

Государственное научное учреждение
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕХАНИЗАЦИИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК
(ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии)

На правах рукописи

БАХЧЕВНИКОВ ОЛЕГ НИКОЛАЕВИЧ

**ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПАРАМЕТРЫ
ВАКУУМНЫХ ПУЛЬСАТОРОВ ДЛЯ
СТОЙЛОВЫХ ДОИЛЬНЫХ АВТОМАТОВ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства
(по техническим наукам)

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук
И.К.Винников

Зерноград 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. СОСТОЯНИЕ И АНАЛИЗ РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЯЕМЫХ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ И СИСТЕМ. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ	12
1.1. Исходные положения к совершенствованию машинного доения коров	12
1.2. Ретроспективный анализ совершенствования машинного доения коров	23
1.3. Анализ результатов предшествующих исследований по совершенствованию доильных аппаратов	33
1.4. Пульсаторы доильных аппаратов. Их влияние на процесс доения и направления совершенствования	45
1.5. Цель и задачи исследований	47
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И ПАРАМЕТРОВ ВАКУУМНЫХ ПУЛЬСАТОРОВ ДЛЯ СТОЙЛОВЫХ ДОИЛЬНЫХ АВТОМАТОВ	51
2.1. Исходные положения и допущения, принимаемые при исследованиях	51
2.2. Обоснование элементов и схем управляемых доильных аппаратов ..	54
2.3. Характеристики и параметры управляемых пульсаторов для стойловых доильных автоматов	66
2.4. Обоснование рационального размещения логических элементов в схеме управления управляемого доильного аппарата	84
Выводы	87

3. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВАКУУМНЫХ ПУЛЬСАТОРОВ ДЛЯ СТОЙЛОВЫХ ДОИЛЬНЫХ АВТОМАТОВ	90
3.1. Программа экспериментальных исследований	90
3.2. Установка и приборы для экспериментальных исследований	91
3.3. Общая методика лабораторных исследований управляемого доильного аппарата, включающего управляемый вакуумный пульсатор	97
3.4. Методика экспериментальных исследований управляемых вакуумных пульсаторов для стойловых доильных автоматов	99
3.5. Методика экспериментальных исследований влияния размещения логических элементов в схеме управления на работу управляемого доильного аппарата	104
3.6. Методика обработки экспериментальных данных	107
4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВАКУУМНЫХ ПУЛЬСАТОРОВ ДЛЯ СТОЙЛОВЫХ ДОИЛЬНЫХ АВТОМАТОВ И ИХ АНАЛИЗ	109
4.1. Результаты экспериментальных исследований возможности изменения параметров пульсатора в процессе его работы	109
4.2. Результаты экспериментальных исследований управляемого пульсатора с камерой подпора, образованной дополнительной мембраной	110
4.3. Результаты экспериментальных исследований управляемого пульсатора при различных режимах работы доильного аппарата	114
4.4. Результаты экспериментальных исследований зависимости рабочих параметров управляемого пульсатора от его конструктивных параметров	117
4.5. Результаты предшествующих экспериментальных исследований в аспекте предлагаемой теории вакуумных пульсаторов	119

4.6. Результаты экспериментальных исследований влияния размещения логических элементов в схеме управления на работу управляемого доильного аппарата	122
4.7. Результаты экспериментальных исследований по определению рекомендуемых параметров управляемых доильных аппаратов	125
4.8. Методика инженерного расчета и выбора параметров вакуумных пульсаторов для стойловых доильных автоматов	126
Выводы	138
5. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЯЕМОГО ПУЛЬСАТОРА В СОСТАВЕ УПРАВЛЯЕМОГО ДОИЛЬНОГО АППАРАТА ...	140
5.1. Методика производственной проверки управляемого пульсатора в составе управляемого доильного аппарата	140
5.2. Результаты производственной проверки управляемого пульсатора в составе управляемого доильного аппарата.....	145
5.3. Экономическая эффективность управляемого пульсатора в составе управляемого доильного аппарата	151
Выводы	159
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ	160
ЛИТЕРАТУРА	162
ПРИЛОЖЕНИЯ	177
Приложение А	178
Приложение Б	182
Приложение В	186

ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование машинного доения коров занимает одно из основных мест в общей проблеме механизации отрасли производства молока. Основная значимость автоматизации доения состоит не только в повышении производительности труда дояров в 1,5-2 раза, но, главное, в обеспечении безопасности и полноты выдаивания, роста продуктивности коров и качества молока [1]. Поэтому в странах высокой культуры производства молока автоматизации доения уделяется особое внимание. За последние 20 лет в этих странах на фермах с беспривязным содержанием коров автоматизация доения в станочных установках в основном завершена. С 1998 г. начата роботизация этого процесса, и уже работают свыше 20 тысяч доильных роботов, в России же – несколько десятков. Продуктивность коров за это время в ведущих странах ЕС и США удвоилась и достигла 8-10 тыс. кг молока в год, что в 2 раза превышает продуктивность отечественного поголовья. Главная причина отставания России заключается в привязном содержании коров, охватывающем 90% всего поголовья [1].

Отечественные доильные аппараты используются в стадах с годовым удоём до 5-6 тыс. кг на голову. Трехтактный доильный аппарат ДА-3М «Волга» применяют преимущественно в низкопродуктивных (3-5 тыс. кг в год) неотселекционированных по размерам и форме сосков и вымени стадах. Эти аппараты менее производительны, обладают более «мягким», но и более продолжительным, по сравнению с двухтактным, доением. Двухтактные аппараты, как отечественные, так и зарубежные, проще и производительнее, но у них более «жесткий» режим доения, и поэтому они требуют более высокой квалификации дояров, повышенного внимания, ответственности и контроля за процессом молоковыведения, своевременного отключения и снятия их с сосков вымени коровы.

Комплексная оценка коров по продуктивности и функциональным свойствам вымени, проведенная с помощью специально созданных в СКНИИМЭСХ (ранее ВНИПТИМЭСХ) «Автолактографов» под руководством д.т.н. И.К.Винникова (было оценено свыше 120 тыс. коров), показала, что исключить пере-

держки доильных стаканов на сосках вымени коровы невозможно из-за естественной неравномерности развития долей. Даже при 30-секундных передержках доильных стаканов некоторые соски травмируются вакуумом и, как следствие, – последующие маститные заболевания (переболевает до 70% поголовья коров). В результате снижается качество молока, удои, коровы преждевременно уходят в запуск, не растут, а в некоторых случаях даже снижается продуктивность стада [1]. Исходя из изложенного, и учитывая современный уровень развития доильной техники и постоянно растущие требования к качеству молока, в ближайшее время все доильные установки должны быть автоматизированы, а неавтоматизированные запрещены к использованию санитарной службой страны, потому что согласно санитарным требованиям молоко, полученное от больных маститом коров, подлежит уничтожению, как непригодное для питания людей и опасное даже для здоровья животных.

Итак, несовершенство доильных аппаратов является основной причиной низкой продуктивности коров и качества молока. Только автоматизация доения обеспечит дальнейший рост продуктивности коров и качества молока, что подтверждается тридцатилетним опытом работы отечественных автоматизированных доильных установок УДА-8 «Тандем» и УДА-16 «Елочка» в нашей стране [2] и опытом стран ЕС и США [3]. К сожалению, из-за сложности решения данной проблемы автоматизированные аппараты и установки для привязного содержания коров промышленностью пока не выпускаются, хотя изобретаются они уже более 100 лет – с начала использования доильных аппаратов в сельскохозяйственном производстве (1903 г.).

Можно продолжать бессистемно изобретать автоматизированные доильные аппараты, но лучше попытаться синтезировать их, опираясь на современные достижения науки и методологии, используя известные технические средства, обладающие в определенной степени необходимыми свойствами и хорошо зарекомендовавшие себя в производстве [4].

Что касается изобретательства, то можно утверждать, что за последние 50 лет принципиально новых изобретений для автоматизации заключительной фа-

зы доения коров не было, если не считать манипуляторы [4]. Этот полувековой застой говорит о том, что интуитивное изобретательство в машинном доении коров себя исчерпало и дальнейшие радикальные результаты возможны лишь на основе новых знаний по динамике молоковыведения, например, на основе теории систем автоматического регулирования и управления, которая позволяет исследовать управляемые динамические процессы и системы любой сложности и физической сущности, включая биологические и биотехнические. По нашему мнению, это направление исследований в машинном доении является наиболее актуальным и перспективным.

Изучению динамики функционирования вакуумных пульсаторов и взаимодействию управляемых доильных аппаратов и систем с выменем животного посвящены работы В.Ф.Королева, С.Я.Горма, И.Н.Краснова, И.К.Винникова, О.Б.Забродиной, В.А.Петровского, Е.В.Беновой и др.

Совершенствованию процесса и средств молоковыведения и разработке новых доильных автоматов и систем посвящены работы В.П.Бабкина, Е.В.Беновой, Э.К.Вальдмана, А.С.Веприцкого, И.К.Винникова, С.Я.Горма, В.А.Дриго, О.Б.Забродиной, А.И.Зеленцова, Л.П.Карташова, И.В.Капустина, Э.А.Келписа, В.В.Кирсанова, Л.П.Кормановского, В.Ф.Королева, И.Н.Краснова, В.А.Петровского, А.А.Скроманиса, У.Г.Уиттлстоуна, В.Ф.Ужика, А.И.Фененко, И.А.Хозяева и др.

На основе теории систем автоматического регулирования и управления в СКНИИМЭСХ под руководством д.т.н. И.К.Винникова ранее изучены динамические процессы, параметры и режимы работы вакуумного привода двух-трехтактного доильного аппарата. Разработаны математические модели, получены динамические характеристики вакуумных систем, осуществлено компьютерное моделирование, и проведен их синтез. Некоторые из этих работ выполнены с участием соискателя, что позволило наметить цель, задачи и объекты дальнейших исследований.

Объекты исследования: процессы функционирования управляемых пульсаторов и логических элементов, управляющих работой коллектора двух-трех-

тактного доильного аппарата.

Предмет исследования: элементы теории вакуумных управляемых пульсаторов, включающие их модели, гистерезисные петли, релейные характеристики и параметры.

Научная гипотеза: предполагается, что рабочий процесс пульсатора доильного аппарата осуществляется не произвольно, а по гистерезисной петле как по алгоритму, включающему конечный набор правил со строго определенными оптимальными параметрами, которыми можно управлять по сигналам датчика интенсивности молоковыведения.

Рабочая гипотеза: предполагается, что новые знания позволят создать на основе пульсатора компактное устройство управления соотношением тактов, частотой пульсаций и величиной вакуума под соском самоотключающихся доильных аппаратов для всех типов доильных установок, включая стойловые и пастбищные.

Методы исследования: анализ и синтез сложных динамических систем с использованием элементов теории систем автоматического регулирования, а именно – графоаналитических методов исследования линейных систем по безразмерным обобщенным параметрам в относительных единицах.

Научная новизна работы состоит в описании статики и динамики процесса работы мембранного вакуумного пульсатора доильного аппарата с использованием гистерезисной петли и графоаналитического метода исследования релейных элементов и систем.

Практическую ценность представляют созданные на основе проведенных исследований доильный аппарат для автоматизированного доения коров в стойлах, летних лагерях и на пастбищах и стойловый доильный модуль, защищенные патентами РФ на изобретения №2440716 «Двухрежимный доильный аппарат» и №2423822 «Передвижной доильный модуль» (Приложение А). Разработан проект зоотехнических требований на «Автомат стойловый доильный» (Приложение В).

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены и одоб-

рены на научных конференциях СКНИИМЭСХ (2009-2013 гг.), НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства (2010-2011 гг.), на международной научно-практической конференции в рамках выставки «Интерагромаш» г.Ростов-на-Дону (2010-2013 гг.), на международной научно-технической конференции ННЦ ИМЭСХ НААН Украины (2013 г).

На защиту выносятся:

1. Теория рабочего процесса управляемого пульсатора доильного аппарата.
2. Совмещённые с релейной гистерезисной петлей рабочие характеристики пульсаторов.
3. Метод исследования пульсаторов доильных аппаратов как вакуумных пневматических элементов с нелинейностью релейного типа.
4. Управляемый автоматизированный доильный аппарат с изменяющимися параметрами (соотношение тактов, частота пульсаций и глубина вакуума подсосом).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 27 печатных работ, в том числе: 4 в рецензируемых научных журналах и изданиях, 2 патента РФ на изобретение, одна книга и брошюра (в соавторстве). Общий объем публикаций составляет 13 п.л., из них лично соискателю принадлежат 9,8 п.л.

Реализация результатов исследования. Экспериментальные образцы управляемых пульсаторов в составе двух-трехтактных доильных аппаратов прошли производственную проверку в ФГУП «Экспериментальное» Россельхозакадемии (Зерноградский район Ростовской области) (Приложение Б). Результаты исследований приняты к использованию Азовским оптико-механическим заводом (ОАО «АОМЗ» г.Азов) и Северо-Кавказским научно-исследовательским институтом животноводства (ГНУ СКНИИЖ Россельхозакадемии) (Приложение Б).

Структура и объем диссертации. Диссертация содержит введение, пять глав, общие выводы, библиографический список из 134 наименований и приложения на 14 страницах. Диссертация изложена на 176 страницах машинописного текста, содержит 52 рисунка и 15 таблиц.

В первой главе «Состояние и анализ разработки управляемых доильных аппаратов и систем. Цель и задачи исследований» представлены исходные положения и результаты ретроспективного анализа предшествующих исследований доильных аппаратов и систем регулирования процесса молоковыведения, включающих пульсаторы с регулируемыми параметрами.

Во второй главе «Теоретические исследования и обоснование характеристик и параметров вакуумных пульсаторов для стойловых доильных автоматов» представлены результаты исследования характеристик и параметров пульсаторов, как управляющих устройств доильных аппаратов. Исследования проведены с использованием элементов теории систем автоматического регулирования, а именно – графоаналитических методов исследования динамических систем по безразмерным обобщенным параметрам в относительных единицах.

В третьей главе «Методика экспериментальных исследований вакуумных пульсаторов для стойловых доильных автоматов» изложены общая программа и методика экспериментальных исследований, приводится перечень оборудования и приборов, используемых при проведении опытов, изложены частные методики исследований и техника обработки экспериментальных данных.

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований вакуумных пульсаторов для стойловых доильных автоматов и их анализ» представлены экспериментальные данные, подтверждающие полученные теоретические положения о возможности изменения параметров управляемых пульсаторов в процессе доения.

В пятой главе «Производственная проверка и определение экономической эффективности управляемого пульсатора в составе управляемого доильного аппарата» представлены результаты производственной проверки и оценки экономической эффективности управляемого пульсатора в составе управляемого доильного аппарата.

Работа выполнена в отделе механизации животноводства Государственного научного учреждения Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Российской академии

сельскохозяйственных наук (ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии, г. Зерноград Ростовской области).

1. СОСТОЯНИЕ И АНАЛИЗ РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЯЕМЫХ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ И СИСТЕМ. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Исходные положения к совершенствованию машинного доения коров

Исследованиями установлена тесная зависимость между степенью развития молочной железы коров и их продуктивностью [2, 3, 5].

Согласно теории молокообразования [6, 7], в процессе секреции молока молочной железой осуществляется фильтрация определенных составных частей из кровеносной системы и синтез других компонентов молока в результате клеточного обмена в альвеолах. При фильтрации питательные вещества крови проходят через клеточную мембрану и скапливаются в клетках. По мере накопления молока клетки увеличиваются в размерах и лопаются, изливая свое содержимое в альвеолы. Альвеолы, заполняясь, раздуваются и выделяют молоко в молочные протоки.

Каждый сосок имеет цистерну емкостью в среднем 40-50 мл, а емкость цистерны вымени с молочными протоками выше на порядок. Переход молока из альвеолярного отдела в цистернальные полости происходит под воздействием центральной нервной системы [3, 5, 6, 7]. Молоко, накопленное в цистернах, при доении легко выводится через сфинктеры сосков. Из протоков, альвеол и эпителиальных клеток его можно удалить только при активном участии нейроэндокринной системы животного, которая посредством окситоцина воздействует на окружающие альвеолы мышечные клетки звездчатой формы. Клетки сокращаются и выдавливают молоко из альвеол в молочные протоки, по которым оно поступает не постоянно, а ритмически повторяющимся сбросом. Наиболее благоприятные условия для секреции и накопления молока в вымени создаются при периодическом и полном его выведении [8].

Согласно теории молокообразования для увеличения удоев человек использует способность млекопитающих повышать продуктивность для максимального удовлетворения растущих потребностей детеныша путем увеличения молокообразования любой ценой. Таким образом, чем быстрее, полнее и комфортнее

осуществляется молоковыведение, тем интенсивнее и продуктивнее лактация [8, 9].

Известны три способа выведения молока из вымени коровы: сосание теленком, ручное и машинное доение.

Самой совершенной является естественная система молоковыведения «корова – теленок» [4]. Однако, с точки зрения человека, из-за быстрого насыщения теленка продуктивность коровы при подсосном содержании довольно низка по причине малых естественных потребностей детеныша. На определенном этапе развития существенный рост продуктивности коров обеспечило ручное доение. Однако практика показала, что эти достижения не соответствуют максимальным возможностям животного из-за систематической неполноты выдаивания по причине усталости рук доярки в наиболее тяжелой заключительной фазе доения. «Ненасытный» и «незнающий усталости» доильный аппарат обеспечивает полноту выдаивания, но в заключительной фазе доения из-за передержек, которых невозможно избежать, возникает «сухое» доение, вызывающее у коров болевые ощущения, кроводои, маститные заболевания, снижение продуктивности, качества молока и их преждевременный запуск [4].

Только автоматизированные доильные системы с обратными связями почти лишены указанных выше недостатков и способны обеспечить максимальный уровень продуктивности коров и высокое качество молоковыведения. Это подтверждают ведущие ученые и опыт работы стран высокой культуры производства молока, широко использующих автоматизацию в доении и удвоивших в последние годы продуктивность коров, доведя ее до 8-10 тыс. кг в год, что на порядок выше естественных потребностей теленка и в 2-2,5 раза превышает продуктивность отечественного поголовья [4, 9, 10, 11, 12, 13].

Было время, когда затраты труда на получение молока не имели существенного значения. В XX веке издержки на оплату рабочей силы во всех сферах производства стали быстро расти, повышение производительности труда оказалось показателем первостепенной важности, и ручное доение коров стали заменять машинным [14].

Машинное доение коров – это уникальный биотехнический процесс, в ко-

тором неодушевленный предмет – доильный аппарат, взаимодействуя со сложнейшим живым органом – выменем, обеспечивает вывод синтезируемого в нем молока [4].

Основу любой современной механизированной, автоматизированной и роботизированной доильной системы составляет доильный аппарат, уникальность которого заключается в его непосредственном взаимодействии с выменем животного, а через него и с его нервной системой. Поэтому к доильным аппаратам предъявляются особые физиологические требования, хотя они все еще далеко не совершенны, и ни один из них по качеству взаимодействия с выменем животного не может сравниться с сосательным аппаратом теленка [4].

Из-за несоответствия доильной аппаратуры предъявляемым требованиям ее совершенствование не прекращается со времени создания первых аппаратов. Доильные аппараты совершенствуются по разным направлениям: обеспечение чистоты выдаивания, повышение интенсивности молоковыведения для сокращения времени доения до 5-6 минут путем регулирования в процессе доения частоты пульсаций, соотношения тактов и глубины вакуума под соском, совершенствование вакуумной и молочной систем [15].

Физиологами установлено, что чем чаще и чище выдаивают корову, тем быстрее увеличивается ее продуктивность. Однако даже при самом «чистом» выдаивании современными доильными аппаратами (остаточное молоко по ручному дою не более 100 г) в вымени коровы остается до 3 л альвеолярного молока [5, 15, 16, 17, 18].

К сожалению, в науке до сих пор нет единого мнения об оптимальной величине основных параметров доильных аппаратов. В связи с этим их значения в разных аппаратах существенно отличаются. Так, например, частота пульсаций может принимать значения от 0,75 до 2,2 Гц, соотношение тактов от 1:1 до 1:4, глубина вакуума под соском от 25 до 70 кПа, а масса подвесной части доильного аппарата от 2,2 до 5 кг [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21].

Исследуя влияние частоты пульсаций на процесс доения, ведущий русский физиолог Э.К.Вальдман пришел к выводу, что разноречивость данных различных исследователей объясняется скорее всего индивидуальными особенностями

животных и конструктивными параметрами доильных аппаратов, в которых основное значение имеет соотношение длительности тактов сосания, сжатия и отдыха [9]. Так, например, по результатам изучения влияния изменения частоты пульсаций (0,4; 0,8; 1,6 и 2,5 Гц) трехтактного доильного аппарата на процесс молоковыведения он сделал вывод, что режим работы пульсатора оказывает определенное влияние на скорость выдаивания. Однако конкретные причины и факторы он при этом не раскрывает, но отмечает, что при снижении частоты пульсаций с 0,8 до 0,4 Гц наблюдается значительное снижение скорости выдаивания, а ее увеличение до 1,6 Гц вызывает некоторое увеличение скорости молоковыведения и дальнейшее увеличение частоты пульсаций ее уже не изменяет [9].

Такой же примерно вывод сделал и И.И.Грачев [8], который считает, что оптимальной является частота пульсаций в пределах 1,4-2,2 Гц, а запредельные частоты ведут к увеличению латентного периода, и при частотах выше 4 Гц и ниже 0,2-0,4 Гц наступает полное прекращение рефлекса молокоотдачи.

По данным В.Ф.Королева и И.Н.Краснова [15, 21] частота пульсаций практически не влияет на интенсивность молоковыведения, важно, чтобы она не превышала предельных значений, при которых режим работы сосковой резины еще не нарушается.

В США большинство доильных аппаратов работает с частотой пульсаций 0,8-1,0 Гц [3].

Таким образом, в зависимости от индивидуальных особенностей коров частота пульсаций доильных аппаратов может изменяться в пределах 0,7-2,2 Гц. При этом следует заметить, что все отечественные доильные аппараты работают с постоянной частотой в этих пределах.

Под *соотношением тактов* понимается отношение продолжительности тактов сосания, сжатия и отдыха в цикле работы трехтактного доильного аппарата, а в двухтактных аппаратах – тактов сосания и сжатия. По данным П.Бресамле, Н.Н. Викторовой, С.Я.Горма, А.Х.Додда, К.И.Кавешниковой, П.А.Клауффа, А.Н.Козлова, И.Н. Краснова, У.Г.Уиттлстоуна [21, 22, 23, 24, 25, 26, 27] увеличение соотношения тактов положительно влияет на скорость молоковыве-

дения. Так, например, изменение соотношения тактов от 1:1 до 4:1 при частоте пульсаций 0,835 Гц увеличивает ее на 40-45%, при частоте 1,33 Гц – на 30-35%, а при 1,83-2,83 Гц – на 20-25% [4]. Примерно к такому же выводу пришел и С.Я.Горм, который отмечает, что автоматическое изменение соотношения тактов от 1:1 до 5:1 по мере увеличения интенсивности молоковыведения позволило увеличить скорость доения на 51%, содержание жира в молоке до 5-6%, а время машинного выдаивания сократить на 60% [4, 15, 24].

