходимое давление вакуума`,dav);
Момент инерции
IN:=L*.002322^3/24:
Коэффициенты объемной упругости резины и соска
kr:=10.*10^6:
kc:=3*10^6:
k:=kr*kc/(kr+kc);
Дифференциальное уравнение балки на упругом основании
ur:=E*IN*diff(f(x),x$4)+kc*L*f(x)=Q*L;
Начальные условия
nu:=f(0)=0,f(L)=0,D(f)(0)=0,D(f)(L)=0;
Решение
dsolve({ur,nu},f(x)):
ff:=unapply(rhs(%),x):
#simplify(% ,size);
y(x):=evalf(ff(x));
prog:=evalf(ff(L/2)):
print(`Прогиб резины`,prog,`м`);
df:=D(ff):

```

```

f1:=x->sqrt(1+df(x)^2):
`Давление на сосок`:=k*(prog+b*(G/(2*E*3.141*(R1^2-
R2^2))+1/(2*L)*int(f1(x),x=0..L,numeric)-.5));
Общее давление
print(`Общее давление`, Q+dav);
plot(ff(x),x=0..L,labels=[`длина сосковой резины,
м`, `прогиб,
м`],labeldirections=[HORIZONTAL,HORIZONTAL],font=[TIMES,R
OMAN,14],axes=boxed,style=line,linestyle=1,thick-
ness=2,color=black,scaling=constrained);

```

Необходимое давление вакуума для прижа- 20750.
тия соска к стенке доильного стакана

Растяжение продольное 0.01745

$$L := 0.1474$$

$$k := 0.2308 \cdot 10^7$$

$$ur := 0.0001653 \left(\frac{d^4}{dx^4} f(x) \right) + 442200. f(x) = 2948.$$

$$v := f(0) = 0, f(0.1474) = 0, D(f)(0) = 0, D(f)(0.1474) = 0$$

$$y(x) := 0.006667 - 0.006667 e^{(-160.8x)} \cos(160.8x) - 0.006667 e^{(-160.8x)} \sin(160.8x)$$

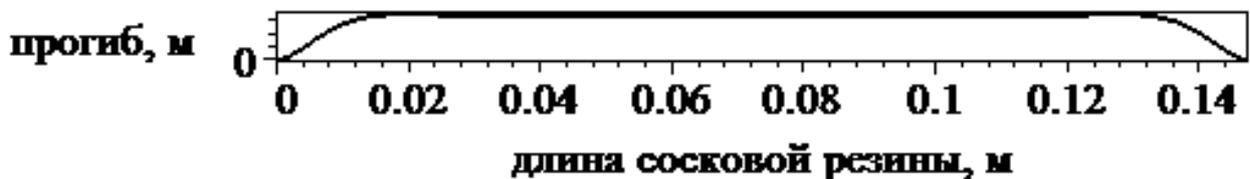
$$+ 0.2897 \cdot 10^{-12} e^{(160.8x)} \cos(160.8x) + 0.3834 \cdot 10^{-12} e^{(160.8x)} \sin(160.8x)$$

Прогиб резины 0.006667 ,

Давление на сосок : 15840.

Общее давление

40750.



ПРИЛОЖЕНИЕ Т

Программа определения скорости молоковыведения и объема молока, выводимого из молочной цистерны в единицу времени