Таким образом, изменение соотношения тактов от 1:1 до 4:1 пропорционально интенсивности молоковыведения позволяет увеличить скорость доения на 40-51% и исключить травмирование вымени вакуумом.

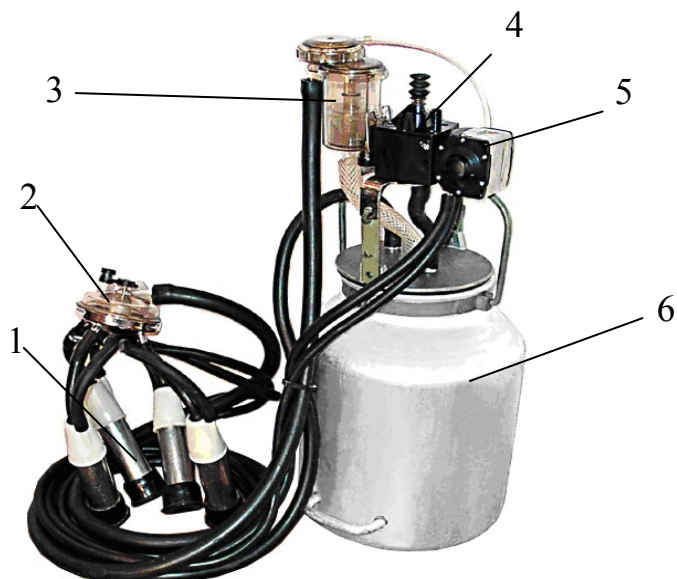
Нарушение *вакуумного режима* в подсосковых камерах доильных стаканов является основной причиной массовых маститных заболеваний, характерных для машинного доения коров [4, 26, 28, 29, 30, 31]. Изучение и анализ этих работ позволяют заключить, что повышение вакуума под соском с 48 до 65 кПа увеличивает скорость молоковыведения на 40-45%, т.е. дает тот же эффект, что увеличение соотношения тактов с 1:1 до 4:1 при частоте пульсаций 0,835 Гц. Примерно такие же результаты были получены В.Ф.Королевым [15, 18] и У.Г. Уиттлстоуном [22], но при этом они предупреждают, что в неавтоматизированных доильных аппаратах скорость доения лучше увеличивать не за счет повышения глубины вакуума под соском, а за счет изменения соотношения тактов, потому что вакуум под соском свыше 50 кПа приносит больше вреда, чем пользы. Уменьшение скорости выдаивания при вакууме ниже 30 кПа, вероятно, обусловлено неполным открытием сфинктера соска. Высокий же вакуум быстро затягивает сосок в доильный стакан и закрывает молочный проток между цистернами соска и вымени, скорость выдаивания при этом снижается, а внутренние ткани пустых сосков травмируются вакуумом, что является основной причиной массовых маститных заболеваний коров [15, 18].

Обобщение выводов проведенного обзора исследований позволяет заключить, что в подсосковых камерах доильных стаканов величина вакуума в процессе доения в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения должна изменяться хотя бы ступенчато [25, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 35].

Ступенчатое изменение величины вакуума в доильных стаканах имеет место в аппаратах «Duovac» и «Triovac», разработанных шведской фирмой «DeLaval». Аппараты «Triovac» работают на вакууме трех уровней: высокий (72 кПа) – для транспортирования молока; средний рабочий вакуум (45...46 кПа) и низкий «щадящий» вакуум с диапазоном 23...37 кПа, который устанавливается в зависимости от интенсивности молоковыведения. При доении коров, медленно отдающих молоко, он равен 37...46 кПа, быстро отдающих – 23...45 кПа [33]. В аппаратах «Triovac» в свободной полости коллектора установлен поплавок, который, находясь в крайнем нижнем положении, закрывает выпускное отверстие для прохода молока. При наполнении коллектора поплавки поднимаются, открывают выпускное отверстие, и молоко без воздуха транспортируется под вакуумом 72 кПа по молокопроводу [33]. Система «Triovac», благодаря тому, что вакуумная и молочная транспортные системы разделены, обеспечивает стабильный двухрежимный вакуум под соском даже при доении коров с верхним расположением молокопровода. Однако из-за громоздкости коллектора, сложности конструкции и условий эксплуатации в России эти аппараты широкого распространения не получили.

В России наиболее известен двухрежимный доильный аппарат фирмы «DeLaval» «Duovac 300» (рисунок 1.1) [36, 37]. Это двухтактный аппарат попарного доения. Он обеспечивает более безопасный двухрежимный процесс молоковыведения путем ступенчатого изменения глубины вакуума в подсосковой камере доильного стакана: щадящий режим (33 кПа) – при интенсивности молоковыведения до 3,5 г/с (в начале и в конце доения) и рабочий режим (45-50 кПа) при более высокой интенсивности потока молока. В конце доения, когда доильные стаканы засасывают основания сосков вымени, потерявших упругость, молочные протоки, соединяющие цистерны сосков и вымени, перекрываются. Интенсивность выведения молока при этом снижается, и когда она станет менее 3,5 г/с, глубина вакуума в подсосковой камере снизится до 33 кПа. Благодаря снижению уровня вакуума под соском равновесие подвесной части аппарата нарушится, и доильные стаканы под действием силы тяжести опустятся и освободят перекрытые молочные протоки. Если в вымени осталось молоко интенсивность

молоковыведения может возрасти выше 3,5 г/с, и аппарат вновь перейдет в рабочий режим, при этом величина вакуума под соском возрастет до 50 кПа. При этом не исключена возможность того, что молочные протоки вновь будут перекрыты. Тогда описанный выше процесс заключительного этапа молоковыведения может многократно повторяться до тех пор, пока гормон окситоцин не прекратит свое действие, либо молоко из цистерны вымени коровы не будет выдоено, и доильные стаканы не будут сняты с сосков [36, 37].



1 – доильные стаканы; 2 – коллектор; 3 – датчик интенсивности молочного потока; 4 – регулятор вакуума; 5 – электропульсатор; 6 – доильное ведро

Рисунок 1.1 – Доильный аппарат «Duovac 300» фирмы «DeLaval»

У коров с большими сосками (длина более 90 мм, диаметр более 32 мм) и у тугодойных животных описанный процесс заключительного этапа молоковыведения при использовании аппарата «Duovac» не происходит, так как доильные стаканы не сползают с таких сосков, и их сфинктеры вакуумом 33 кПа не открываются [37]. В результате такие коровы остаются невыдоенными.

Обобщение опыта работы доильных аппаратов «Duovac 300» на молочных фермах юга России показало, что основным их недостатком является пассивность заключительной фазы процесса доения, из-за чего степень выдаивания в значительной степени зависит от размеров и формы сосков вымени и тугодойности коровы. Аппараты «DeLaval» удовлетворительно работают на отселекционированном по тугодойности и морфологическим признакам вымени, пре-

имущественно импортном поголовье молочного скота [4].

Проблему полноты и безопасности выдаивания российского неотсеleccionированного поголовья коров можно решить на базе отечественной доильной техники, используя современные научные методы исследований и анализа для синтеза новых динамических доильных систем с необходимыми свойствами.

Наиболее распространенным в нашей стране является специально созданный для неотсеleccionированного отечественного поголовья В.Ф.Королевым трехтактный доильный аппарат ДА-3М «Волга», который выпускается серийно уже более полувека [15, 18].

В отличие от двухтактного, трехтактный доильный аппарат имеет такт отдыха, во время которого в подсосковую камеру доильного стакана из коллектора впускается воздух и устанавливается давление, почти равное атмосферному, выталкивающее из стакана сосок, втянутый в него вакуумом в такте сосания [37]. Поэтому перекрытие молочных протоков, соединяющих соски с цистерной вымени, по сравнению с доением двухтактным аппаратом, менее вероятно [15, 37]. Трехтактный доильный аппарат лучше обеспечивает сохранение здоровья вымени. Согласно исследованию [38] при доении коров двухтактными доильными аппаратами заболеваемость коров маститами в 2 раза больше, а переделка трехтактных аппаратов в двухтактные увеличивала количество больных коров в 3 раза.

Из-за наличия такта отдыха в рабочем цикле основным недостатком трехтактного доильного аппарата является низкая интенсивность молоковыведения, которая обеспечивала выдаивание отечественного поголовья послевоенного периода с продуктивностью 2-3 тыс. кг молока в год [1, 4]. В настоящее время продуктивность коров выросла до 5-8 тыс. кг, поэтому пропускную способность доильных аппаратов необходимо, соответственно, увеличить в два – три раза. Таковую пропускную способность могут обеспечить только двухтактные доильные аппараты.

Первыми в машинном доении были созданы и использовались двухтактные доильные аппараты. В текущем 2013 году их практическому использованию исполняется 110 лет [22, 39]. За этот, более чем вековой, период в мире созданы

сотни разных типов двухтактных доильных аппаратов, осуществляющих одновременное, последовательное и попарное доение сосков. Однако, принципиальных преимуществ друг перед другом за последние 50 лет у них не наблюдается [40]. Это говорит о том, что конструкция основного рабочего органа – доильного аппарата в XX веке достигла своего совершенства, и в дальнейшем основной эффект может быть получен за счет синтеза рационально управляемых структур на основе изучения динамических процессов взаимодействия разных типов доильных аппаратов с выменем коровы [1, 4].

Основным недостатком двухтактных доильных аппаратов является высокая опасность передержки аппарата на вымени («сухое доение»), вызывающая кроводои и последующие маститные заболевания.

Маститные заболевания являются проблемой, сдерживающей производство молока, снижающей его качество, что наносит значительный экономический ущерб. При этом большую проблему представляет субклинический (скрытый) мастит, который является самой распространенной формой воспаления вымени. Он не может быть выявлен только лишь путем одного визуального контроля вымени или молока, это скрытое заболевание, которое, как правило, не распознается дояркой. Молоко от заболевших коров имеет высокое содержание соматических клеток и не пригодно для сыроделия и детского питания [41], а смешивание молока от здоровых и больных коров в одной емкости приводит к снижению его сортности.

Заболевание может быть выявлено с помощью различных методов, которые помогают определить наличие болезнетворных микроорганизмов, либо число соматических клеток. Диагностику субклинического мастита чаще всего проводят при помощи экспресс-методов (быстрых маститных тестов) добавлением в пробу выдоенного молока диагностических препаратов [42]. Их действие основано на выявлении увеличения количества лейкоцитов и изменении pH в щелочную сторону при воспалении молочной железы. Из экспресс-тестов наиболее точным является «Альфа-тест», позволяющий проводить пробу из каждой доли вымени непосредственно после доения самому оператору [43]. К сожалению, в большинстве хозяйств такая диагностика систематически не проводится

[41]. Использование ранее широко применявшейся пробы отстаивания требует много времени, наличия большого количества пробирок, оценка же состояния осадка часто субъективна и вызывает затруднения, в связи с чем этот способ выходит из употребления [43].

Следует отметить, что в настоящее время 80% товарного молока в России поступает на молочные заводы I сортом, т.е. количество соматических клеток в молоке составляет от 500 тыс. до 1 млн. в одном миллилитре [44]. За рубежом же показатель 400 тыс. соматических клеток у отдельно взятой коровы (высший сорт в России) свидетельствует о наличии у нее субклинического мастита.

По данным ученых Саратовского ГАУ [43], проведенных в 2009 г. обследование хозяйств Саратовской области, заболевание маститом зафиксировано у 69% коров, из них клиническая форма – у 5% животных, а субклиническая (скрытая) – у 64%. Очевидно, такова картина и в среднем по России.

По данным 70-80 годов прошлого века в США примерно у 50% коров были поражены маститом 2 четверти вымени, а у 25% – все четверти [45]. Однако к 2005 г. заболеваемость снизилась – примерно у 33% коров было поражено 2 четверти вымени. При этом средний показатель заболеваемости составил 12% всех четвертей вымени [45]. Очевидно, это связано с активной диагностикой и лечением маститов, а также с применением автоматизированных доильных аппаратов и манипуляторов для отключения и снятия доильных стаканов.

Наличие в стаде большого количества больных коров проявляется в увеличении среднего количества соматических клеток в общем удое и снижении сортности молока. Недавно проведенные американскими учеными исследования показали, что максимальной границей для качественного молока при незараженных четвертях является число менее 200 тыс. соматических клеток на мл [46]. Превышение данного показателя является одним из признаков того, что корова больна маститом. В США около 85% производителей поставляют молоко с показателем менее 400 тыс. клеток на мл (в среднем 200-400 тыс., что разрешено по стандартам самой страны) [45]. В странах ЕС, Новой Зеландии и Австралии средний соответствующий показатель составляет менее 300 тыс. соматических клеток на мл [45].

Экономический ущерб от заболевания коров маститом вызван расходами на лечение коров, снижением удоев и сортности молока на ферме [44], при этом 60% ущерба приходится на снижение удоев [46]. Исследования, проведенные в США, показали, что каждая четверть вымени, пораженная маститом, дает приблизительно на 727 кг молока в год меньше, чем здоровая четверть [46].

Снизить опасность передержки доильных стаканов на вымени, вызывающей маститные заболевания, можно разными путями. Одним из них может быть создание гравитационных двухуровневых доильных систем, в которых молокоборник (коллектор) располагается значительно ниже доильного аппарата, и величина вакуума под соском зависит от интенсивности молоковыведения и высоты столба молока в молочном шланге [47]. Это технически наиболее простой способ регулирования вакуума под соском. Однако, практическая реализация этого способа очень капиталоемкая из-за необходимости создания двухуровневых доильных залов.

Вторым способом является использование систем, аналогичных системе «Duovac». Недостатки этих систем отмечены выше.

Третьим, основным, направлением является автоматизация процесса доения коров. Этим вопросом СКНИИМЭСХ (ВНИПТИМЭСХ) занимается с 1970 года. Первым этапом работ института были обоснование и разработка фундамента комплексной автоматизации – системы вакуумных средств для автоматизации доения [48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55]. Разработанная совместно с Институтом проблем управления Академии наук СССР (ИПУ АН СССР) система была признана как вакуумная ветвь [56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65] промышленной пневмоавтоматики, позволяющей реализовать на вакууме (без электроники) логически и функционально полные автоматизированные доильные системы любой сложности, включая манипуляторы и роботы, что существенно упрощает систему управления доением путем исключения сложных электронных блоков управления и блоков клапанов для преобразования видов электрической и пневматической энергии. Кроме того, элементная пневмоавтоматика (вакуумная), путем ввода простейших вакуумных элементов в пульсаторы и коллекторы, позволяет создать простейшие автоматизированные доильные аппараты с управ-

ляемыми от интенсивности молоковыведения пульсаторами и коллекторами, обеспечивающими автоматизацию процесса доения коров даже в стойлах без существенных изменений конструкции существующих доильных аппаратов [37, 66, 67].

1.2. Ретроспективный анализ совершенствования машинного доения коров

В России, в отличие от стран ЕС и США, преобладает наиболее регрессивный, привязный способ содержания коров (90%) и отсталые технологии доения (ручное и машинное доение в ведра). В последние годы в мире наблюдается рост уровня пастбищного содержания коров: в России – 90% (было 80%), в странах ЕС – 80% и в США – 70% (преимущественно на прифермских культурных пастбищах) [1]. При этом в западных странах продуктивность коров достигает 8-10 тыс. кг на голову в год. Это позволяет сделать вывод, что правильно организованное содержание на прифермских культурных пастбищах не снижает продуктивности животных [1]. Поэтому необходимо продолжать работы по совершенствованию машинного доения и для пастбищного содержания коров [4, 17].

Молочное скотоводство является самой сложной отраслью производства продукции животноводства, требующей ответственного отношения работников. В европейских странах и США технологии и средства производства и переработки молока отрабатывались и передавались из поколения в поколение веками. Они прошли эволюционный путь развития от личных, фермерских, мелких и средних молочных хозяйств до современных крупных механизированных и автоматизированных молочных ферм и комплексов с современными информационными технологиями и отселекционированным поголовьем с продуктивностью до 8-10 тыс. кг на голову в год и более [1, 4]. В России же наиболее благоприятные условия для развития молочного хозяйства были только в конце XIX – начале XX века (всего 2-3 поколения). За этот короткий исторический период были созданы молочные хозяйства, которые в 1913 году обеспечили России мировое лидерство по объемам производства молока. Затем оно было утрачено. Мировое лидерство страны было восстановлено только через 77 лет, к 1990 г. (про-

изведено 108,7 млн. т молока) за счет общественного поголовья [1, 4]. Повторное восстановление отрасли производства молока потребует адекватных затрат средств и времени [11].

В отличие от России, в западных странах ручное доение уже давно не применяется. У нас же каждая третья корова доится вручную. Это в основном личные подсобные хозяйства, насчитывающие по 1-2 коровы для собственных нужд семьи. Объясняется это неустойчивостью закупочных цен, отсутствием гарантированного сбыта молока, суровыми зимами, не позволяющими обеспечить в малых неотапливаемых коровниках положительную температуру, необходимую для работы средств механизации доения и автопоения [4].

Из-за низкой продуктивности животных и сложного финансового положения сельхозпредприятий в механизации доения в России преобладает простейшее машинное доение коров в ведра, в то время как на Западе преобладают установки с молокопроводом, оснащенные автоматами снятия доильных стаканов, а также доильные залы с автоматизированными доильными установками типов «елочка», «карусель», «европараллель» и др., оснащенными манипуляторами [68].

Первая автоматизированная установка УДА-10 «Комсомолка» с 10-ю проходными станками типа «елочка», расположенными под острым углом, (рисунок 1.2) в СССР была создана в 1964 г. коллективом инженеров оборонного завода «Сатурн» под руководством М.М.Гойхенберга [1, 4]. Установка включала 10 манипуляторов 1 с электронными блоками 2 и датчиками-счетчиками молока, и кресло оператора 3, передвигающееся по рельсам. Технический уровень автоматизации установки для того времени был очень высоким. Однако технология автоматизированного доения и надежность работы электронных средств автоматизации в условиях ферм были в то время неудовлетворительными [48, 69].

В связи с намеченной индустриализацией молочного скотоводства в 1965 г. ГСКБ по комплексу машин для ферм крупного рогатого скота (г. Рига) получило задание МСХ СССР и приступило к доработке автоматизированной доильной установки «Комсомолка». Усовершенствованная доильная установка в 1970

г. прошла испытания на Прибалтийской МИС, но не была рекомендована к серийному производству. Одной из основных причин была ее низкая эксплуатационная надежность. Нарботка установки на отказ во время испытаний составила 49 минут [4, 70].



1 – манипулятор; 2 – блок управления; 3 – кресло оператора

Рисунок 1.2 – Автоматизированная доильная установка УДА-10 «Комсомолка»

Учитывая низкую надежность электронных средств управления доением, в 1971 г. ВНИПТИМЭСХ и ГСКБ (г. Рига) начали совместную разработку и научно-исследовательские работы по автоматизации доильных установок при помощи вакуумных пневматических средств [1, 48].

В результате совместных работ [71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81] была создана простая и надежная вакуумная система управления процессом доения, которая успешно прошла государственные испытания, и в 1980 г. с долевым участием ВНИПТИМЭСХ заводом «Кургансельмаш» было начато серийное производство автоматизированных пневматическими средствами доильных установок УДА-8 «Тандем» и УДА-16 «Елочка» с манипуляторами МД-Ф-1 [82, 83]. Это были первые в мире автоматизированные пневматическими средствами серийные доильные установки. Серийное производство этих установок окончательно поставило точку в многолетнем споре сторонников электроники и ваку-

умной пневмоавтоматики в пользу последней: автоматизация процесса доения коров может и должна осуществляться на основе средств вакуумной пневмоавтоматики, основным разработчиком которой является ВНИПТИМЭСХ (СКНИ-ИМЭСХ) [4]. Исключения составляют электронные и электронно-пневматические информационные системы, преимущества которых и в машинном доении неоспоримы [84, 85, 86, 87, 88, 89].

За последние сто лет технологии и технические средства доения прошли большой путь развития – от ручного доения до современных автоматизированных доильных установок и роботов (рисунок 1.3). В странах высокой культуры производства молока в последние два десятилетия автоматизации доения уделяется особое значение, и в настоящее время она в основном завершена. За это время продуктивность коров в этих странах удвоилась [4, 13, 17]. При привязном содержании коров предпочтение отдается установкам для доения в молокопровод, оснащенным автоматами снятия доильных стаканов (АСДС), при беспривязном – доильным залам с автоматизированными доильными установками типов «европараллель», «елочка», «карусель», оснащенных манипуляторами, а с 1998 года начали применяться и доильные роботы (рисунок 1.3) [1, 12, 90, 91, 92, 93, 94, 95].

Несмотря на то, что первая в мире полностью автоматизированная доильная установка «Комсомолка» с манипуляторами была создана в нашей стране почти 50 лет назад, доение коров в России до сих пор полностью не автоматизировано [1].

Это происходит прежде всего потому, что в холодное зимнее время привязное содержание охватывает около 90% поголовья коров с доением в стойлах. Учитывая, что беспривязное содержание применяется в летний пастбищный период, который на юге России составляет 6 месяцев, и основной объем молока производится летом, молочное поголовье находится на «полупривязном» содержании [1, 4, 68]. В летний пастбищный период коров доят в летних лагерях или на отгонных пастбищах, так как прифермских культурных пастбищ, в отличие от западных стран, в России почти нет.



1 – «Параллель»; 2 – «Елочка»; 3 – «Тандем»; 4 – «Карусель»; 5 – доильный робот «SAC»; 6 – мобильная доильная установка; 7 – универсальная (пастбищная) доильная станция типа УДС-3; 8 – выдвижная модульная автоматизированная доильная установка типа УДА-У (СКНИИМЭСХ); 9 – двухрежимный двух-трехтактный доильный аппарат АДД-2/3 (СКНИИМЭСХ).

Рисунок 1.3 – Современные доильные установки и аппараты

По этой причине в России используются две наиболее простые и сходные неавтоматизированные технологии доения коров: в стойлах в доильные ведра или в молокопровод и на универсальных доильных станциях типа УДС-3. При таком сочетании технологий доения достигается максимальный коэффициент использования оборудования [1, 17]. Летом не используется только вакуумпровод коровника, а зимой – доильные станки УДС-3. В связи с идентичностью

этих технологий переходные адаптационные периоды и, соответственно, потери молока весной и осенью при этом минимальны [1, 4].

Стойловые доильные установки типов ДАС-2 и АД-100 и универсальные доильные станции с параллельно-проходными станками УДС-3 60 лет в значительных объемах выпускались промышленностью нашей страны [1]. К сожалению, данные доильные установки очень сложно автоматизировать.

Поэтому в конце XX века возникла необходимость создать простую и недорогую универсальную станочную автоматизированную доильную установку для доения коров в коровниках, на выгульных площадках, в летних лагерях и на пастбищах [1]. Установка создавалась на базе УДС-3 по заказу МСХ РФ под руководством д.т.н. И.К.Винникова во ВНИПТИМЭСХ (с 2009 г. ГНУ СКНИИ-МЭСХ) совместно с Азовским оптико-механическим заводом (ОАО «АОМЗ») [4, 17].

Учитывая многообразие типоразмеров предприятий по производству молока, на базе созданной установки был разработан типоразмерный ряд выдвижных универсальных автоматизированных доильных установок типа УДА-У с параллельно-проходными станками [1, 96]. Техническая характеристика этих установок представлена в таблице 1.1.

Для типоразмерного ряда установок УДА-У в СКНИИМЭСХ под руководством д.т.н. И.К.Винникова специально был создан автоматизированный двухрежимный двух-трехтактный доильный аппарат-манипулятор АДД-2/3 [1, 67, 99]. Его также можно использовать и для автоматизации доения коров непосредственно в стойлах при привязном содержании в коровниках [37, 66, 67, 97], а в родильных отделениях в составе передвижного доильного агрегата, включающего 1-2 доильных аппарата [96, 98, 99].

Универсальная доильная установка включает параллельно-проходные станки, автоматизированные доильные аппараты-манипуляторы АДД-2/3 и молочную аппаратуру [1]. Установка может быть снабжена легкой подвесной транспортной линией типа «Ease Line» с каретками и подъемником, благодаря чему коров можно будет доить там, где они к началу доения находятся: в коровнике, на выгульной площадке, в летнем лагере или на пастбище. Выдвижная установ-

ка размещается, обслуживается и хранится в отдельном помещении (в контейнере или вагончике). На доильной площадке она устанавливается только для доения коров. Хранение установки в промежутках между дойками в закрытом помещении защищает ее и обеспечивает сохранность оборудования, что очень важно, особенно на летних пастбищах [1, 12, 96].

Таблица 1.1 – Техническая характеристика типоразмерного ряда универсальных выдвижных автоматизированных доильных установок

Показатели	Установки			
	УДА-У-2 (модуль)	УДА-У-4	УДА-У-4М	УДА-У-8
Величина обслуживаемого стада, коров	до 40	50-70	70-90	100-160
Число дояров, чел.	1	1	1	2
Пропускная способность за 1 час основного времени, корово-доек	20	38	45	80
Количество скотомест и аппаратов-манипуляторов, шт.	2	4	4	8
Наличие молокопровода	–	–	+	+
Ориентировочная стоимость, тыс.руб.	200,0	300,0	380,0	640,0

В настоящее время в России, в отличие от США и стран ЕС, специализированных ГСКБ и заводов по разработке и производству сложной современной доильной техники нет. Единственное крупное предприятие ОАО «Кургансельмаш», из-за отсутствия специализированного ГСКБ, организовать собственными силами серийное производство современного автоматизированного доильного оборудования не может. Поэтому хозяйства, имеющие крупные молочные фермы и комплексы, отдают предпочтение зарубежной доильной технике.

В связи с холодным климатом, низкой продуктивностью коров и прочими, указанными выше, особенностями производства молока, доильные залы не дают

отечественным производителям существенных преимуществ перед традиционным доением коров в стойлах и на пастбищах [1, 4]. Исключение могут составить доильные роботы, которые приходят на смену станочным доильным установкам и в перспективе, после отработки технологии и повышения надежности, позволят организовать «безлюдные» круглосуточные технологии производства молока, при которых организация рабочего дня дояра приблизится к нормальной [1, 12, 94]. Такая организация производства сделает труд животновода более привлекательным для молодежи.

Доильный робот состоит из шести основных модулей: доильный станок, система обнаружения вымени, манипулятор для присоединения доильных станков, система управления (включая компьютер и программное обеспечение), система очистки вымени, собственно доильная машина.

Лидерами по производству доильных роботов являются известные фирмы «DeLaval» (Швеция), «Westfalia Landtechnik» (Германия), «SAC» (США).

Доильные роботы уже довольно широко распространены в Европе. В России первые доильные роботы были установлены в 2008 г. в племзаводе «Колхоз Родина» Вологодской области [1]. Была запущена в эксплуатацию ферма на 230 голов, оснащенная 3 доильными роботами (модель «VMS» фирмы «DeLaval») [90, 91, 92, 93]. Идентификация коров производится при помощи транспондера, размещенного на ошейнике животного.

В ходе эксплуатации роботов выявлено, что экономия рабочего времени по сравнению с доильной установкой типа «елочка» составляет 50-70%. Количество работников, занятых на ферме с автоматической системой доения, в 4 раза меньше, чем на обычной [92]. При этом исследования показали, что по степени выдаивания молока из вымени достоверных различий между роботом и обычными доильными аппаратами не установлено [91].

Коллектив авторов обзора [90] на основе анализа тенденций использования доильных роботов за рубежом и в России сделал вывод: «Дать в настоящее время достоверную оценку экономической эффективности доильных роботов затруднительно. Большинство расчетов специалистов свидетельствует о том, что внедрение доильных роботов требует больших инвестиционных затрат, которые

пока не окупаются ни за счет увеличения надоев, ни за счет сокращения затрат труда».

Основная значимость автоматизации процесса доения состоит не только в повышении производительности труда дояров в 1,5-2 раза, но главное, в том, что обеспечивается полнота выдаивания и повышение продуктивности коров, при этом исключаются передержки доильных стаканов на сосках вымени («сухое доение»), вызывающие травмирование вакуумом их внутренних тканей, что является основной причиной массовых маститных заболеваний (переболевает до 70% животных), снижения удоев и качества молока [1, 4, 17, 99]. Эти функции в любой автоматизированной системе выполняет доильный аппарат. К сожалению, для доения коров в стойлах, в летних лагерях и на пастбищах, охватывающих 90% содержания всего поголовья нашей страны, универсальные рационально управляемые автоматизированные доильные аппараты до настоящего времени не созданы [1].

Проблема автоматизации доения коров в России состоит и в том, что для обеспечения полноты выдаивания неотсеleccionированного по морфологическим и функциональным свойствам и признакам сосков и вымени отечественного поголовья машинное додаивание обязательно [1, 4]. Широко используемые на Западе автоматы снятия доильных стаканов (АСДС) этих функций не выполняют [4]. Созданные ГСКБ (г. Рига) с участием ВНИПТИМЭСХ доильные манипуляторы МД-Ф-1 для установок УДА-8 и УДА-16 из-за громоздкости нельзя использовать не только в стойлах, но и на пастбищных установках с параллельно-проходными станками типа УДС-3 [4, 99].

Для этих установок требовалось создать переносные автоматизированные доильные аппараты, обеспечивающие полноту выдаивания, своевременное отключение и снятие в конце доения. Первая попытка создания такого аппарата с изменяющимися в процессе доения параметрами (частота пульсаций, соотношение тактов и глубина вакуума под соском) была предпринята во ВНИПТИМЭСХ в 70-х годах XX века [55, 72]. Опытный образец доильного аппарата был создан на базе элементов промышленной пневмоавтоматики УСЭППА. В его конструкцию были включены трёхмембранное пневмореле П1Р.3, регулируемое

пневмосопротивление П2Д.1 и пневмоемкость ПОЕ-50 с одномоembrанным усилителем дискретных выходных вакуумных сигналов конструкции ВНИПТИ-МЭСХ [72]. В результате производственной проверки были получены положительные результаты, но в производство данный аппарат не поступил из-за его низкой надежности, вызванной тяжелыми условиями эксплуатации пневматических элементов в коровнике.

Наиболее приемлемыми для этих целей являются специально созданные в СКНИИМЭСХ под руководством д.т.н. И.К.Винникова в последние годы двухрежимные двух-трехтактные доильные аппараты, защищенные патентами РФ на изобретения [37, 66, 67, 97]. В этих аппаратах преимущества двухтактного и трехтактного принципов действия объединены и усилены, а их недостатки сведены к минимуму [1, 99]. Преддоильный массаж и машинное додаивание проводятся в трехтактном режиме, а при интенсивном молоковыведении аппарат работает как двухтактный. Отключение и снятие доильного аппарата с вымени в конце доения производятся автоматически.

Двухрежимный двух-трехтактный аппарат предназначен для автоматизированного доения коров на всех типах установок, включая пастбищные и стойловые с доением в ведро и в молокопровод (рисунок 1.4) [37, 66, 67, 97].

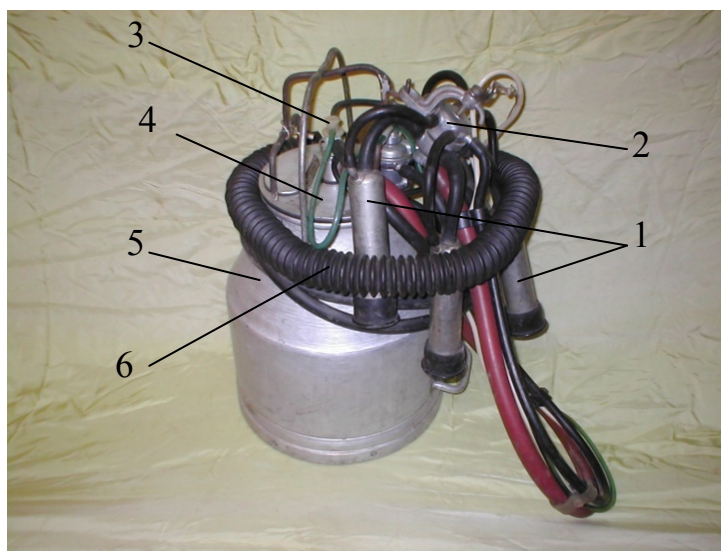


Рисунок 1.4 – Двухрежимный доильный аппарат АДД-2/3

В основном (стойловом) исполнении аппарат включает доильные стаканы 1 с коллектором 2, пневматический датчик 3 интенсивности молочного потока (пневмодатчик), который устанавливается в крышке 4 доильного ведра 5 и гоф-

ру-съемник 6. При доении коров на станочных установках пневмодатчик устанавливается на станке или в траншее [1, 96].

Начальный и заключительный этапы работы аппарата «щадящие» – в трехтактном режиме. Массаж сосков, смена режимов работы, машинное додаивание, своевременное отключение, снятие и вывод доильных стаканов из-под вымени коровы производятся автоматически в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения [1, 96].

Одна доярка в стойлах может обслуживать не менее трех – четырех аппаратов. При доении коров в молокопровод, укомплектованный легкой подвесной линией типа «Easy Line» – до 6. Пропускная способность аппарата 8-12 короводоек в час [96]. Он исключает передержку доильных стаканов на сосках вымени коровы.

Для доения коров в стойлах коровников и в родильных отделениях при отсутствии подвесной линии типа «Easy Line» может использоваться передвижная индивидуальная доильная установка типа УДИ-5, представляющая собой простейшую ручную тележку, на которой смонтированы пневмодатчики, съемники, молочные емкости и доильные аппараты, подключаемые к магистральному вакуумпроводу [98].

1.3. Анализ результатов предшествующих исследований по совершенствованию доильных аппаратов

Динамику доильных аппаратов с целью их модернизации и автоматизации исследовали Е.В.Бенова [13], И.К.Винников [4, 17, 48], О.Б.Забродина [100], В.Ф.Королев [15, 18], Л.П.Карташов [84, 85], Э.И.Келпис [103, 104], И.Н.Краснов [21, 105], В.А.Петровский [55, 106], А.А.Скроманис [107, 108, 109], И.А.Хозяев [28, 110] и другие российские и зарубежные ученые. Ими получены зависимости для определения частоты пульсаций, длительности и соотношения тактов, расхода воздуха, сил давления сосковой резины на сосок вымени, геометрических размеров доильных стаканов, соединительных трубок и других узлов и деталей доильных аппаратов.

Для определения соотношения тактов доильного аппарата В.Ф.Королевым получена зависимость для определения времени истечения и наполнения воздухом управляющей камеры мембранного пульсатора при помощи логарифма Непера [15].

Им же получены формулы для определения наибольшего P_1 и наименьшего P_2 давления в управляющей камере мембранного пульсатора [15, 18]:

$$P_1 = \frac{P \cdot d_{вк}^2}{d_{м}^2}, \quad P_2 = \frac{P \cdot d_{нк}^2}{d_{м}^2},$$

где $d_{м}$, $d_{вк}$, $d_{нк}$ – диаметры мембраны, верхнего и нижнего клапанов пульсатора, соответственно, м;

P , P_1 и P_2 – глубина рабочего вакуума, наибольший и наименьший вакуум в управляющей камере пульсатора, кПа.

Однако эти зависимости не раскрывают физическую сущность процессов и неточно описывают их в механизме пневмопривода доильных аппаратов, не учитывают взаимной связи элементов их пневматических линий и при расчётах дают значительные погрешности.

Полученные А.А.Скроманисом [107, 108, 109] выражения для определения длительности тактов также основаны на определении времени истечения и наполнения воздухом управляющей камеры пульсатора, однако при этом учитывалось и некоторое влияние, оказываемое на длительность процессов объемами межстенных камер доильных стаканов. Эти зависимости более точны, однако они весьма громоздки и неудобны для практического использования.

Вопросам определения длительности переходных процессов в камерах доильных стаканов и соотношения тактов посвящены также работы А.А.Скроманиса, В.П.Бабкина, И.Н.Краснова, И.А.Хозяева и др.

И.А.Хозяев для определения длительности переходных процессов в подсосковых камерах трехтактного доильного аппарата предложил следующие выражения [110]:

$$t_u = \frac{V}{\mu \cdot F \cdot R \cdot B \sqrt{T}} (1 - E_1);$$

$$t_{\text{нап}} = \frac{V \sqrt{T_m}}{k \cdot \mu \cdot F \cdot R \cdot B \cdot T_0} (1 - E_1),$$

где V – объём подсосковых камер; E_1 – отношение давлений в системе;

F – площадь сечения молочного шланга; R – газовая постоянная;

μ – коэффициент сопротивления молочного шланга; B – коэффициент;

T_0 , T и T_m – абсолютная температура воздуха в камере стакана, коллектора и магистрали, соответственно, °К;

k – коэффициент, учитывающий характер термодинамического процесса;

$t_{\text{и}}$ и $t_{\text{нап}}$ – время истечения и наполнения воздухом подсосковых камер.

Эти выражения получены в предположении, что объём подсосковых камер не изменяется. На самом же деле он при их наполнении меняется в значительных пределах, так как сосковая резина до этого процесса была сжата. Здесь, как и в выражениях, предложенных А.А.Скроманисом для определения времени переходных процессов в межстенных камерах [107], не учтено как изменение объёмов камер, так и наличие в линии не только сопротивлений по длине, но и местных, коэффициент истечения которых обычно приводится к площади сечения какого-то одного элемента линии.

И.Н.Красновым [105] был изучен процесс работы пульсатора и построены графики изменения давления в управляющей камере и камере переменного вакуума (рисунок 1.5) и получены выражения для определения длительности переходных процессов в камерах доильных стаканов и соотношения тактов.

Они получены в предположении изотермичности процессов истечения и наполнения и адиабатичности изменения состояния газа в камерах, при этом учтена взаимная связь основных узлов аппарата. Однако эти формулы очень громоздки и сложны для практического использования.

Анализ работ, посвященных исследованию рабочих параметров доильных аппаратов, показал, что большое внимание исследователями уделялось изучению и экспериментальному обоснованию динамических свойств (длительности тактов, частоты пульсаций, времени переходных процессов, пропускной способности молочной линии и других параметров) статическими методами. По-

этому динамика работы доильных аппаратов и их взаимодействие с выменем коровы остаются неизученными.

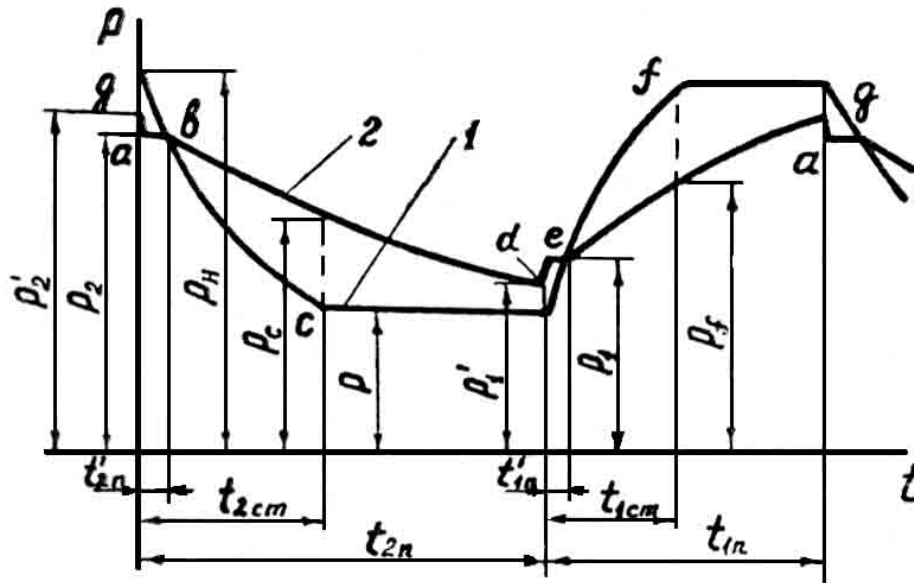


Рисунок 1.5 – График изменения величины вакуума в управляющей камере (1) и в камере переменного вакуума (2) пульсатора

Применение классических методов исследования динамических систем, а именно, теории систем автоматического регулирования, существенно упрощает процедуру теоретического обоснования процессов, при этом почти не требуется их экспериментальная проверка. Так, например, чтобы получить графики изменения вакуума в управляющей камере пульсатора (рисунок 1.5), достаточно изучить физику процесса, установить типы исследуемых звеньев (в данном случае камер пульсатора), записать их стандартные переходные функции, определить объёмы камер, предельные величины рабочего вакуума в них, проводимости дросселей и постоянные времени [4, 17].

Так как любая пневматическая ёмкость, имеющая хотя бы один вход и выход, является апериодическим звеном первого порядка, то переходная функция для этих камер будет иметь стандартный вид [13]:

$$h(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{T}}) \cdot 1(t), \quad (1.1)$$

где K – максимальный перепад вакуума на дросселе, кПа;

t – текущее время, с;

T – постоянная времени камеры, с;

$$T = \frac{V}{R \cdot \Theta \cdot \alpha} \quad (1.2)$$

где V – объем камеры, м³;

R – универсальная газовая постоянная, Н·м/(кг ·⁰К);

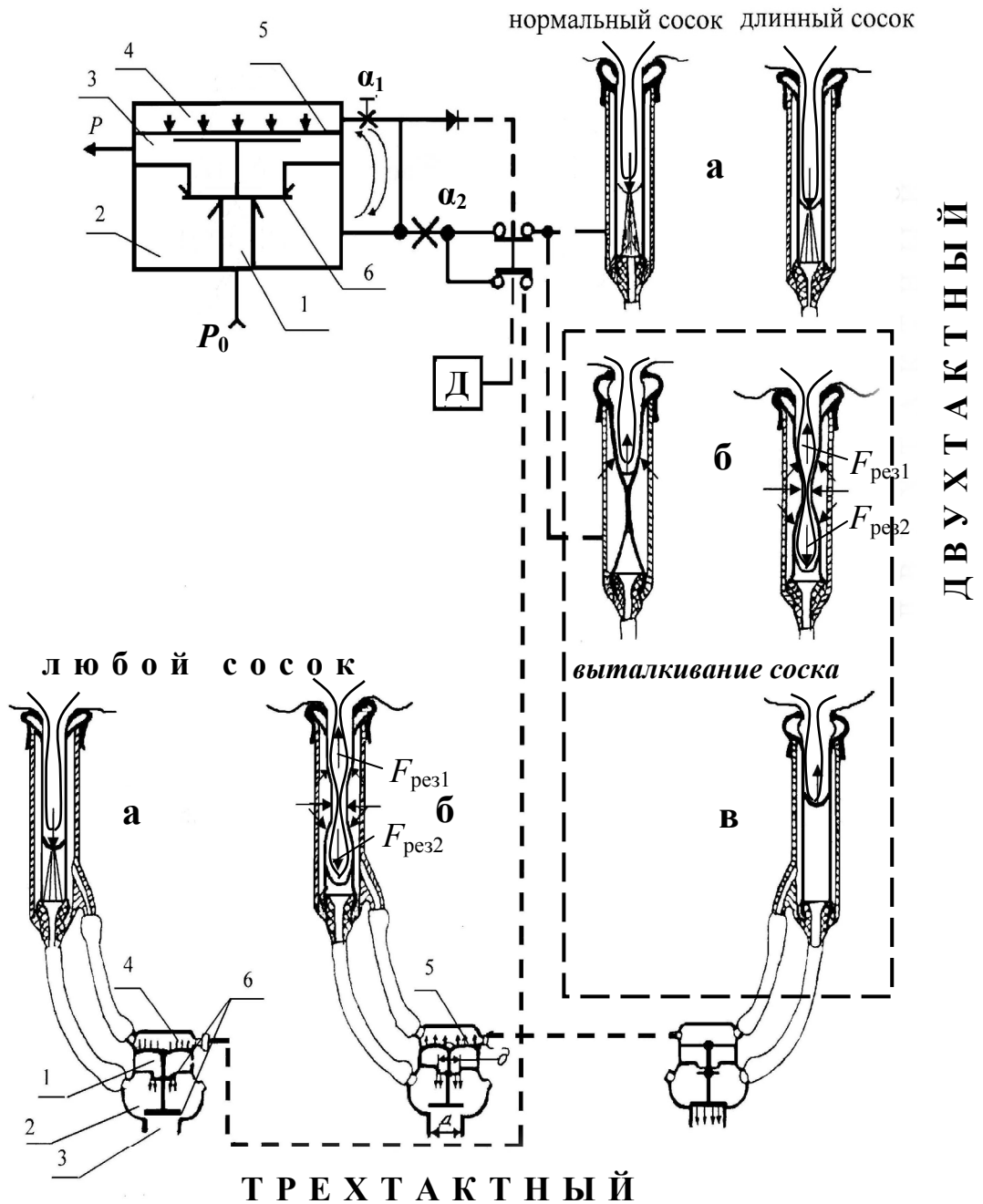
Θ – абсолютная температура, К;

α – проводимость дросселя (канала) камеры, м²/с.