```

> restart:
F:=.00017:
f:=.0000071:
g:=9.8:
pa:=101000:
for pv from 30000 to 60000 by 5000 do
pM:=7000:
p_dob:=15000:
p1:=pa+pM+p_dob:
p2:=pa-pv:
P:=pM+pv+p_dob:
l:=.005:
A:=.01:
ro:=1026:
H:=.07:
v1:=v*f/F:
nu:=1.1*10^(-6):
d:=A/3.141:
kr:=v*d/nu:
del:=.1:
#формула Альтшуля:
V:=sqrt(2*(P+ro*g*H)/ro/(1.5+.11*(del/d)^.25*1/d-.5*f/F-
(f/F)^2)):
Q:=V*f*1000*60:
print (pv,V,Q)
od:
#литры в минуту:
30000, 7.379915506, 3.143844005
35000, 7.722050171, 3.289593373
40000, 8.049656191, 3.429153538
45000, 8.364440852, 3.563251803
50000, 8.667801148, 3.692483289
55000, 8.960897426, 3.817342303
60000, 9.244705979, 3.938244747
>

```

ПРИЛОЖЕНИЕ У
АКТ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Утверждаю

Председатель СХА «Эртильская»

В.Н. Овсянников

2017 г.



Мы, нижеподписавшиеся, заведующий фермой СХА «Эртильская» Абрамов Николай Антонович, доярка фермы СХА «Эртильская» Бочурина Галина Ивановна с одной стороны, сотрудники кафедры безопасности жизнедеятельности, механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ им. Императора Петра 1 профессор Андрианов Евгений Александрович, аспирант Яловой Дмитрий Иванович с другой стороны, составили настоящий акт в том, что с 20 февраля по 20 марта 2017 года на молочной ферме СХА «Эртильская» проводились производственные испытания доильного аппарата, разработанного на кафедре безопасности жизнедеятельности, механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ им. Императора Петра 1.

Экспериментальный доильный аппарат содержит доильные стаканы, пульсатор попарного доения, коллектор и вакуумные шланги (Патент РФ №2556910).

Оригинальной является конструкция стакана. Она состоит из сборной гильзы и сосковой резины, имеющей специальные рёбра, которые позволяют разделить межстенные камеры стакана на две независимые части, в каждой из которых имеются свои воздушные патрубки. Коллектор доильного аппарата имеет две распределительные камеры, каждая из которых сообщается с межстенными камерами доильных стаканов. В межстенные камеры доильных стаканов подается соответственно то атмосферное давление, то разрежение, поступающее от пульсатора попарного доения, что

обеспечивает непрерывность отсоса молока. Попеременное сжатие сосковой трубки соответственно то с одной, то с другой стороны обеспечивает полноценный рефлекс молокоотдачи. Непрерывный отсос молока с одновременной стимуляцией молокоотдачи обеспечивает высокую скорость и безопасность доения аппаратом.

Подобранные коровы красно-пестрой породы живой массой 500+20 кг находились в 3...4 периодах лактации с удоем 3500+70 кг за предыдущую лактацию. Для проведения испытаний в хозяйстве было выделено по две группы коров по 15 голов в каждой, учет вели по 12 животным в группе. В контрольной группе и опытной группе оператор машинного доения одновременно работал с двумя доильными аппаратами. Замер продолжительности технологических операций и измерение удоев молока проводили в контрольные дойки два раза в месяц при помощи электронного счетчика индивидуального учета молока СМ-16(И). Одновременно брались пробы для лабораторных исследований.

Таблица 1 - Результаты производственной проверки технологий доения

| Показатели | Типовая технология доения | Технология доения с разработанным доильным аппаратом | Разница, % |
|---|---------------------------|--|------------|
| Продолжительность подготовительного периода, дней | 5 | 5 | - |
| Количество коров в группе, гол | 12 | 12 | - |
| Средний разовый удой на корову, кг | 6,34 | 6,90 | +8,80 |
| Средняя продолжительность доения коровы, мин | 5,90 | 5,95 | +0,80 |
| Средняя интенсивность молоковыведения, кг/мин | 1,07 | 1,16 | +8,50 |
| Ручной додой, кг | 0,22 | 0,15 | -45,0 |
| Полнота выдаивания, % | 96,50 | 97,82 | |

Заболеваний коров маститом на период проведения исследований не наблюдалось.

Главное преимущество экспериментального доильного аппарата состоит в том, что он дает возможность повысить эффективность доения за счет непрерывного отсоса, позволяя воздействовать на соски вымени рабочим вакуумметрическим давлением 40 кПа с сохранением необходимой производительности и безопасности доения, тем самым исключая вероятность заболевания маститом, а также улучшить стимуляцию молокоотдачи за счет попеременного сжатия соска, имитирующего положение языка теленка в такте сосания, с одновременным выжиманием и отсосом молока при неполном сжатии сосковой трубки. Кроме того, за счет попеременного сжатия соска то с одной, то с другой стороны доильные стаканы несколько раскачиваются в горизонтальной и вертикальной плоскости, что также является дополнительным стимулирующим рефлекс молокоотдачи фактором.

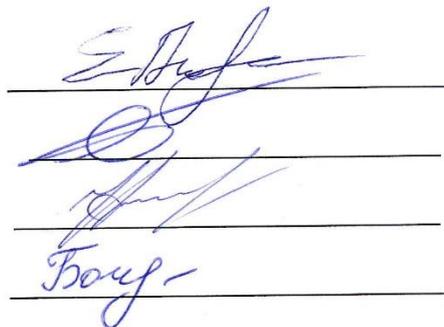
В ходе эксперимента коровы спокойно переносили воздействия доильного аппарата, осуществляющего одностороннее сжатие соска с непрерывным отсосом молока. Никаких патологических изменений вымени коров экспериментальный доильный аппарат не вызывал. На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что разработанный доильный аппарат эффективен и может быть рекомендован к широкому применению.

Профессор Андрианов Е.А.

Аспирант Яловой Д.И.

Заведующий фермой Абрамов Н.А

Доярка фермы Бочурина Г.И.



Four handwritten signatures in blue ink, each written over a horizontal line. The signatures are: 1. A stylized signature starting with 'Е.А.' 2. A signature starting with 'Д.И.' 3. A signature starting with 'Н.А.' 4. A signature starting with 'Г.И.'

Утверждаю
Ректор ФГБОУ ВО
Воронежского государственного
аграрного университета имени
императора Петра I
Бухтояров Н.И.
« 29 » марта 2017 г.



СПРАВКА

о внедрении в учебный процесс результатов научно-исследовательской
работы аспиранта Ялового Д.И.

Результаты научных исследований Д.И. Ялового по обоснованию конструктивно-режимных параметров доильного аппарата непрерывного доения внедрены в учебный процесс при подготовке бакалавров по направлению 35.03.06 (110800.62) и магистров по направлению 35.04.06 (110800.68). Их используют при чтении лекций, выполнении курсовых и дипломных проектов, проведении лабораторно-практических занятий.

Зав. каф. «Безопасность жизнедеятельности,
механизации животноводства и переработки
сельскохозяйственной продукции»

д.б.н., профессор

Высоцкая Е.А.

Декан агроинженерного ф-та ВГАУ

Зав. каф. «Сельскохозяйственные машины,

тракторы и автомобили»,

д.с.-х.н., профессор



Оробинский В.И.