Для того, чтобы построить теоретическую переходную характеристику, определять постоянную времени T вовсе необязательно. Для этого достаточно текущее время t выразить в долях постоянной времени, например: $t_1 = 0,1T$; $t_2 = 0,3T$; $t_3 = 0,5T$; $t_4 = 0,7T$ и т.д.

Преимущества средств вакуумной пневмоавтоматики в доении перед другими средствами автоматизации состоят в том, что они работают от вакуумного насоса доильной установки и не требуют дополнительного источника питания, им не нужны усилители и преобразователи сигналов [4]. В отличие от промышленной пневмоавтоматики, работающей на сжатом воздухе, в вакуумных средствах исключается скопление воды при засасывании из атмосферы влажного воздуха и даже влаги. При вакууммировании влажность воздуха резко снижается, обеспечивается отсос влаги и сушка вакуумной системы. Более чем столетний опыт работы вакуумных доильных аппаратов показал их высокую надежность, по простоте, надежности и стоимости им альтернативы нет [4, 17]. Кроме того вакуумная пневмоавтоматика, имея неограниченные функциональные возможности, обеспечивает необходимые в доении плавность и мягкость хода рабочих органов, что позволило создать простейшие автоматизированные доильные аппараты и манипуляторы, обеспечивающие в процессе работы массаж вымени, контроль за процессом доения, своевременное и качественное машинное додаивание, отключение, снятие и вывод доильных стаканов из-под вымени коров даже при доении их в стойлах [37, 66].

Принципиальная схема работы двухрежимного двух-трехтактного доильного аппарата представлена на рисунке 1.6 [13].



Такты: а – сосание; б – сжатие; в – отдых; камеры: 1 – атмосферного давления; 2 – переменного вакуума; 3 – постоянного вакуума P ; 4 – управляющая; 5 – мембрана; 6 – клапаны; α_1 , α_2 – дроссели; Д – датчик; $F_{рез1}$, $F_{рез2}$ – результирующие силы, действующие на сосок

Рисунок 1.6 – Принципиальная схема работы двухрежимного двух-трехтактного доильного аппарата

Как уже отмечалось, отечественный трехтактный доильный аппарат ДА-3М «Волга», в отличие от двухтактного, имеет такт отдыха, во время которого в подсосковые камеры доильных стаканов из коллектора впускается воздух, в ре-

зультате чего в них устанавливается почти атмосферное давление, выталкивающее из стакана сосок, втянутый в него вакуумом в такте сосания, поэтому перекрытие межцистернальных молочных протоков вымени по сравнению с доением двухтактным доильным аппаратом в этом случае менее вероятно [37].

Благодаря действию в такте отдыха в подсосковой камере доильного стакана атмосферного давления среднее действующее значение вакуума под соском снижается до величины, примерно равной «щадящему» значению вакуума (33 кПа) доильного аппарата «Duovac 300» [37].

Однако, трехтактный «щадящий» режим работы доильного аппарата, в отличие от режима аппарата «Duovac 300», является активным, так как в тактах «сосания» и «сжатия» под соском периодически действует рабочий вакуум (53 кПа), обеспечивающий лучшие условия вывода молока из вымени с меньшей зависимостью от размеров сосков, формы вымени и тугодойности коровы [4, 37]. Поэтому в период интенсивного молоковыведения целесообразнее переходить на непрерывный отсос молока путем перевода трехтактного доильного аппарата на двухтактный режим работы [4, 17].

Для устранения указанных выше недостатков двухтактных и трехтактного доильных аппаратов во ВНИПТИМЭСХ (СКНИИМЭСХ) под руководством д.т.н. И.К.Винникова был разработан автоматизированный доильный аппарат, обеспечивающий в процессе интенсивного молоковыведения ($Q > 10 - 12$ г/с) переход на двухтактный режим работы с непрерывным отсосом молока из вымени (рисунок 1.7) [37, 66, 67]. При снижении интенсивности молоковыведения ($Q < 6,5$ г/с) аппарат переходит на более безопасный «щадящий» трехтактный режим работы, а при падении интенсивности молоковыведения до 3,5 г/с он отключается, и доильные стаканы снимаются с сосков и выводятся из-под вымени коровы съемником. В двухрежимных доильных аппаратах более эффективным является не снижение вакуума под соском до 33 кПа в начале и в конце доения, а перевод их на трехтактный режим работы, обеспечивающий интенсивный массаж сосков и вымени в начале доения, безопасность доения и более эффективное додаивание без применения манипуляторов [4, 37].

Управление доильным аппаратом осуществляется серийным пневмодатчи-

ком интенсивности молочного потока МДФ 02.010 манипулятора МД-Ф-1 [82, 83, 97] с переключателем, включающим камеру постоянного вакуума, воздушную камеру и штуцеры выдачи вакуумных сигналов на механический додой и отключение аппарата через управляемый датчиком пульсатор со штуцером переменного вакуума [37].

Указанный эффект достигается тем, что камера привода мембранно-клапанного блока коллектора пневматически связана со штуцером выдачи вакуумного сигнала на механический додой, а воздушная камера переключателя пневмодатчика соединена каналом со штуцером переменного вакуума пульсатора [37].

Доильные стаканы с коллектором снабжены гибкой подвеской с регулятором высоты и гофрированным вакуумным подъемником, пневматически связанным со штуцером пневмодатчика, подающим вакуумный сигнал на отключение аппарата.

Двухрежимный двух-трехтактный автоматизированный доильный аппарат [37] (рисунок 1.7) содержит шланги, коллектор 1, включающий молочную и воздушные камеры, камеру-распределитель переменного вакуума 2, камеру атмосферного давления 3, камеру привода 4 мембранно-клапанного блока 5, камеру постоянного вакуума 6 и молочную камеру 7, связанную молочными трубками с доильными стаканами 8, каждый из которых содержит подсосковую камеру 9, сосковую резину 10, образующую с доильным стаканом межстенную камеру 11. Коллектор 1 и доильные стаканы 8 с трубками образуют подвесную часть доильного аппарата.

Пульсатор 12 доильного аппарата содержит камеру постоянного вакуума 13, управляющую камеру 14 с дросселем 15 и обратным клапаном 16, клапаном 17, штуцером переменного вакуума 18, связанным каналом переменного вакуума 19 с камерой-распределителем переменного вакуума 2 коллектора и воздушной камерой 27 переключателя пневмодатчика.

Пневматический датчик интенсивности молочного потока 20 включает штуцер 21 выдачи вакуумного сигнала на механический додой, штуцер 22 выдачи вакуумного сигнала на отключение доильного аппарата, шток 23, опорную

скобу 24, переключатель 25 с камерой постоянного вакуума 26 и воздушной камерой 27, поплавков 28.

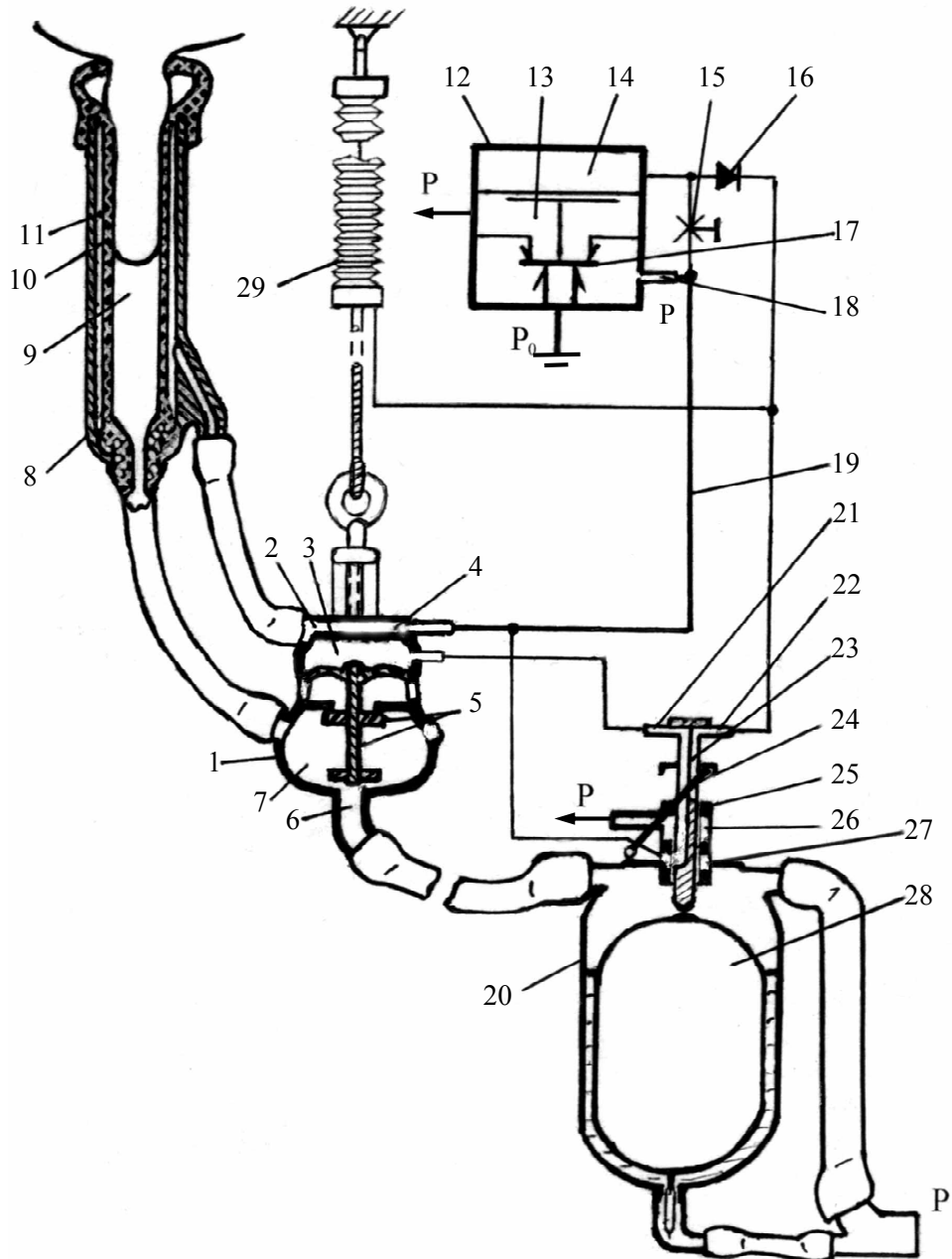


Рисунок 1.7 – Элементная схема двухрежимного двух-трехтактного автоматизированного доильного аппарата с поплавковым пневмодатчиком

Кроме того, на рисунке 1.7 обозначено: 29 – гофрированный вакуумный подъемник доильных стаканов с коллектором, P_0 – атмосферное давление, P – постоянный вакуум, P_f – генерируемый пульсатором переменный вакуум.

Доильный аппарат работает следующим образом [37]. После подготовки вымени коровы к доению оператор поднимает шток 23 поплавково-пневматического датчика интенсивности молочного потока 20 (далее – пневмодатчик) и

устанавливает его на опорную скобу 24. При этом в штуцере 22 устанавливается атмосферное давление P_0 , которое поступает в гофровый подъемник 29. Под действием силы тяжести он растягивается и опускает подвесную часть доильного аппарата к вымени коровы. Воздух из штуцера 22 также поступает к обратному клапану 16 и закрывает его.

Пульсатор 12 включается в работу, и на его выходе в штуцере 18 генерируется переменный вакуум P_f , который по каналу 19 через распределитель 2 коллектора подается в межстенные камеры 11 доильных стаканов 8. Кроме того, переменный вакуум устанавливается и в камере 27, из которой по каналу штока 23 и штуцеру 21 подается в камеру 4 привода мембранно-клапанного блока 5 коллектора 1. Под действием переменного вакуума мембранно-клапанный блок 5 приходит в колебательное движение, и аппарат будет работать в трехтактном режиме до тех пор, пока интенсивность молоковыведения не достигнет заданного значения (например, 10-12 г/с). При этом поплавков 28 пневмодатчика всплывает и поднимает шток 23, опорная скоба 24 падает, канал штуцера 21 соединяется с постоянным вакуумом в камере 26, и на выходе штуцера 21 и в камере 4 привода мембранно-клапанного блока коллектора установится постоянный вакуум, под действием которого мембранно-клапанный блок коллектора и его клапаны будут зафиксированы в верхнем положении. Камера 6 будет открыта, а камера 3 закрыта. В молочной камере 7 коллектора и в подсосковой камере 9 доильного стакана будет действовать постоянный вакуум P . Доильный аппарат будет работать в двухтактном режиме с непрерывным отсосом молока до тех пор, пока интенсивность молоковыведения не снизится, например, до 6,5 г/с. При этом поплавков 28 и шток 23 опустятся, и вход канала штуцера 21 войдет в камеру 27, в которой действует переменный вакуум пульсатора. Поэтому и в камере 4 начнет действовать переменный вакуум, под действием которого доильный аппарат перейдет на трехтактный режим работы.

Если в трехтактном режиме работы в заключительной фазе доения интенсивность молоковыведения будет продолжать снижаться и снизится до 3,5 г/с, поплавков 28 со штоком 23 опустятся до крайнего нижнего положения, и вход канала штуцера 22 войдет в камеру 26 постоянного вакуума. Из штуцера 22 ва-

куум начнет поступать в гофровый подъемник 29. Под действием вакуума его гофра, сжимаясь, начнет поднимать доильные стаканы 8 с коллектором 1. Кроме того, постоянный вакуум через обратный клапан 16 войдет в управляющую камеру 14 пульсатора и поднимет его мембрану с клапаном вверх. В результате в штуцере 18, канале 19, камере-распределителе 2, в межстенной камере 11 доильного стакана и в камере 27 установится атмосферное давление. При полностью опущенном поплавке вход канала штуцера 21 совместится с камерой 27 и на выходе штуцера 21 будет атмосферное давление, которое поступит в камеру 4 привода мембранно-клапанного блока коллектора. Клапаны в его молочной камере опустятся, камера 6 постоянного вакуума закроется, а камера атмосферного давления 3 откроется. В результате в молочной камере 7 коллектора и в подсосковой камере 9 доильного стакана установится атмосферное давление.

В результате такого перераспределения давлений пульсатор аппарата выключается, доильные стаканы беспрепятственно снимаются с сосков и выводятся из-под вымени коровы гофровым подъемником 29.

Физиологически обоснованные параметры доения должен обеспечивать пульсатор, являющийся «сердцем» любого управляемого доильного аппарата, но аппарата, удовлетворяющего в определенной степени всем предъявляемым требованиям, к сожалению, пока нет. Наиболее значимыми в этом плане являются разработки С.Я.Горма под руководством В.Ф.Королева, В.А.Петровского, О.Б.Забродиной и Е.В.Беновой под руководством И.К.Винникова.

Суть разработки С.Я.Горма состоит в том, что для изменения соотношения тактов доильного аппарата предлагается к стержню мембранно-клапанного механизма пульсатора, установленного на крышке ведра, подвесить поворачивающуюся в вертикальной плоскости на шарнире щелевую ловушку, вес молока в которой зависит от интенсивности молоковыведения. С увеличением интенсивности молоковыведения сила веса ловушки, действующая на стержень, увеличивается, как и продолжительность такта сосания. Основным недостатком данного решения является громоздкость из-за расположения механизма на крышке доильного ведра [15, 23, 24].

Таким образом, было установлено, что соотношение тактов в доильном ап-

парате можно регулировать механической нагрузкой на мембранно-клапанный блок пульсатора пропорционально интенсивности молоковыведения.

В промышленной пневмоавтоматике для изменения тактов в генераторах импульсов используются универсальные трёхмембранные реле с подпором [111]. Исследование возможности и целесообразности использования таких реле в доильных аппаратах было проведено во ВНИПТИМЭСХ В.А.Петровским [54, 55]. Несмотря на положительные результаты исследования использование промышленных пневмореле в доении оказалось нецелесообразным из-за сложности конструкции и тяжелых условий эксплуатации, требующих разборки неразборных реле.

В результате экспериментальных исследований характеристик пульсатора В.Ф.Королев установил, что их абсолютные величины не имеют значения, а их соотношение как раз и необходимо для конструирования пульсаторов с заданными параметрами, и что имеет место закономерность увеличения длительности такта сосания и соответствующее сокращение тактов сжатия и отдыха с повышением величины вакуума срабатывания пульсатора [15], а это и есть свойства реле.

Таким образом, В.Ф.Королев экспериментальным путем вплотную подошел к необходимости исследования пульсаторов как релейных устройств на основе теории систем автоматического регулирования в относительных единицах.

Динамические режимы и параметры вакуумного привода, включающего пульсатор, коллектор и доильные стаканы двух-трехтактного доильного аппарата исследовала Е.В.Бенова [13]. Она отмечает, что доильные аппараты с постоянным режимом работы не могут обеспечить безопасные для животных условия доения. Современный «щадящий» доильный аппарат в зависимости от интенсивности молокоотдачи должен работать в автоматическом двух-трехтактном режиме, обеспечивать безопасное доение, при низкой молокоотдаче в заключительной фазе переходить на трехтактный режим работы, чтобы в такте отдыха выталкивать сосок из стакана, тем самым освобождая перекрытые молочные протоки, а при снижении молокоотдачи до 100 г/мин автоматически отключаться [13]. При этом среднюю действующую величину вакуума под со-

ском можно менять путем изменения продолжительности такта сосания и перевода аппарата с трехтактного на двухтактный режим и обратно.

Регулирующий орган пульсатора – мембранно-клапанный механизм, переключающийся скачком, представляет собой нелинейное звено релейного типа, время срабатывания t_1 и отпускания t_2 которого определяется проекциями образующих его релейную характеристику на ось t , являющихся частями постоянных времени переходных характеристик управляющей камеры пульсатора – восходящей $h(t) = K(1 - e^{-\frac{t_1}{T}}) \cdot 1(t)$, и нисходящей $h(t) = K \cdot e^{-\frac{t_2}{T}} \cdot 1(t)$ [13].

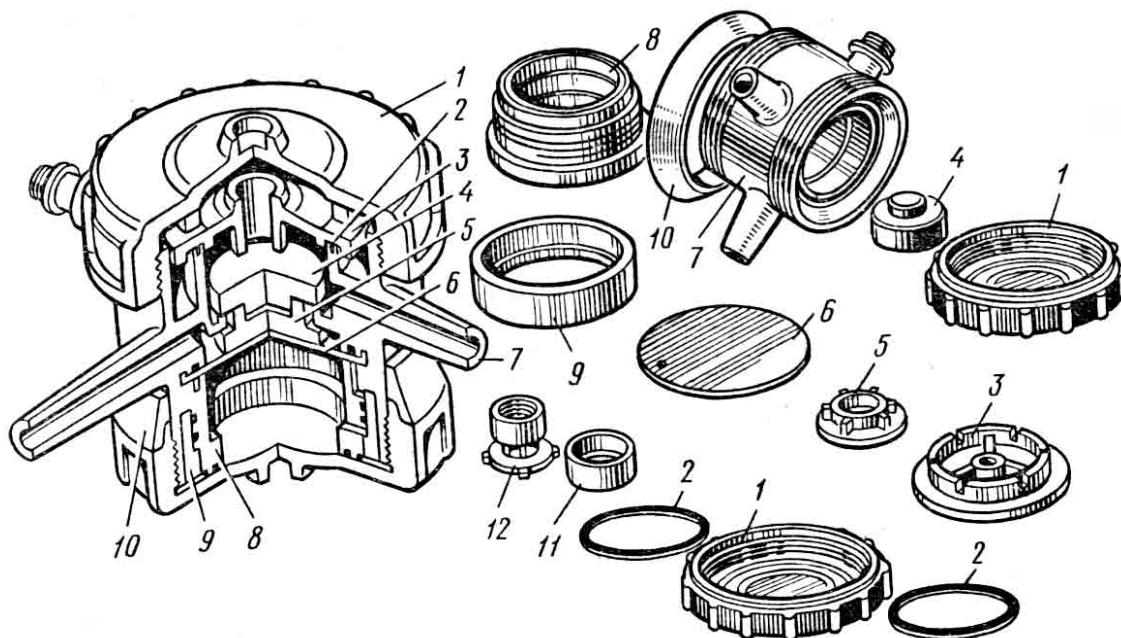
Несмотря на то, что принцип взаимодействия с сосками вымени коровы двухтактного и трехтактного доильных аппаратов различен, и подход к выводам дифференциальных уравнений разный, передаточные функции получились одинаковыми, что указывает на идентичность и совместимость их воздействия на соски теоретически и подтверждается экспериментально.

1.4. Пульсаторы доильных аппаратов. Их влияние на процесс доения и направления совершенствования

Практически с момента появления доильного аппарата его неотъемлемой составной частью является пульсатор [22, 39]. Его основу составляет мембранно-клапанный блок, который обеспечивает периодическое натекание (такт сжатия) и отсасывание (такт сосания) атмосферного воздуха из межстенных камер доильных стаканов (рисунок 1.5) [15].

Первоначально в доильных аппаратах применялись пневматические пульсаторы мембранного типа, обеспечивавшие пневматический привод за счет жесткости резиновой мембраны [15, 39] (рисунок 1.8). Такие пульсаторы в настоящее время широко применяются в России в составе отечественных доильных аппаратов и делятся на пульсаторы с регулируемой (СБ-14, ДД 4-1) и нерегулируемой (АДУ-02.100, ПМ-1) частотой пульсаций [112]. Их главными достоинствами являются простота конструкции и низкая стоимость (100 – 300

руб.). Их характерными особенностями являются [15, 112]: зависимость частоты пульсаций и соотношения тактов от уровня вакуума; необходимость постоянного контроля частоты пульсаций и их регулировки (для регулируемых пульсаторов); необходимость периодической разборки для чистки и замены деталей.



1 – гайка, 2 – прокладка, 3 – крышка, 4 – клапан, 5 – обойма, 6 – мембрана, 7 – корпус пульсатора, 8 – корпус камеры управления, 9, 10 – уплотнительные кольца, 11 – кожух фильтра воздуха, 12 – гайка фильтра

Рисунок 1.8 – Пульсатор доильного аппарата АДУ - 1

Совершенствование конструкций пневматических пульсаторов и их исследование в настоящее время практически прекратилось. В доильных аппаратах зарубежных фирм они практически не применяются, их место заняли электропульсаторы [113]. В России выпускаются модели пневмопульсаторов, разработанные еще в 60-70 гг. XX века, которые все чаще заменяются на электропульсаторы зарубежной разработки. Последние работы отечественных ученых также посвящены в основном исследованию и разработке электропульсаторов [114, 115, 116], за последние 20 лет практически нет патентов на конструкции вакуумных мембранных пульсаторов.

В мире в настоящее время наиболее распространены электропульсаторы [113]. Принцип их работы основан на перемещении клапанов или диафрагм под действием магнитного поля, создаваемого электромагнитом [115, 116]. Их глав-

ной особенностью является обеспечение стабильной частоты пульсаций и соотношения тактов независимо от условий внешней среды. При применении датчика потока молока возможно изменение этих параметров в зависимости от интенсивности молоковыведения. Наличие в составе многих моделей электронных блоков управления позволяет устанавливать значения параметров пульсатора. Недостатками данных пульсаторов являются необходимость наличия источника электропитания (аккумулятор или сеть), а также большая сложность конструкции. Их самостоятельный ремонт невозможен. Стоимость импортных электропульсаторов в десятки раз превышает стоимость мембранных пульсаторов и сопоставима со стоимостью отечественных доильных аппаратов. Это делает их применение экономически невыгодным для большинства отечественных производителей молока, особенно для небольших хозяйств. Таким образом, их главным недостатком является высокая стоимость самих пульсаторов, запасных частей и сервисного обслуживания.

1.5. Цель и задачи исследований

Наиболее слабым звеном исследованных и проверенных в производстве Е.В.Беновой [13] первых двухрежимных двух-трехтактных доильных аппаратов [37, 66] оказалось непосредственное управление работой пульсатора и коллектора от сигналов датчика. Поэтому она была вынуждена ограничиться исследованиями динамики вакуумного привода (пульсатора и коллектора) доильного аппарата без изучения его системы управления [13].

Двухрежимный двух-трехтактный доильный аппарат, взаимодействующий с живым организмом, является сложной динамической системой. Для синтеза его рациональной структуры необходимо на основе теории систем автоматического регулирования и управления изучить систему управления и происходящие в нем динамические процессы при всех режимах работы [4].

В схеме управления доильного аппарата (рисунок 1.7) управляющий сигнал датчика подавался через обратный клапан непосредственно в управляющую камеру пульсатора (через дроссель) [37]. В такой схеме управления даже незначи-

тельный подсос воздуха через обратный клапан существенно влияет на частоту пульсаций доильного аппарата. Повысить устойчивость работы аппарата можно путём увеличения пневматической проводимости дросселя управляющей камеры пульсатора. Но согласно уравнению (1.2) для сохранения значения постоянной времени T необходимо пропорционально увеличить и объем его управляющей камеры, что обязательно приведет к увеличению габаритов пульсатора, а это нежелательно.

Для обоснования выбора рациональной схемы ввода сигнала датчика в управляющую камеру пульсатора необходимо провести исследования протекающих в ней динамических процессов.

Управление работой коллектора в этой схеме тоже осуществляется непосредственно от датчика в зависимости от положения его штока, перемещаемого в переключателе поплавком в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения [37]. Для этого камера атмосферного давления переключателя пневматически связана с каналом переменного вакуума пульсатора. Несмотря на простоту этой схемы, надежность ее работы недостаточна по причине искажения сигналов переменного вакуума по амплитуде и фазе из-за подсосов воздуха в переключателе и запаздывания сигнала в дополнительных линиях связи переменного вакуума [67, 97].

Для обоснования выбора рациональной схемы управления работой коллектора, лишенной указанных недостатков, необходимо провести исследования, обоснование и доработку схемы управления работой коллектора.

Используемый в схеме управления отечественный поплавковый пневматический датчик интенсивности молочного потока МДФ 02.010 манипулятора МД-Ф-1 был разработан в 70-х годах прошлого века и морально устарел. Выпускаемые в настоящее время в мире пневматические датчики могут использоваться в исследуемом доильном аппарате, существенных преимуществ перед рассматриваемым датчиком МДФ 02.010, выпускаемым ОАО «Кургансельмаш», не имеют [1]. Они имеют те же недостатки: обязательная установка датчика в молочной линии доильного аппарата, необходимость периодической разборки для ручной промывки, определенные требования к установке датчика в

вертикальном положении и др.

На основе анализа предшествующих исследований был сделан вывод о том, что теории вакуумных пульсаторов как релейных пневматических средств не существует, поэтому доильные аппараты не соответствуют предъявляемым физиологическим требованиям. Однако, эти исследования позволили перейти к научному обоснованию и созданию доильного аппарата, лишённого указанных выше недостатков.

В СКНИИМЭСХ под руководством д.т.н. И.К.Винникова на основе теории систем автоматического регулирования изучены динамические процессы, параметры и режимы работы вакуумных приводов двухтактного и трехтактного доильных аппаратов [13, 117, 118, 119, 120, 121, 122], разработаны математические модели и получены динамические характеристики вакуумных систем, осуществлено компьютерное моделирование, и проведен синтез вакуумных систем питания доильных установок с использованием программного комплекса «МВТУ» [123, 124].

На основе проведенных исследований сформулированы цель и задачи исследований.

Цель исследований – повышение эффективности машинного доения коров путем совершенствования доильного аппарата на основе новых знаний о функциональных возможностях пульсатора, позволяющих регулировать параметры в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения в соответствии с физиологическими требованиями.

Задачи исследований:

1. Исследовать функциональные возможности и особенности функционирования пульсатора как вакуумного пневматического элемента с нелинейностью релейного типа.

2. Установить внутренние связи, закономерности функционирования пульсатора и возможности управлять его основными параметрами: соотношением тактов, частотой пульсаций и глубиной вакуума под соском в допустимых физиологически обоснованных пределах.

3. Разработать лабораторные образцы и провести экспериментальные ис-

следования управляемых пульсаторов.

4. Провести производственную проверку, определить эффективность управляемых пульсаторов и разработать проект зоотехнических требований на стойловый доильный автомат.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И ПАРАМЕТРОВ ВАКУУМНЫХ ПУЛЬСАТОРОВ ДЛЯ СТОЙЛОВЫХ ДОИЛЬНЫХ АВТОМАТОВ

2.1. Исходные положения и допущения, принимаемые при исследованиях

В соответствии с проведенными в СКНИИМЭСХ исследованиями [68, 96, 99] и разработанными зоотехническими требованиями (Приложение В) в реальных условиях гарантировать безопасность выдаивания коров любыми неавтоматизированными аппаратами нельзя, такие безопасные аппараты не существуют.

В отличие от аппаратов «Duovac», в двухрежимном двух-трехтактном доильном аппарате никаких регуляторов, снижающих в конце доения до «безопасной» величину вакуума под соском, нет, да они и не требуются, потому что в трехтактном режиме под соском действует переменный вакуум и средняя, действующая на сосок, величина вакуума, при этом равна $P_c = \lambda \cdot P_{\text{пит}}$, где $P_{\text{пит}}$ – величина вакуума в системе питания аппарата, кПа; λ – доля продолжительности такта сосания в цикле работы пульсатора (фаза сосания). У отечественных серийных аппаратов $\lambda = 0,7$, при этом если $P_{\text{пит}} = 50$ кПа, то в трехтактном режиме средняя действующая величина вакуума под соском будет $P_c = 35$ кПа, т.е. почти столько же, как в аппаратах «Duovac 300» (33 кПа). При вакууме 33 кПа у значительной части отечественного неотсеleccionированного поголовья коров сфинктеры сосков не открываются [1, 4]. Такие коровы остаются постоянно невыдоенными и преждевременно уходят в запуск. В исследуемом же варианте под соском при додаивании действует переменный вакуум, максимум которого в такте сосания достигает величины $P_{\text{пит}} = 50$ кПа. При таком вакууме во время машинного додаивания молочные протоки сосков открываются и оставшееся в вымени молоко полностью выводится порциями. При этом остаточное молоко по ручному додаиванию не превышает допустимых значений.

В принципе, в теоретических исследованиях пневматических элементов и

систем, к которым относятся и доильные аппараты, должна использоваться полная система уравнений газовой динамики. К ним должны быть добавлены дифференциальные уравнения процессов теплоотдачи для стенок пневматических камер, дросселей, шлангов, вакуум-баллонов, вакуумпроводов и др. Однако решение такой системы уравнений в общем виде представляет собой сложную задачу [4].

В вакууме струя получает скорость за счет разности давления атмосферного воздуха и пониженного давления в вакууммированном пространстве, в которое входит атмосферный воздух. Экспериментальными исследованиями [124] установлено, что в начальный момент, при малых перепадах давления (низкий вакуум), струи, примыкающие к соплу, имеют цилиндрические участки, т.е. мало турбулизированы. С ростом перепада давления (глубины вакуума) турбуляция вакуумных струй, в отличие от сжатого воздуха, снижается благодаря разрежению среды, в которую входит струя. Если струя атмосферного воздуха впускается через круглое и длинное сопло, у которого отношение длины к диаметру больше или равно 5, в сосуд, находящийся под вакуумом, она не встретит такого сопротивления воздуха, как в атмосфере, и сохранит свою цилиндричность на значительно большем расстоянии от сопла. Поэтому для расчета скоростного напора вакуумных струй можно пользоваться уравнением для идеальных газов [125].

Кроме того, исследованиями [4, 48, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63] установлено, что в вакуумной пневмоавтоматике достаточное соответствие с опытом дают расчеты, основанные на принятии ряда упрощающих допущений, приемлемых для исследования средств промышленной пневмоавтоматики.

Промышленная пневмоавтоматика работает на положительных перепадах давления, представляющих собой разницу давлений на входе и выходе воздуха [111]. Рабочий перепад избыточного давления всегда положителен и обозначается буквой P . В вакуумных системах доильных установок рабочий перепад равен разнице атмосферного давления P_0 и величине вакуума h . В некоторых учебниках [102, 112] перепад вакуума записывается как разность двух его зна-

чений, а графики интерпретируются в четвертом квадранте на оси абсцисс, по которой откладываются значения атмосферного давления. Такая условность с позиций физики нагляднее и больше соответствует действительности, но при рассмотрении динамических процессов с использованием передаточных функций, где значение вакуума приходится возводить в высшие степени, применение двучленов затрудняет и даже делает невозможным использование основного математического аппарата теории систем автоматического регулирования. Поэтому в наших исследованиях, как и в промышленной пневмоавтоматике, рабочий перепад вакуума положителен, обозначается буквой P , и графики вакуумных динамических процессов тоже изображаются в положительном квадранте системы координат.

Для струй, дросселей и пневматических камер, работающих в доении на низком вакууме, в которых истечение воздуха происходит при малых перепадах давлений, не учитывается влияние на их характеристики изменения плотности воздуха, связанного с изменением давлений [4]. Истечение считается преимущественно ламинарным и происходит в докритических режимах ($P/P_{\text{атм}} < 0,53$).

Считается, что расходные характеристики дросселей в неустановившихся режимах работы такие же, как и в установившихся. Принимается, что во всех случаях каждой данной разности давлений до и после дросселя соответствует один и тот же расход воздуха (условия квазистационарности течения) [4].

Берутся средние для любой пневмокамеры величины давлений: считается, что давление не меняется от одной точки камеры до другой [4].

Вводятся упрощающие допущения в отношении процессов изменения состояния воздуха в камерах (эти процессы зависят от условий теплопередачи через их стенки): исследования проводятся лишь для предельных условий, когда процесс состояния воздуха изотермический или адиабатический [4].

На основании принятых допущений и многочисленных проведенных ранее во ВНИПТИМЭСХ (СКНИИМЭСХ) исследований динамики процессов вакуумных элементов и доильных систем [48, 57, 60, 61, 64, 65], установлено, что

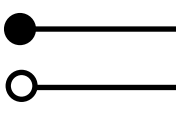

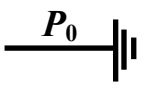
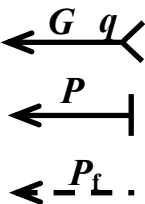
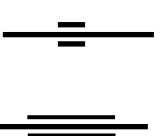
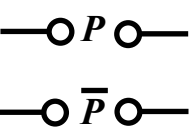


все они преимущественно линейные или легко линеаризуемые. Поэтому основным научным принципом (исходным положением) настоящих исследований является линейность вакуумных доильных систем, т.е. динамические процессы в них можно исследовать классическими методами теории систем автоматического регулирования [126, 127].

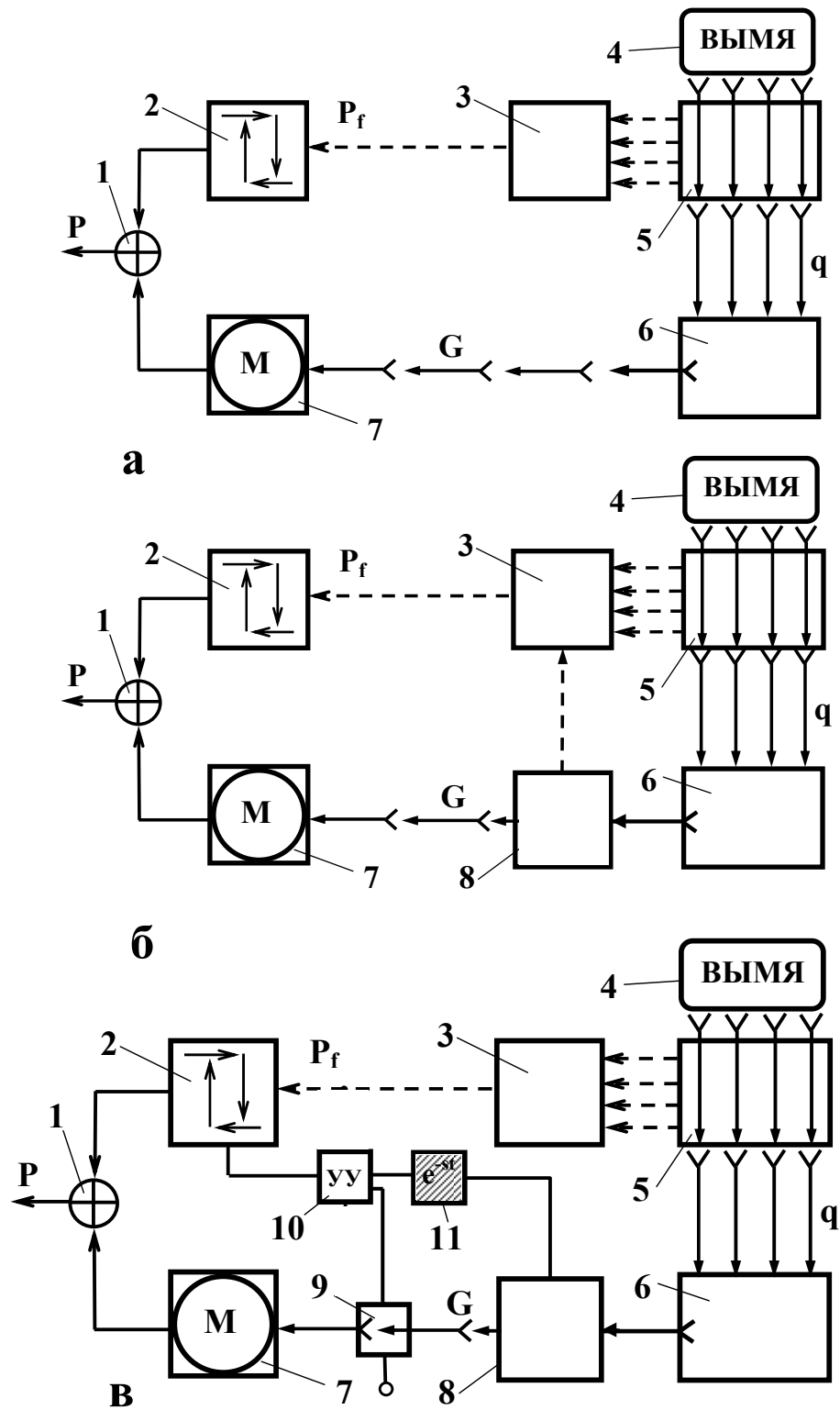
2.2. Обоснование элементов и схем управляемых доильных аппаратов

Для обоснованного выбора элементов и схемы рационально управляемого доильного аппарата, прежде всего, необходимо рассмотреть и проанализировать все возможные варианты его работы. Проще всего это можно сделать при сравнительном анализе блок-схем доильных аппаратов (рисунок 2.1).

Здесь и далее в вакуумных пневматических схемах приняты условные обозначения, представленные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Условные обозначения в вакуумных пневматических схемах

Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение	Наименование
	входной } пневмо- выходной } каналы		пневмоемкости: – постоянная – регулируемая
	сброс в атмосферу		потоки: жидкость (молоко) вакуум постоянный вакуум переменный
	с мягким } мембраны: центром } с жестким }		пневмоконттакты: нормально-открытый нормально-закрытый
	нерегулируемое сопротивление		регулируемое сопротивление



а – двухтактный доильный аппарат; б – трехтактный доильный аппарат; в – двухрежимный двух-трехтактный автоматизированный доильный аппарат; 1 – источник постоянного вакуума; 2 – пульсатор; 3 – распределитель переменного вакуума; 4 – вымя; 5 – доильные стаканы; 6 – коллектор; 7 – молокосборник; 8 – мембранно-клапанный механизм коллектора; 9 – датчик интенсивности молочного потока; 10 – управляющее устройство; 11 – звено чистого запаздывания сигнала управления коллектором

Рисунок 2.1 – Блок-схемы доильных аппаратов

Блок-схема (рисунок 2.1а) двухтактного доильного аппарата отличается предельной простотой. Трехтактный доильный аппарат (рисунок 2.1б) сложнее двухтактного, так как в его коллекторе имеется мембранно-клапанный механизм, обеспечивающий в процессе доения в подсосковых камерах третий такт, так называемый такт «отдыха», в результате которого под соском действует почти атмосферное давление, выталкивающее из стакана втянутый в такте сосания сосок, что обеспечивает удовлетворительное выдаивание коров без машинного додаивания.

Кроме того, внешнее управление работой молочного клапана коллектора позволяет доить корову как в двухтактном, так и в трехтактном режимах, а также отключать доильный аппарат в конце доения.

Это свойство трехтактного доильного аппарата послужило основой для разработки под руководством д.т.н. И.К.Винникова двухрежимного двух-трехтактного автоматизированного доильного аппарата (рисунок 2.1в) [37, 66, 67, 97].

Из рисунка 2.1 видно, что «сердцем» любого доильного аппарата является пульсатор 2, обеспечивающий работу его основных блоков. Кроме пульсатора все доильные аппараты включают распределитель переменного вакуума 3, двухкамерные доильные стаканы 5, коллектор 6 и молокосорник 7, источник постоянного вакуума P , линию переменного вакуума P_f и молочную линию G .

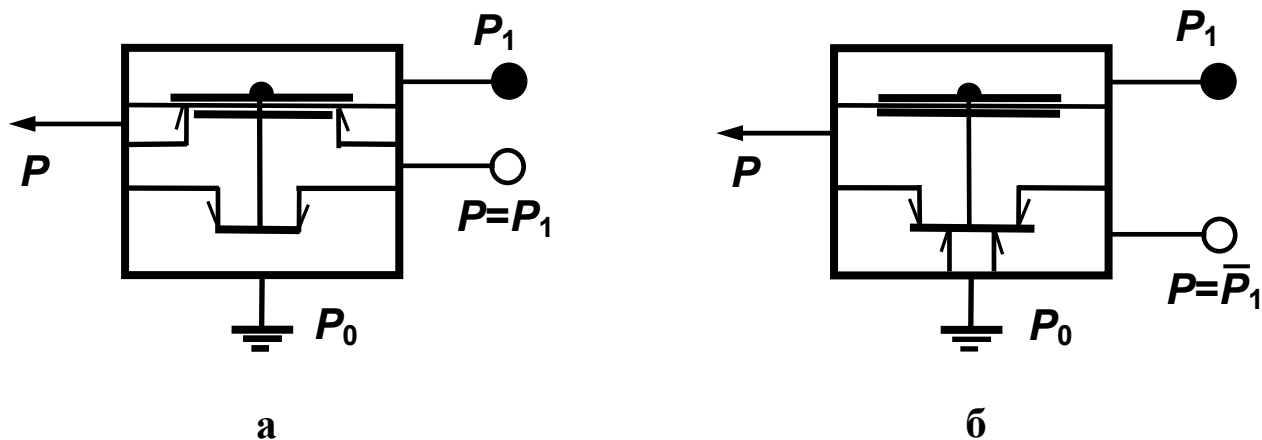
Все пульсаторы и коллекторы трехтактного и двух-трехтактного аппаратов включают мембранно-клапанные механизмы, а двух-трехтактный автоматизированный доильный аппарат, кроме того, включает датчик интенсивности молочного потока 9, управляющее устройство (УУ) 10 и линии связи. Наиболее длинные их участки могут иметь звенья чистого запаздывания e^{-st} передачи сигналов 11.

Любой пневматический пульсатор современного доильного аппарата может быть реализован по схеме прямого (рисунок 2.2а) или инверсного (рисунок 2.2б) мембранно-клапанных усилителей, реализующих логические операции ДА (повторение) и НЕ (отрицание).

По первой схеме реализован пульсатор трехтактного доильного аппарата ДА-3М «Волга».

Инверсная схема является более простой в изготовлении и эксплуатации, и поэтому в производстве она более предпочтительна. По функциональным возможностям обе они являются полностью взаимозаменяемыми, если мембранно-клапанные блоки выполняются связанными в единый узел, а подводы питания и атмосферы меняются местами. Соотношение тактов в обоих случаях зависит от соотношения эффективных площадей мембран и клапанов. Исходя из этого в наших исследованиях используется исключительно инверсная схема.

Используемые глухие управляющие камеры пульсаторов между собой принципиальной разницы не имеют, но так как в пульсаторах они работают с дросселями, как пневмодомкаты инерционных звеньев, то могут иметь разные объемы. В управляемых пульсаторах управляющие камеры могут быть проточными.



а – прямой усилитель; б – инверсный усилитель

Рисунок 2.2 – Вакуумные мембранно-клапанные усилители

Дроссели могут быть постоянными (нерегулируемыми) и переменными (регулируемыми), винтовыми и в виде капилляров и каналов. Каналы могут нарезаться на конусе и цилиндре (пульсатор аппарата АДУ-1) или на плоскости (например, пульсатор ДД4-1).

Коллектор двухтактного доильного аппарата предельно прост и полностью соответствует своему прямому назначению – собирать молоко из отдельных

(четырёх) доильных стаканов в общую молочную камеру, имеющую выход в молочный шланг для последующего транспортирования молока в молокопровод или в молочную емкость. Кроме клапана подсоса атмосферного воздуха этот коллектор управляющих и управляемых элементов не содержит и поэтому особого интереса для данного исследования не представляет.

Коллектор трехтактного доильного аппарата, помимо своего прямого назначения, имеет мембранно-клапанный узел – прерыватель постоянного вакуума, управляемый переменным вакуумом, создаваемым пульсатором в распределительной камере. Этот механизм можно использовать для переключения работы аппарата на двухтактный или трехтактный режим и для его отключения в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения. Для этого необходимо ввести в коллектор отдельную управляющую камеру V_k , связанную с выходами пневмодатчика интенсивности молочного потока P_1 .

Итак, коллектор и пульсатор разрабатываемого автоматизированного аппарата необходимо строить по более простой инверсной схеме (рисунок 2.2б). На рисунке 2.3а представлена элементная схема пульсатора, а на рисунке 2.3б – схема управляемого коллектора.

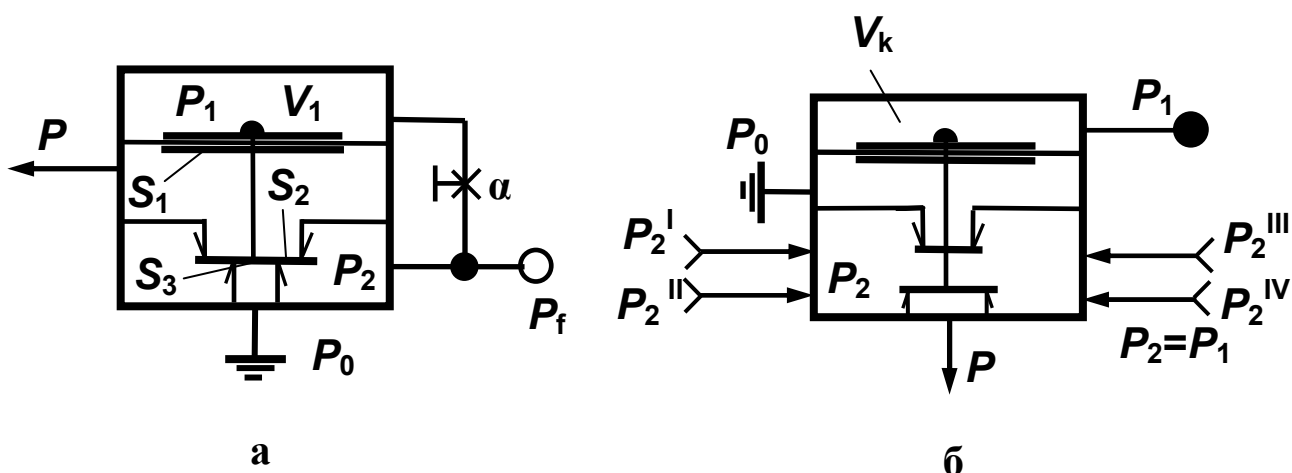
Несмотря на то, что и пульсатор и коллектор построены по одной и той же элементной схеме, пульсатор реализует логическую операцию НЕ (отрицание), а коллектор ДА (повторение) благодаря разным местам ввода в них (под мембрану или под нижний клапан) вакуума питания P и атмосферного давления P_0 .

В связи с ограниченностью ассортимента выпускаемых промышленностью вакуумных пневмодатчиков интенсивности молочного потока в настоящих исследованиях используется серийный поплавковый пневмодатчик МДФ 02.010 или струйно-сильфонное вакуумное управляющее устройство (УУ) [37, 67].

Важными элементами управления доильными аппаратами являются вакуумные линии связи. Они включают толстостенные резиновые шланги постоянного и переменного вакуума и поливинилхлоридные (ПВХ) трубки.

Как уже отмечалось, основным блоком любого доильного аппарата является пульсатор – генератор переменного вакуума, управляющая камера которого

может служить и основным узлом управления в автоматизированном аппарате. Для синтеза его рациональной управляемой структуры необходимо исследовать динамику этого узла.

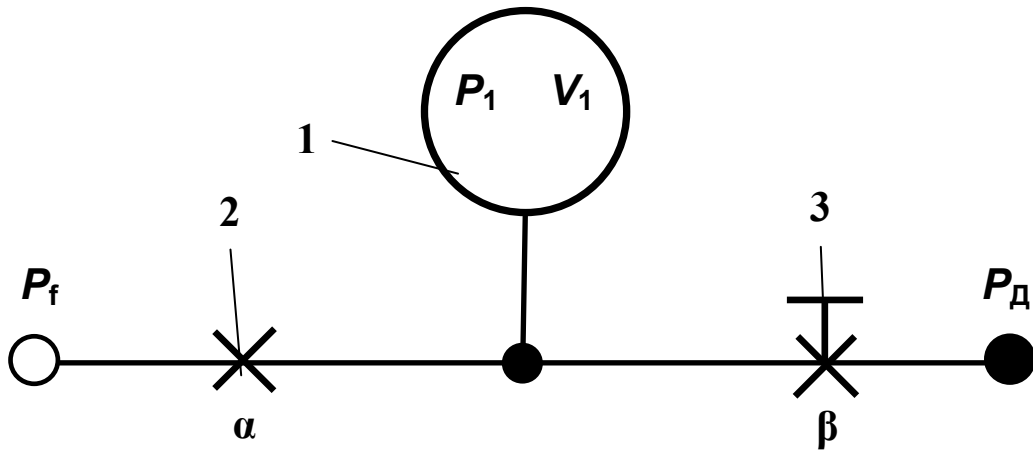


а – пульсатор; б – коллектор

P_0 – атмосферное давление; P – величина вакуума в системе питания; P_1 – давление в управляющей камере; P_2 – величина вакуума в камерах переменного вакуума; $P_2^I, P_2^{II}, P_2^{III}, P_2^{IV}$ – величина вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов; P_f – выход переменного вакуума; α – проводимость дросселя пульсатора; V_1 – объем управляющей камеры пульсатора; S_1 – эффективная площадь мембраны; S_2, S_3 – площади клапанов; V_k – объем управляющей камеры коллектора

Рисунок 2.3 – Элементные пневматические схемы пульсатора и коллектора автоматизированного доильного аппарата

При исследовании аналогичных устройств с пневматическими емкостями и дросселями в промышленной пневмоавтоматике [53, 61, 111] их рассматривают как дроссельный делитель. Пневматическая схема замещения рассматриваемой управляющей камеры пульсатора представлена на рисунке 2.4, на котором обратный клапан обозначен как пневматический дроссель β переменной проводимости, изменяющейся от 0 до ∞ , $\text{м}^2/\text{с}$; пневмоемкость управляющей камеры как V_1 , м^3 ; в которой действует управляющий сигнал P_1 , кПа; постоянный дроссель пульсатора с проводимостью α , $\text{м}^2/\text{с}$.



1 – пневмочемкость, 2 – дроссель, 3 – обратный клапан

Рисунок 2.4 – Пневматическая схема замещения управляющей камеры пульсатора

Дроссельный делитель в управляющей камере реализует операцию [111]

$$P_1 = k_1 P_2 + k_2 P_D,$$

где k_1, k_2 – коэффициенты усиления:

$$k_1 = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}; \quad k_2 = \frac{\beta}{\alpha + \beta}; \quad k_1 + k_2 = 1. \quad (2.1)$$

Коэффициенты усиления k_1 и k_2 зависят от величины проводимости β . При этом постоянная времени управляющей камеры пульсатора будет

$$T = \frac{V_1}{R \cdot \Theta \cdot (\alpha + \beta)}. \quad (2.2)$$

В этом случае передаточная функция имеет вид аperiodического звена первого порядка [111]

$$W_1(S) = \frac{K}{TS + 1}, \quad (2.3)$$

где $S = \frac{d}{dt}$ – оператор дифференцирования,

или
$$W_1(S) = \frac{K}{T_{\max} S + k + 1}, \quad (2.4)$$

где
$$T = \frac{V}{R \cdot \Theta \cdot \alpha}; \quad K = \frac{\beta}{\alpha}, \quad (2.5)$$

где R – универсальная газовая постоянная, Н·м/(кг · °К);

Θ – абсолютная температура, °К.

Проводимости пневматических дросселей ($\text{м}^2/\text{с}$) определяются экспериментально.

Амплитудно-фазовая характеристика управляющей камеры пульсатора в составе дроссельного делителя с передаточной функцией (2.3) [111] будет

$$W(i\omega) = \frac{K}{T_{\max} i\omega + (1 + k)}, \quad (2.6)$$

$$A(\omega) = \frac{K}{\sqrt{(T_{\max} i\omega)^2 + (1 + k)^2}}, \quad (2.7)$$

$$\varphi(\omega) = -\text{arctg} \frac{T_{\max} \omega}{1 + k}. \quad (2.8)$$

При работе пульсатора, управляемого через обратный клапан (рисунок 2.3а), по схеме дроссельного делителя (рисунок 2.4), возможны три характерные ситуации:

1. $\beta = 0$, обратный клапан закрыт;
2. $\beta = \infty$, обратный клапан открыт;
3. $\infty > \beta > 0$ и проводимость β может быть соизмерима с проводимостью дросселя α .

Исходя из этого и, опираясь на полученные выражения и передаточные функции (2.1 – 2.5), проведем краткий математический анализ.

Ситуация 1: Когда обратный клапан закрыт ($\beta = 0$), управляющая камера работает в режиме аperiodического звена первого порядка, как обычная глухая управляющая камера пульсатора доильного аппарата, $k_1 = 1$, $K = k_2 = 0$, осталь-

ные условия (2.1), (2.2), (2.3) и (2.5) выполняются.

Ситуация 2: Когда обратный клапан открыт ($\beta = \infty$), $P_d = 1$, $k_1 \rightarrow 0$, $k_2 \rightarrow 1$, $T_1 \rightarrow 0$, управляющая камера теряет свою апериодичность, и ее передаточная функция принимает выражение передаточной функции усилительного звена

$$W_1'(S) = K. \quad (2.9)$$

При этом управляющая камера работает как силовая, выключающая доильный аппарат из работы.

Ситуация 3: Когда обратный клапан закрыт, $P_d = 0$, $P_2 = 1$, но в результате прососа воздуха через закрытый обратный клапан переменная проводимость $\beta > 0$. При этом

$$P_1 = k_1 P_f, \quad k_1 = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}, \quad (2.10)$$

а постоянная времени и передаточная функция определяются уравнениями (2.2) и (2.3), соответственно.

Согласно уравнениям (2.2), (2.10) величины T_1 , P_1 и k_1 целиком зависят от величины подсоса воздуха через обратный клапан. Частота пульсаций аппарата при этом изменяется, что не желательно, а при $P_1 < P_{cp}$ аппарат отказывает в работе.

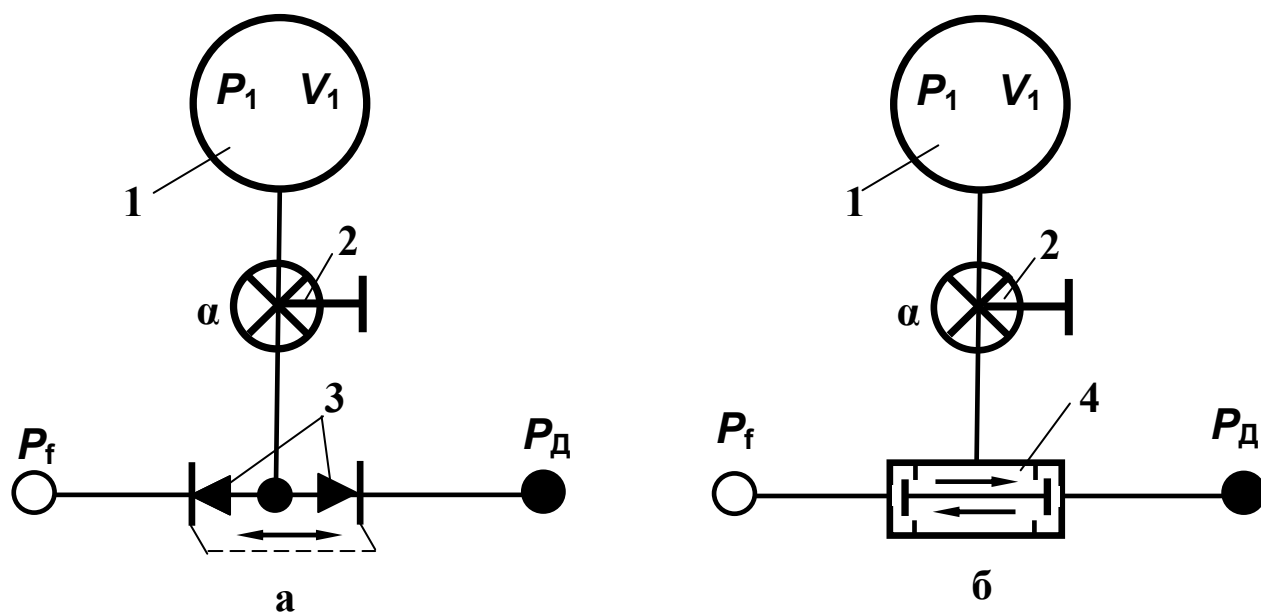
Опыт работы доильного аппарата в производственных условиях показывает, что полностью исключить подсос воздуха через обратный клапан невозможно. Поэтому вход управляющего сигнала датчика P_d через обратный клапан непосредственно в управляющую камеру пульсатора необходимо исключить. Он должен осуществляться только через дроссель управляющей камеры пульсатора, при этом *ситуация 3* должна быть исключена.

Это можно осуществить, если оба сигнала P_d и P_f подводить к дросселю через обратные клапаны. Однако при этом возникает проблема впуска атмосферного воздуха в управляющую камеру пульсатора после действия в нем вакуумного сигнала, под действием которого заслонки клапанов закрывают сопла вакуумом изнутри. Можно впускать воздух из атмосферы через дополнительный дроссель, но это не только усложняет конструкцию и эксплуатацию аппа-

рата, но и удлиняет такт сжатия (отдыха) соска и сокращает такт сосания за счет увеличения продолжительности впуска воздуха в управляющую камеру пульсатора. Это ведет к снижению пропускной способности доильного аппарата и к увеличению продолжительности выдаивания коровы.

Желаемый результат можно получить в том случае, если заслонки обоих клапанов механически заблокировать, как показано на рисунке 2.5а, или вводить сигналы через логический элемент ИЛИ (рисунок 2.5б).

Вакуумный логический пневмоэлемент ИЛИ был разработан во ВНИПТИ-МЭСХ (СКНИИМЭСХ) в составе логически и функционально полной системы вакуумных элементов для автоматизации доения, получившей признание как вакуумная ветвь промышленной пневмоавтоматики [56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65].



а – с механически заблокированными заслонками обратных клапанов; б – с логическим вакуумным пневмоэлементом ИЛИ;

1 – пневмодержатель; 2 – регулируемый дроссель; 3 – механически заблокированные обратные клапаны; 4 – вакуумный логический пневмоэлемент ИЛИ

Рисунок 2.5 – Пневматические схемы подачи сигналов
в управляющие камеры пульсаторов

Согласно пневматическим схемам (рисунки 2.5а и 2.5б) заслонки открывают сопла вакуумным сигналам с той стороны, откуда они поступают. Если с

обоих входов P_f и P_d действуют одинаковые сигналы «вакуум» или «атмосфера», то обе заслонки приоткрыты, и в управляющих камерах устанавливаются, соответственно, вакуум или атмосфера, т.е. обе схемы реализуют *ситуации 1 и 2*. Даже в том случае, если при подаче дискретных сигналов «0» или «1» клапаны незначительно пропускают воздух, обе схемы остаются работоспособными, и *ситуация 3* не имеет места, она полностью исключается.

Первые исследования пульсатора как исполнительного нелинейного элемента релейного типа были проведены во ВНИПТИМЭСХ (СКНИИМЭСХ) [13, 117, 120], а как логический элемент системы управления он исследуется в системах [4].

Для реализации логических операций в системах управления любой сложности к каналам P_f и P_d могут подключаться дополнительные входы через логические элементы ИЛИ, И, НЕ и др.

Итак, управляющая камера пульсатора, включающая пневмодроссель V_1 и дроссель α , представляет собой апериодическое звено первого порядка, преобразующее входной дискретный сигнал в аналоговый, изменяющийся по величине во времени. Эти изменения передаются чувствительному элементу – мембране, являющейся еще и усилительным звеном, включающим жесткий центр, преобразующий давление в усилие, действующее на клапан, перемещающийся вместе с заслонкой между двумя соплами: «вакуум» и «атмосфера». Кроме того, мембрана выполняет функции элемента сравнения, постоянно сравнивающего давление, изменяющееся внутри камеры, с величиной постоянного вакуума системы питания $P_{пит}$, действующего под мембраной. При возникновении на мембране перепада давления, соответствующего величине срабатывания $P_{ср}$ или отпускания клапана $P_{отп}$, клапан переключается скачком из одного положения в другое. В результате на выходе пульсатора и на входе P_f в управляющую камеру сигнал изменяется на противоположный и в управляющей камере формируются новые команды.

Управляющая камера пульсатора с дросселем, как апериодическое звено первого порядка, описывается дифференциальным уравнением

$$T \frac{dP}{dt} + P = P_1 ,$$

(2.11)

где P и P_1 – величины вакуума на входе и выходе звена, кПа;

$$T_1 = \frac{V_1}{R\Theta\alpha} - \text{постоянная времени, с.} \quad (2.12)$$

Передаточная функция управляющей камеры пульсатора, как апериодического звена первого порядка, имеет вид (2.3), где $k_1 = \alpha/\alpha = 1$ – коэффициент усиления глухой камеры [13].

Восходящая переходная характеристика этой камеры представляет собой экспоненту [13]

$$h(t) = k_1(1 - e^{-\frac{t}{T}}) \cdot 1(t) , \quad (2.13)$$

где t – текущее время, с.

Амплитудно-фазовая характеристика

$$W(i\omega) = \frac{K_1}{T_1 i\omega + 1} . \quad (2.14)$$

Откуда амплитудно-частотная характеристика

$$A(\omega) = \frac{K_1}{\sqrt{(T_1 i\omega)^2 + 1}} , \quad (2.15)$$

а фазочастотная

$$\varphi(\omega) = -\text{arctg} T_1 \omega . \quad (2.16)$$

Постоянную времени T_1 можно определить по формуле (2.12), сложность состоит в том, что для этого проводимость α нужно определять экспериментально. Поэтому проще будет определить постоянную времени T_1 из амплитудно-фазовой характеристики (2.14) при $K_1 = 1$, или, зная текущее время t_α заполнения и опорожнения заданной емкости через дроссель α при заданной величине перепада вакуума ΔP , с достаточной степенью точности постоянную време-

ни можно определить из выражения

$$T_1 = \frac{t_\alpha}{3}, \text{ с,} \quad (2.17)$$

а затем уже по формуле (2.12) определить проводимость дросселя α .

Исследованиями пульсатора (рисунок 2.3а), как рабочего органа, проведенными во ВНИПТИМЭСХ (СКНИИМЭСХ) [13], была установлена релейная сущность его работы по гистерезисной петле с характерными для реле точками

срабатывания

$$P_{cp} = P \left(1 - \frac{S_3}{S_1} \right), \quad (2.18)$$

и отпускания

$$P_{omn} = P \left(1 - \frac{S_2}{S_1} \right), \quad (2.19)$$

где P – величина вакуума в системе питания, кПа;

S_1 – эффективная площадь мембраны, м^2 ;

S_2, S_3 – площади клапанов по окружностям большого (верхнего) и малого (нижнего) сопл, соответственно, м^2 .

Имея исходные данные и гистерезисную характеристику пульсатора [13], можно продолжить его исследования, но уже не как исполнительного органа, а как управляющего звена, формирующего команды на основе реализации поступающих элементарных логических операций И, ИЛИ, НЕ, ДА алгебры логики для синтеза автоматизированной системы любой сложности: от стойлового доильного аппарата до робота.

2.3. Характеристики и параметры управляемых пульсаторов

для стойловых доильных автоматов

В машинном доении коров пока не существует теории, позволяющей изучать динамические свойства вакуумных пульсаторов. В настоящей работе сделана первая попытка ее разработки на основе опыта и теории элементов промышленной пневмоавтоматики и систем автоматического регулирования. Пульсатор при этом рассматривается как пневматический элемент релейного дейст-

вия [13, 117, 118, 120].

В связи с тем, что в двухрежимном двух-трехтактном доильном аппарате основной процесс молоковыведения осуществляется в двухтактном режиме, а трехтактный режим, действующий в начале и в конце доения, является вспомогательным, базовым должен быть пульсатор двухтактного доильного аппарата.

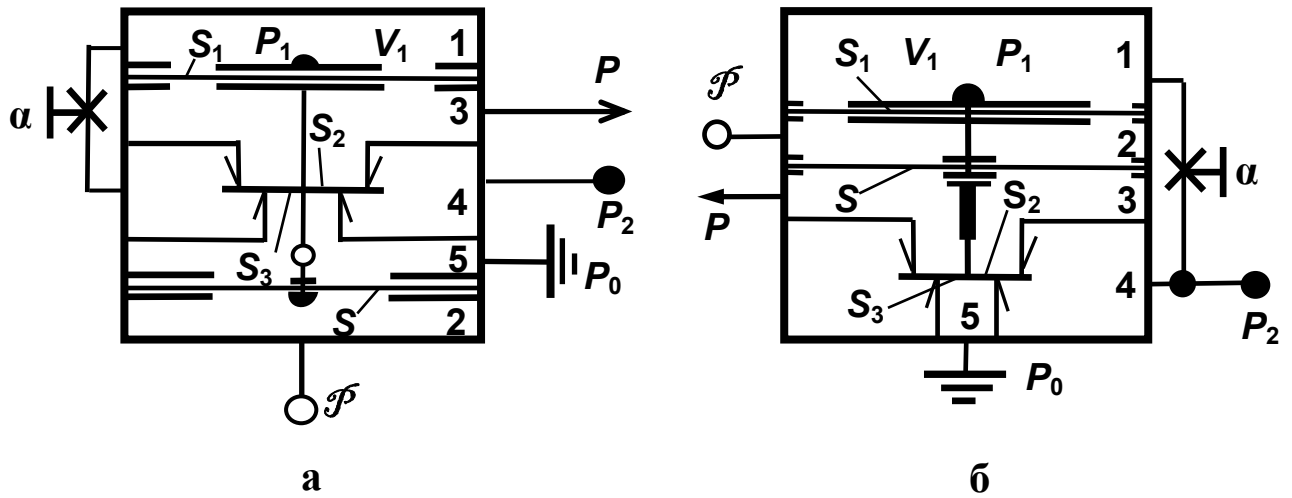
На основе знаний, полученных в ходе ранее проведенных исследований [13, 117], была сформулирована научная гипотеза, предполагающая, что рабочий процесс пульсатора доильного аппарата осуществляется не произвольно, а по гистерезисной петле как по алгоритму, включающему конечный набор правил со строго определенными оптимальными параметрами, которыми можно управлять по сигналам датчика интенсивности молоковыведения.

Разработанный графоаналитический аппарат позволяет определять постоянные или изменяющиеся скачком характеристики и параметры одномембранных пульсаторов, релейные характеристики которых определяются соотношением эффективных площадей мембраны, клапанов и сопел, а временные параметры – проводимостью дросселя и объемом управляющей камеры. Желаемое плавное изменение выходных параметров пульсатора в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения при этом невозможно.

В промышленной пневмоавтоматике в генераторах импульсов используются универсальные трехмембранные пневмореле с подпором, которые позволяют изменять выходной сигнал с управляемого объекта [4, 111]. Исследование возможностей и целесообразности использования таких реле в доильных аппаратах было проведено во ВНИПТИМЭСХ В.А.Петровским [52, 53, 54, 55]. Несмотря на положительные результаты исследования, использование промышленных пневмореле в доении оказалось нецелесообразным из-за сложности конструкции и тяжелых условий эксплуатации, требующих разборки неразборных реле.

В результате проведенных ранее во ВНИПТИМЭСХ (СКНИИМЭСХ) исследований [4, 55, 72] был сделан вывод, что разборное вакуумное пневмореле, работающее в режиме генератора плавно изменяющихся импульсных сигналов,

можно реализовать по схемам рисунков 2.6а или 2.6б на базе пульсаторов отечественных серийных доильных аппаратов.



а – пульсатор с дополнительной мембраной; б – пульсатор с блоком двух мембран

1 – управляющая камера; 2 – камера подпора; 3 – камера постоянного вакуума; 4 – камера переменного вакуума; 5 – камера атмосферного давления; P_0 – атмосферное давление; P – величина вакуума в системе питания; P_1 – давление в управляющей камере пульсатора; P_2 – переменный выходной вакуум; \mathcal{P} – величина вакуума в управляющей камере подпора; V_1 – объем управляющей камеры пульсатора; α – проводимость дросселя пульсатора; S – эффективная площадь мембраны управляющей камеры подпора; S_1 – эффективная площадь мембраны пульсатора; S_2, S_3 – площади клапанов

Рисунок 2.6 – Схемы управляемых пульсаторов

Для этого по схеме рисунка 2.6а необходимо установить дополнительную мембрану, а по схеме рисунка 2.6б [72] между управляющей камерой и камерой постоянного вакуума необходимо вместо одной мембраны установить блок двух мембран: с мягким (со стороны камеры постоянного вакуума) и жестким (со стороны управляющей камеры) центрами. В результате между мембранами образуется дополнительная камера переменного подпора \mathcal{P} , изменяющегося в процессе доения пропорционально интенсивности молоковыведения. В реле промышленной пневмоавтоматики параметры гистерезисной петли обеспечи-

вают подпоры, например, в реле П1Р.1 величину малого подпора принимают равной $\mathcal{P}_m = 0,3P_{\text{пит}}$, большого $\mathcal{P}_6 = 0,7P_{\text{пит}}$ [111]. В пульсаторах их обеспечивают разные площади сопл S_2 и S_3 . Переменный подпор \mathcal{P} обеспечивает положение гистерезисной петли на восходящей экспоненте.

Исследуемые управляемые пульсаторы являются основным узлом сложной вакуумной линейной пневматической системы – доильного аппарата с изменяющимися в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения параметрами (рисунок 2.7) [37, 66, 67, 97].

Управляемый доильный аппарат может работать в четырех режимах:

- в обычном двухтактном режиме при отсутствии датчика и управляющего устройства с ручным включением и выключением;

- при наличии аналогового сигнала датчика 9 в управляющей камере подпора 10 и при фиксированном нижнем включённом положении УУ 7 аппарат работает в режиме с плавно изменяющимися параметрами в зависимости от интенсивности молочного потока;

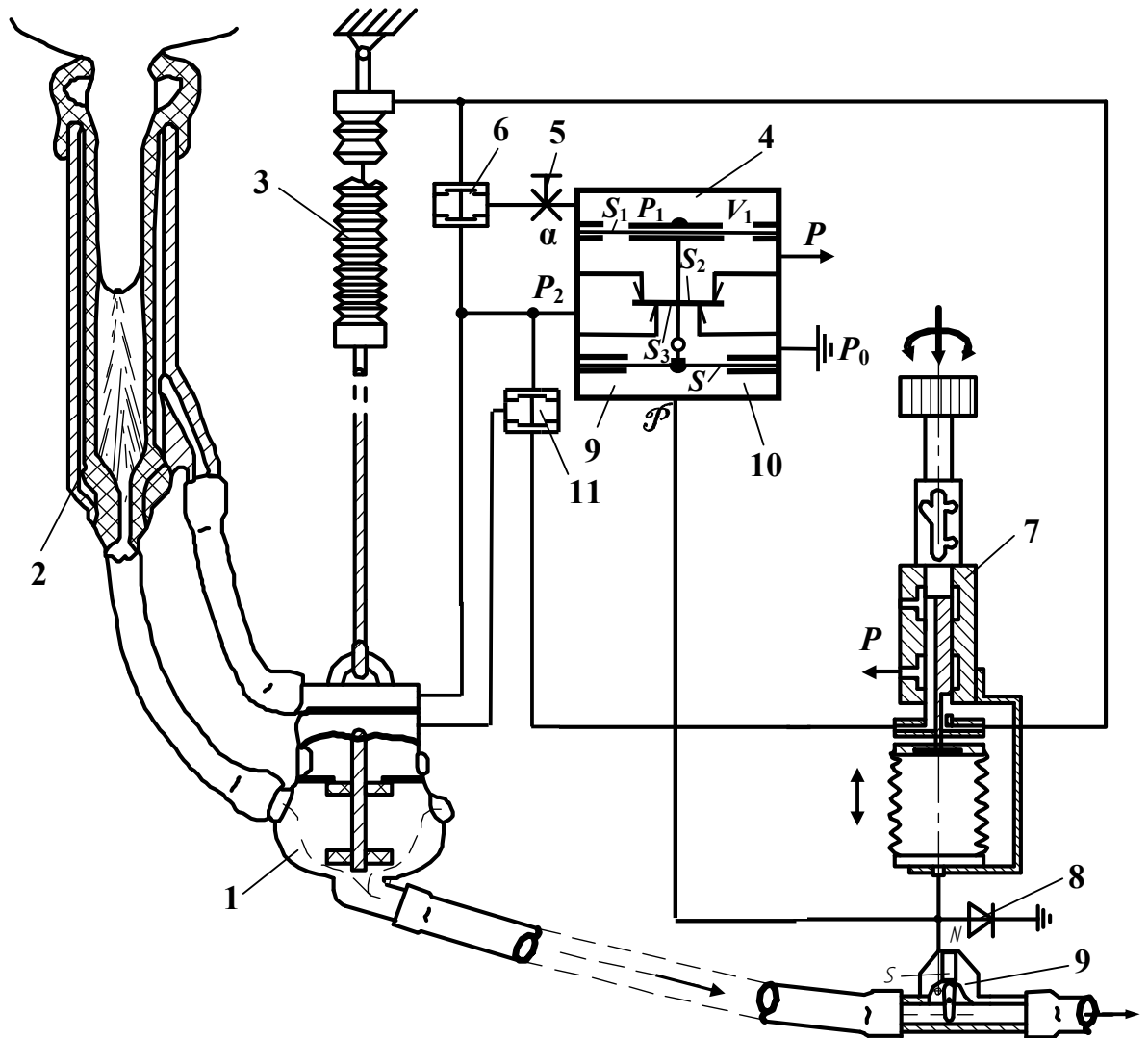
- при включённом УУ 7 и при отсутствии аналогового сигнала датчика 9 аппарат работает в двух-трехтактном режиме с изменяющейся скачком средней действующей величиной вакуума под соском, в конце доения отключается автоматически;

- при включённом УУ 7 и при наличии аналогового сигнала в камере подпора 10 аппарат работает в комбинированном режиме с плавно изменяющимися параметрами в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения с переключением на двухтактный режим при бурной молокоотдаче и автоматическим отключением в конце доения.

Исходя из этого и были проведены теоретические исследования и обоснование характеристик и параметров пульсатора.

Имея исходные данные и гистерезисную характеристику пульсатора, можно исследовать его не как исполнительный орган, а как управляющее звено, формирующее команды на основе реализации поступающих сигналов, для синтеза автоматизированной системы любой сложности: от стойлового доильного

автомата до работа.



\mathcal{P} – величина вакуума в аналоговой управляющей камере подпора; P_0 – атмосферное давление; P – величина вакуума в системе питания; P_1 – давление в управляющей камере пульсатора; P_2 – давление в камере переменного вакуума; α – проводимость дросселя пульсатора; V_1 – объем управляющей камеры пульсатора; S – эффективная площадь мембраны управляющей камеры подпора; S_1 – эффективная площадь мембраны пульсатора; S_2 , S_3 – площади клапанов; 1 – коллектор; 2 – доильный стакан; 3 – пневмосъемник; 4 – пульсатор; 5 – пневмодроссель; 6, 11 – логические элементы ИЛИ; 7 – сифонное управляющее устройство (УУ); 8 – обратный клапан; 9 – магнитоэлектрический датчик вакуумных сигналов; 10 – управляющая камера подпора

Рисунок 2.7 – Пневматическая схема доильного аппарата с изменяющимися в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения параметрами

Исследования проведены с использованием элементов теории систем автоматического регулирования, а именно – графоаналитических методов исследования динамических систем по безразмерным обобщенным параметрам в относительных единицах.

На рисунке 2.8 показан график, на котором представлены переходные характеристики управляющей камеры пульсатора и различные положения на него гистерезисной петли. При этом на оси абсцисс откладывается время в долях постоянной времени управляющей камеры пульсатора T , а по оси ординат – уровень вакуума в долях уровня вакуума питания в системе, который принимается за единицу ($P_{пит} = 1$).

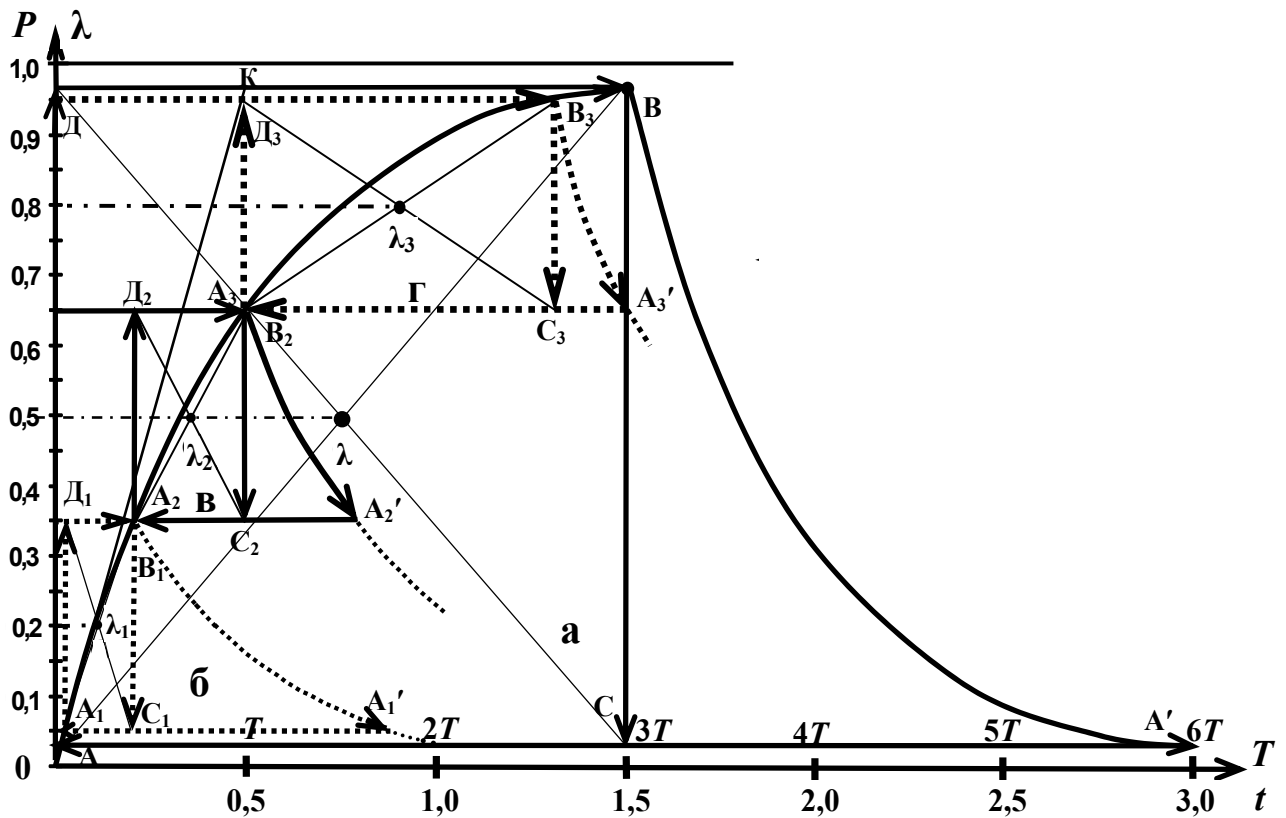


Рисунок 2.8 – Различные положения на переходной характеристике управляющей камеры гистерезисных характеристик (а, б, в, г) управляемого пульсатора

Переходные характеристики управляющей камеры пульсатора представляют собой восходящие и нисходящие экспоненты и строятся на графике по известным формулам:

восходящая

$$P_{всх}(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{T}}) \cdot 1(t), \quad (2.20)$$

нисходящая

$$P_{нсх}(t) = K \cdot e^{-\frac{t}{T}} \cdot 1(t), \quad (2.21)$$

где K – коэффициент усиления, для глухих управляющих камер пульсатора $K = 1$ [13, 117].

При этом мы полагаем, что входное воздействие $[1(t)]$ постоянно до выхода работы звена на установившийся режим ($t = 3T$). Переходный процесс формирования экспоненты считаем практически завершенным через промежуток времени $t_{п} = 3T$, когда по ординате она достигает значения $0,97P$, в дальнейшем к единице ($P = 1$) экспонента приближается асимптотически, т.е. в бесконечности, практически по горизонтали, на которой зафиксировать во времени завершение любого события, например, срабатывание $P_{ср}$, становится уже невозможным. Из-за допустимых колебаний вакуума в питающей системе доильного аппарата ($\pm 5\%$) установившееся значение вакуума принимаем равным $0,95P$.

Постоянная времени T определяется по формуле (2.12). Как уже отмечалось, сложность такого определения состоит в том, что для этого должны быть известны емкость V_1 и проводимость дросселя α управляющей камеры пульсатора, которые обычно бывают неизвестны на этапе его проектирования и, особенно, при разработке зоотехнических и исходных требований к создаваемому доильному аппарату. В этом случае с достаточной степенью точности постоянную времени T можно определить по касательной к экспоненте управляющей камеры пульсатора.

На восходящей переходной характеристике построены релейные (гистерезисные) характеристики пульсатора, представляющие собой прямоугольники АДВС с центром λ и расположенными на восходящей экспоненте характерными точками начала процесса А, срабатывания В, а также точкой отпускания А', расположенной на нисходящей экспоненте.

Если из точки срабатывания В опустить вертикаль, делящую подэкспонен-

циальное пространство координатной плоскости на участки, то их проекции на ось абсцисс образуют горизонтальные отрезки: t_1 – время сосания и t_2 – время сжатия соска, сумма которых равна времени цикла $T_{\text{ц}} = t_1 + t_2$. Отрезок $T_{\text{ц}}$ является нижней стороной гистерезисной петли пульсатора. По мере опускания отрезка $T_{\text{ц}}$ по экспоненте петля «растет», доля t_1 в цикле уменьшается, а доля t_2 увеличивается.

Основным параметром любого пульсатора является фаза сосания $\lambda = t_1/T_{\text{ц}}$, чем она больше, тем продолжительнее такт сосания, тем выше пропускная способность аппарата, а в трехтактном режиме – тем выше средняя действующая величина вакуума под соском $P_c = \lambda \cdot P$. Кроме того, изменение фазы сосания вызывает изменение частоты пульсаций и соотношения тактов. Поэтому исследователей доильных аппаратов больше всего интересует именно этот параметр: от чего он зависит и можно ли в процессе доения управлять изменением фазы сосания? Ответ на этот вопрос можно получить только на основе новых знаний о работе пульсатора с камерой переменного подпора как вакуумного релейного устройства.

Исходя из этого, основное внимание было обращено на наиболее характерные точки гистерезисных петель – их центры λ и соответствующие им значения по оси ординат (рисунок 2.8). Центрам гистерезисных петель на оси ординат всегда соответствует определенное значение величины питания в относительных единицах (о.е.), представляющее собой среднюю действующую величину вакуума в управляющей камере пульсатора P_{λ} , в центре системы координат – 0,5, выше – 0,8. Что это – случайное совпадение или какая-то пока скрытая закономерность? Почему эти численные значения соответствуют значениям фазы сосания λ каждой из рассматриваемых нами гистерезисных петель с отклонением не более $\pm 3\%$? Если это закономерность, то отсюда можно сделать предварительный вывод, что параметр λ в относительных единицах (в масштабе P) можно вынести на ось ординат и при расчетах эту величину параметра пульсатора принимать за основу.

Пульсатор, как любое релейное устройство, работает тем устойчивее, чем

больший рабочий перепад вакуума действует в его управляющей камере $\Delta P = P_{\text{ср}} - P_{\text{отп}} = \text{const}$. Но в соответствии с изложенным выше, максимальная величина вакуума срабатывания реле $P_{\text{ср}}$ на экспоненте в реальности не может быть больше $0,97P$. К тому же, учитывая допустимые колебания вакуума в системах питания доильных установок ($\pm 5\%$), практически максимально допустимое значение $P_{\text{ср}} \leq 0,95P$. В связи с тем, что точка λ_3 является центром гистерезисной петли, величина вакуума отпуская $P_{\text{отп}}$ должна отстоять от ее центра на таком же расстоянии $\Delta P/2$, как $P_{\text{ср}}$, но отсчитываемом в противоположную сторону – не вверх, а вниз, т.е. для данного положения центра λ_3 должно быть $P_{\text{отп}} = 0,65$. Таким образом, перепад вакуума $\Delta P = P_{\text{ср}} - P_{\text{отп}} = 0,3$ является величиной постоянной для данного пульсатора, в какой бы точке координатной плоскости центр λ гистерезисной петли не находился. Например, если центр λ_2 находится на средней линии координатной плоскости, пересекающей ось ординат (P, λ) в точке $0,50$, то фаза сосания при этом будет $\lambda = 0,50$ или 1:1 – это нижнее значение соотношения тактов, которое желали бы иметь в пульсаторах физиологи, $P_{\text{ср}} = 0,65$, а $P_{\text{отп}} = 0,35$. Но это не предел. Предельным будет нижнее положение гистерезисной петли с центром λ_1 , которому соответствует значение $\lambda = 0,20$. Соотношение тактов при этом будет 1:4, $P_{\text{ср}} = 0,35$, $P_{\text{отп}} = 0,05$. Средняя действующая величина вакуума в управляющей камере во всех случаях соответствует положениям центров $\lambda_1 \div P_{\lambda_1} = 0,20$, $\lambda_2 \div P_{\lambda_2} = 0,50$ и $\lambda_3 \div P_{\lambda_3} = 0,80$.

При работе в трехтактном режиме средняя действующая величина вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов определяется по формуле $P_c = \lambda \cdot P$ и будет, соответственно, равна для $\lambda_1 \div P_{c1} = 0,2P$, $\lambda_2 \div P_{c2} = 0,5P$ и $\lambda_3 \div P_{c3} = 0,8P$. При дальнейшем увеличении интенсивности молоковыведения аппарат скачком переключается с трехтактного на двухтактный режим работы с повышением величины вакуума под соском P_c до максимального значения, соответствующего уровню вакуума в системе питания доильной установки.

Для раскрытия этой гипотезы необходимо расширить и продолжить исследования, начиная с установления математических зависимостей для определения параметров пульсатора.

Если частота работы пульсатора задана заранее, то время цикла определяется по известной формуле

$$T_{\text{ц}} = \frac{1}{f} \quad \text{или} \quad T_{\text{ц}} = t_1 + t_2, \quad (2.22)$$

где f – частота работы пульсатора, Гц.

Время такта сосания t_1 определяется из гистерезисной петли по точкам А и В восходящей экспоненты

$$t_1 = T \cdot \ln \frac{1 - P_{\text{отп}}}{1 - P_{\text{сп}}}, \quad (2.23)$$

где $P_{\text{сп}}$ – величина вакуума срабатывания по восходящей экспоненте,

$P_{\text{отп}}$ – величина вакуума отпускания по нисходящей экспоненте.

Время такта сжатия t_2 определяется из гистерезисной петли по точкам В и А' нисходящей экспоненты

$$t_2 = T \cdot \ln \frac{P_{\text{сп}}}{P_{\text{отп}}}. \quad (2.24)$$

Время такта сжатия t_2 также можно определить из выражения

$$t_2 = t_1 \left(\frac{1}{\lambda} - 1 \right). \quad (2.25)$$

Отсюда время цикла работы пульсатора $T_{\text{ц}}$ можно определить и по формулам

$$T_{\text{ц}} = \frac{t_1}{\lambda} \quad \text{или} \quad T_{\text{ц}} = T \cdot \ln \left(\frac{P_{\text{сп}}}{P_{\text{отп}}} \cdot \frac{1 - P_{\text{отп}}}{1 - P_{\text{сп}}} \right). \quad (2.26)$$

Точное значение постоянной времени T можно найти по известным параметрам, входящим в любое из уравнений (2.23), (2.24) и (2.26).

Анализ графиков рисунка 2.8 подтверждает то, что во всех случаях соотношение тактов цикла работы доильного аппарата определяется длиной и положением хорд-диагоналей с центром λ гистерезисной петли пульсатора на восходящей экспоненте в координатной плоскости $P - t$. Это дает основание счи-

тать, что с помощью этих графиков можно оптимизировать характеристики и параметры пульсатора по основным его показателям, а именно, по такту сосания t_1 и частоте пульсаций f , если значение фазы сосания $\lambda = t_1/T_{ц}$, как и величину вакуума питания P , в относительных единицах отложить по оси ординат, а по оси абсцисс отложить время в долях постоянной времени T его управляющей камеры в масштабе t .

Таким образом, все основные характеристики и параметры пульсатора зависят от длины и положения хорды-диагонали с центром λ на восходящей экспоненте переходной характеристики его управляющей камеры – чем меньше угол ее наклона к горизонту, тем больше ее значение.

Итак, в сущности предлагаемого графоаналитического метода рассматривается не положение гистерезисной петли пульсатора, загромождающей график, а ее основы, несущей всю основную информацию – хорды-диагонали с центром λ на восходящей экспоненте переходной характеристики.

Разработанный графоаналитический аппарат позволяет определять характеристики и параметры пульсаторов, релейные характеристики которых определяются соотношением эффективных площадей мембран, клапанов и сопел, а временные параметры – проводимостью дросселя и объемом управляющей камеры.

В соответствии со схемой управляемого пульсатора с блоком двух мембран (рисунок 2.6б) величина вакуума срабатывания определяется по формуле

$$P_{cp} = \frac{\mathcal{F}(S_1 - S) + P(S - S_3)}{S_1} \quad (2.27)$$

Величина вакуума отпускания

$$P_{omn} = \frac{\mathcal{F}(S_1 - S) + P(S - S_2)}{S_1} \quad (2.28)$$

При $\mathcal{F} = P$ уравнения (5) и (6) принимают вид

$$P_{cp} = P \left(1 - \frac{S_3}{S_1} \right), \quad (2.29)$$

$$P_{omn} = P \left(1 - \frac{S_2}{S_1} \right), \quad (2.30)$$

соответствующий уравнениям (2.18) и (2.19) для неуправляемых пульсаторов.

Так как высота гистерезисной петли $\Delta P = P_{cp} - P_{отп}$, а согласно [111]

$$P_{cp} - P_{omn} = P \left(\frac{S_2 - S_3}{S_1} \right) = const,$$

то при любом размещении в координатном поле $\Delta P = const$, является ее базой, и петля всегда остается «несжимаемой» по высоте.

Из анализа уравнений (2.29) и (2.30) следует, что при отсутствии у коров молокоотдачи ($\mathcal{F} = 0$) P_{cp} и $P_{отп}$ будут минимальными, так как любая мембрана с мягким центром имеет минимальную эффективную площадь. Поэтому обязательным условием работоспособности этого пульсатора является то, что эффективная площадь мягкой мембраны должна быть больше эффективной площади любого клапана, разделяющего камеру переменного вакуума P_2 с постоянным вакуумом системы питания P и с атмосферой P_0 , т.е. должно соблюдаться неравенство

$$S_1 > S > S_2 > S_3. \quad (2.31)$$

Промежуточные значения вакуума подпора \mathcal{F} обеспечивают плавный переход параметров пульсатора от одного состояния процесса доения к другому.

Для графоаналитического анализа динамики процесса работы пульсатора с управляемой камерой подпора его релейные характеристики (2.27) и (2.28) необходимо представить в относительных единицах

$$P_{cp} = \mathcal{F} \left(1 - \frac{S}{S_1} \right) + P \left(\frac{S - S_3}{S_1} \right), \quad (2.32)$$

$$P_{omn} = \mathcal{F} \left(1 - \frac{S}{S_1} \right) + P \left(\frac{S - S_2}{S_1} \right). \quad (2.33)$$

Теоретически численное значение фазы сосания λ можно определить из уравнений (2.32) и (2.33), если в выражение

$$\lambda = P_\lambda = \frac{P_{cp} + P_{omn}}{2} \quad (2.34)$$

подставить значения P_{cp} и $P_{отп}$ (в относительных единицах)

$$\lambda = P_\lambda = \mathcal{P} \left(1 - \frac{S}{S_1} \right) + P \frac{2S - S_2 - S_3}{2S_1} \quad (2.35)$$

При $\mathcal{P} = P = 1$ выражение (2.35) принимает вид

$$\lambda = P_\lambda = 1 - \frac{S_2 + S_3}{2S_1} \quad (2.36)$$

То же самое выражение получается из уравнений (2.18) и (2.19) для неуправляемых пульсаторов, если фазу сосания λ в относительных единицах определять как полусумму P_{cp} и $P_{отп}$.

На основании формул (2.32), (2.33), (2.35) разработана модель управляемого пульсатора с блоком двух мембран, образующих камеру подпора, выполненного по схеме рисунка 2.6б,

$$\left. \begin{aligned} P_{cp} &= \frac{S - S_3}{S_1} \\ P_{отп} &= \frac{S - S_2}{S_1} \\ \lambda = P_\lambda &= \frac{2S - S_2 - S_3}{2S_1} \end{aligned} \right\} \times P + \mathcal{P} \times \left(1 - \frac{S}{S_1} \right) \quad (2.37)$$

Из нее следует, что все члены ее уравнений, за исключением сигнала \mathcal{P} , есть величины постоянные, а любое изменение величины этого сигнала вызывает адекватные изменения всех основных рабочих параметров пульсатора. Таким образом, аналоговый сигнал датчика \mathcal{P} как раз и является тем звеном, которое позволяет управлять работой пульсатора.

Эффективная площадь разделительной мембраны S определяется исходя из условий, когда $\lambda = 0,5$, а $\mathcal{P} = 0$ [111]

$$S = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{2}, \quad (2.38)$$

мягкой

$$S_M = \frac{\pi D_M^2}{12}, \quad (2.39)$$

а жёсткой по формуле [111, 125]

$$S_1 = \frac{\pi}{12} (D_1^2 + D_1 d_1 + d_1^2), \quad (2.40)$$

где D_M , D_1 и d_1 – диаметры защемлений и жёсткого центра мембран, соответственно, см. В промышленной пневмоавтоматике и в отечественных пульсаторах диаметр жесткого центра d обычно принимается равным $0,7D_1$ [111].

Для варианта управляемого пульсатора с дополнительной мембраной, выполненного по схеме рисунка 2.6а,

$$P_{cp} = \mathcal{P} \frac{S}{S_1} + P \left(1 - \frac{S_3}{S_1} \right), \quad (2.41)$$

$$P_{omn} = \mathcal{P} \frac{S}{S_1} + P \left(1 - \frac{S_2}{S_1} \right), \quad (2.42)$$

$$\lambda = P_\lambda = \mathcal{P} \frac{S}{S_1} + P \left(1 - \frac{S_2 + S_3}{2S_1} \right). \quad (2.43)$$

На основании формул (2.41), (2.42), (2.43) разработана модель пульсатора с дополнительной мембраной, образующей камеру подпора, выполненного по схеме рисунка 2.6а

$$\left. \begin{aligned} P_{cp} &= \left(1 - \frac{S_3}{S_1} \right) \\ P_{omn} &= \left(1 - \frac{S_2}{S_1} \right) \\ \lambda = P_\lambda &= \left(1 - \frac{S_2 + S_3}{2S_1} \right) \end{aligned} \right\} \times P + \mathcal{P} \times \frac{S}{S_1} \quad (2.44)$$

На основе полученных теоретических зависимостей разработана методика инженерного расчёта, позволяющая определять параметры управляемых вакуумных пульсаторов доильных автоматов (глава 4).

Преимуществом пульсатора с блоком двух мембран, выполненного по рисунку 2.6б, является компактность и завершенность как пневматического прибора, его недостатком – некоторая сложность эксплуатации, возникающая при разборке и сборке.

Преимущества пульсатора с дополнительной мембраной, выполненного по рисунку 2.6а – простота и удобство эксплуатации, так как мембранно-клапанный узел не требует переделки при переходе от обычного серийного пульсатора к новой управляемой модели. При этом в пульсаторе аппарата АДУ-1 меняется только крышка со стороны клапанного узла, что упрощает использование его в качестве лабораторного образца. Недостатком этого варианта является обязательное соблюдение условия: эффективная площадь мембраны камеры подпора должна быть меньше площади атмосферного клапана по внутреннему диаметру сопла

$$S_1 > S_2 > S_3 > S, \quad (2.45)$$

в противном случае атмосферное сопло при равенстве аналогового управляющего сигнала величине вакуума питания P не будет открываться, и пульсатор перестанет работать.

Для установления взаимосвязей параметров управляемых пульсаторов и выявления влияния на них переменного сигнала $\mathcal{P}(0,0; 0,5; \text{ и } 1,0)$ датчика, соблюдая условия (2.31) и (2.45) и, учитывая конструктивные параметры пульсаторов, по формулам (2.32), (2.33), (2.35) и (2.41), (2.42), (2.43) производим расчёты, результаты которых сводим в таблицу 2.2.

Результаты расчетов представлены на графиках рисунка 2.9 в координатном поле. На экспонентах I, II и III представлены результаты графоаналитического анализа параметров пульсаторов, выполненных по схемам рисунков 2.6а и 2.6б, в трех вариантах при трех значениях аналогового управляющего сигнала

\mathcal{P} (0,0; 0,5 и 1,0) в относительных единицах (при $P = 50$ кПа).

Таблица 2.2 – Результаты расчёта параметров управляемых пульсаторов

Варианты	Конструктивные параметры				Расчётные параметры по заданным значениям величины вакуума подпора \mathcal{P} в о. е.								
	S	S_1	S_2	S_3	0,0			0,5			1,0		
					$P_{\text{ср}}$	$P_{\text{отп}}$	P_{λ} (λ)	$P_{\text{ср}}$	$P_{\text{отп}}$	P_{λ} (λ)	$P_{\text{ср}}$	$P_{\text{отп}}$	P_{λ} (λ)
I	4,0	5,0	3,0	1,0	B	A	O	B_1	A_1	O_1	B_2	A_2	O_2
					0,6	0,2	0,4	0,7	0,3	0,5	0,8	0,4	0,6
II	4,0	5,0	1,5	0,3	B_3	A_3	O_3	B_4	A_4	O_4	B_5	A_5	O_5
					0,74	0,5	0,62	0,84	0,6	0,72	0,94	0,7	0,82
III	4,0	5,0	1,0	0,1	B_6	A_6	O_6	B_7	A_7	O_7	B_8	A_8	O_8
					0,78	0,6	0,69	0,88	0,7	0,79	0,98	0,8	0,89

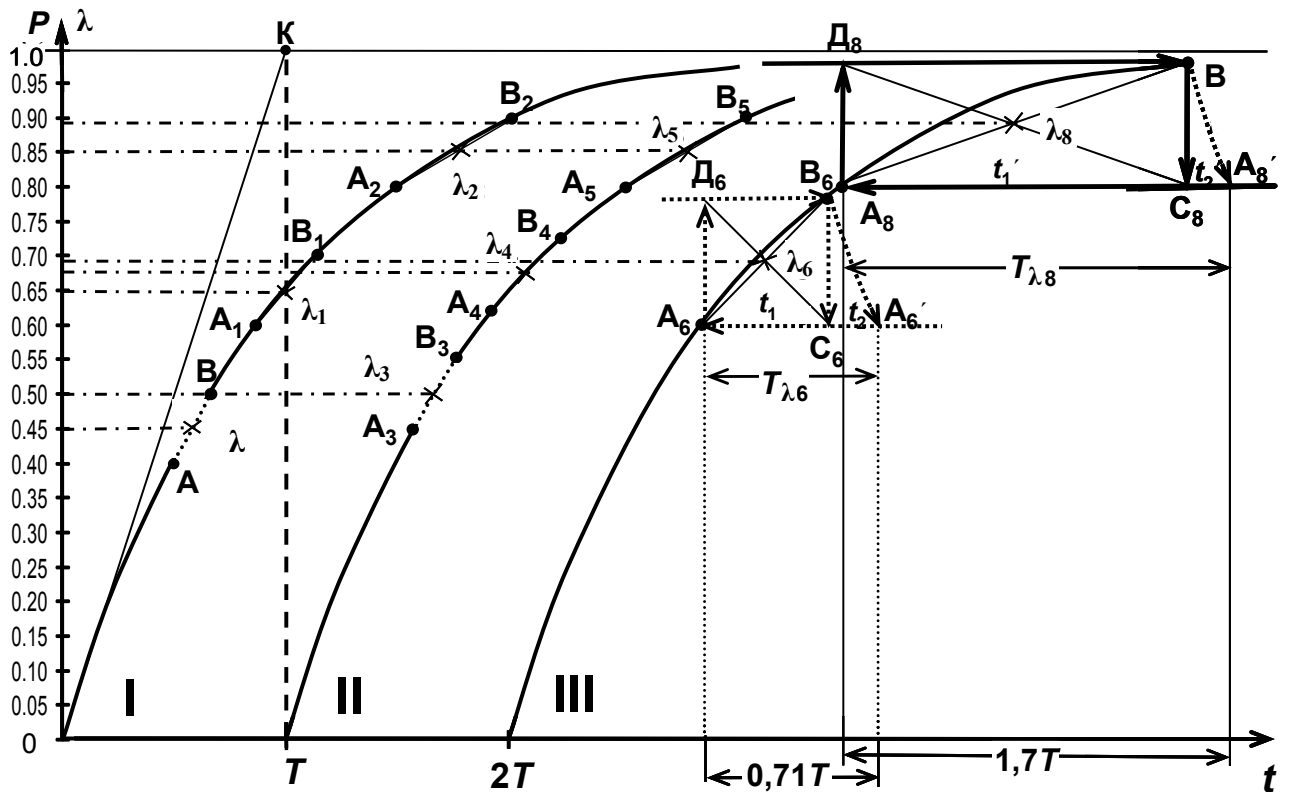


Рисунок 2.9 – Графическое определение параметров пульсаторов по заданным значениям положения хорд-диагоналей гистерезисных петель на экспонентах I, II и III

Эти результаты в основном удовлетворяют предъявляемым к доильным аппаратам физиологическим требованиям, обеспечивая плавное изменение со-

отношения тактов, частоты пульсаций и глубины вакуума под соском в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения от минимума до определенных пределов. Затем, при бурном молоковыведении, они обеспечивают изменение параметров до предельных значений скачком за счет перехода аппарата с трехтактного на двухтактный режим работы и обратно.

На экспоненте I (рисунок 2.9) основные носители информации состояний гистерезисной петли пульсатора, выполненного по схеме рисунка 2.6а, хорды-диагонали $A - B$, $A_1 - B_1$, $A_2 - B_2$ с центрами λ , λ_1 и λ_2 , соответственно, имеют: соотношения тактов ν от 0,8:1 до 5,7:1; величину вакуума под соском (при $P = 50$ кПа) от $P_{\lambda} = 22,5$ кПа до $P_{\lambda_2} = 42,5$ кПа.

На экспоненте II (пульсатор по схеме рисунка 2.6б) хорды-диагонали $A_3 - B_3$, $A_4 - B_4$, $A_5 - B_5$ с центрами λ_3 , λ_4 и λ_5 имеют: соотношения тактов ν от 1:1 до 5,7:1; вакуум под соском (при $P = 50$ кПа) от $P_{\lambda_3} = 25$ кПа до $P_{\lambda_5} = 42,5$ кПа.

На экспоненте III (пульсатор по схеме рисунка 2.6б) хорды-диагонали $A_6 - B_6$ и $A_8 - B_8$ с центрами λ_6 и λ_8 имеют: соотношения тактов ν от 2,1:1 до 8,1:1; вакуум под соском (при $P = 50$ кПа) от $P_{\lambda_6} = 34,5$ кПа до $P_{\lambda_8} = 44,5$ кПа.

Для сравнения изменения частоты пульсаций на хордах-диагоналях $A_6 - B_6$ и $A_8 - B_8$ с центрами λ_6 и λ_8 (выделены в таблице 2.2), соответственно, восстанавливаем гистерезисные петли с тактами сосания t_1 , сжатия t_2 и определяем соответствующие продолжительности времени циклов (T_{λ_6} и T_{λ_8}) пульсатора. В соответствии с формулой (2.22) изменение частоты пульсаций будет

$$\frac{f_{\lambda_6}}{f_{\lambda_8}} = \frac{T_{\lambda_8}}{T_{\lambda_6}} \approx 2,4$$
, что соответствует пожеланиям физиологов и по этому параметру.

Экспонента III объясняет также, почему гистерезисная петля пульсатора с центром λ_6 (на рисунке 2.9 выделена точечным пунктиром) в верхнем положении с центром λ_8 «ложится», а фаза сосания λ никогда не может быть равной 1,0? Объясняется это «несжимаемостью» гистерезисной петли по вертикали и существенным изменением направления хорды-диагонали $A_8 - B_8$ в верхней

части экспоненты от вертикального к горизонтальному.

Из анализа математических моделей (2.37) и (2.44) управляемых пульсаторов следует, что все члены правых частей их уравнений, за исключением управляющего сигнала \mathcal{P} , есть величины постоянные, а поэтому все параметры и положение в координатном поле гистерезисной петли пульсатора, являющейся алгоритмом его функционирования, зависят только от величины этого сигнала. При $\mathcal{P} = 0$ гистерезисная петля занимает самое нижнее положение, а при увеличении сигнала \mathcal{P} параметры $P_{\text{ср}}$, $P_{\text{отп}}$ и λ , увеличиваясь всегда на одну и ту же величину, по оси ординат остаются «несжимаемыми» с базой $\Delta P = P_{\text{ср}} - P_{\text{отп}} = \text{const}$. При максимальном значении $\mathcal{P} = P = 1$ петли занимают самое верхнее положение, но, в соответствии с условиями (2.31) и (2.45), в правой части всех уравнений от 1 всегда отнимаются величины большие, чем прибавляются, поэтому $P_{\text{ср}}$ и, тем более, $P_{\text{отп}}$ и λ , всегда будут меньше единицы, а увеличение фазы сосания объясняется более резким изменением длины и направления хорды диагонали от вертикального к горизонтальному положению в верхней части квадранта (рисунок 2.9).

Таким образом, положение центра гистерезисной петли в координатном поле определяется величиной переменного сигнала \mathcal{P} , действующего в управляющей камере пульсатора. На релейной характеристике каждому положению центра λ гистерезисной петли любого управляемого пульсатора всегда соответствуют строго определенные его основные параметры: величина вакуума и время срабатывания $P_{\text{ср}}$, $t_{\text{ср}}$; отпускания $P_{\text{отп}}$, $t_{\text{отп}}$; постоянная времени T ; время цикла $T_{\text{ц}}$; частота пульсаций f ; продолжительность тактов сосания t_1 и сжатия t_2 ; соотношение тактов ν , фаза сосания λ , величина вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов P_c и диапазон регулирования переменных параметров пульсатора.

Используемый графоаналитический метод позволил установить, что рабочими параметрами пульсатора можно управлять, изменяя положение центра гистерезисной петли в координатном поле переменным подпором, создаваемым

в процессе доения аналоговым сигналом датчика интенсивности молоковыведения в дополнительной камере пульсатора.

В зависимости от конструктивных особенностей вакуумные управляемые пульсаторы в процессе доения коров по сигналам датчиков теоретически могут изменять соотношение тактов от 0,8:1 до 8:1; частоту пульсаций в 2,4 раза и величину вакуума под соском от 22,5 до 42,5 кПа при P питания 50 кПа (от 45 до 85%), а при бурной молокоотдаче, превышающей 800 г/мин – скачком до максимального значения величины вакуума в системе питания.

Проведенные исследования позволяют заключить, что создание управляемого пульсатором самоотключающегося доильного аппарата с изменяющимися в процессе доения в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения соотношением тактов, частотой пульсаций и величиной вакуума под соском для всех типов доильных установок, включая стойловые и пастбищные, теоретически возможно.

Результаты теоретических исследований релейных характеристик и параметров вакуумных пульсаторов для управляемых доильных аппаратов получены впервые и требуют подтверждения экспериментальными исследованиями.

2.4. Обоснование рационального размещения логических элементов в схеме управления управляемого доильного аппарата

В пневматической схеме управления разработанного под руководством д.т.н. И.К.Винникова автоматизированного двухрежимного двух-трехтактного доильного аппарата АДД-2/3 (рисунок 2.7) используются два логических элемента ИЛИ, один из которых непосредственно связан с управляющей камерой коллектора, а другой – с управляющей камерой пульсатора [97, 128]. Камера переменного вакуума коллектора разделена перегородкой на две части, ее нижняя часть образует управляющую камеру со штуцером, обеспечивающим вход управляющих сигналов с выхода датчика или с пульсатора через логический элемент ИЛИ, а верхняя – распределительную камеру. Управление работой пульсатора осуществляется вакуумными сигналами «0» и «1», поступающими

со штуцера датчика через логический элемент ИЛИ и дроссель. Коллектор работает по командам, поступающим с датчика и с выхода пульсатора через второй элемент ИЛИ. При отсутствии сигнала аппарат работает в трехтактном режиме, при его появлении – в двухтактном.

Однако, в результате производственной проверки и исследований доильного аппарата АДД-2/3 были выявлены недостатки данной схемы: установка логического элемента ИЛИ непосредственно на выходе пульсатора требует доработки конструкции пульсатора; размещение второго логического элемента ИЛИ на входе управляющей камеры коллектора в составе подвесной части аппарата нерационально из-за сложных условий эксплуатации. Такое расположение элементов было обосновано ранее [67] необходимостью исключить запаздывание по фазе и рассогласование действия вакуумных сигналов в управляющей и распределительной камерах коллектора, что снижает требования к качеству сигналов датчика и позволяет использовать в системе управления серийный пневмодатчик манипулятора МД-Ф-1. В то же время было бы целесообразно перенести элемент ИЛИ от коллектора к пульсатору.

Была предложена гипотеза о возможности установки логических элементов ИЛИ в любом месте в пределах длины шланга переменного вакуума, соединяющего пульсатор и коллектор доильного аппарата. Для обоснования такого их размещения были проведены исследования.

Основным условием эффективной работы предлагаемой пневматической схемы управления доильного аппарата является следующее соотношение постоянных времени распределительной с межстенными камерами доильных стаканов (в дальнейшем распределительной камеры) и управляющей камеры коллектора

$$T'_1 \geq T'_2. \quad (2.46)$$

Эти постоянные времени определяются по формулам

$$T'_1 = T_1 + \tau_1, \quad T'_2 = T_2 + \tau_2 \quad (2.47)$$

где T_1 и T_2 – постоянные времени изменения состояния аппарата под действием

управляющего сигнала распределительной и управляющей камер коллектора, соответственно, с;

τ_1 и τ_2 – время запаздывания сигнала пульсатора, поступающего к распределительной и управляющей камерам коллектора, соответственно, с.

Постоянные времени изменения состояния аппарата находим по формуле $T = \frac{V}{R\Theta\alpha}$, подставляя поочередно значения:

V_2 – суммарный объем распределительной камеры коллектора с межстенными камерами доильных стаканов, м³;

V_3 – объем управляющей камеры коллектора, м³;

α_1, α_2 – проводимости линий связи пульсатора (шлангов переменного вакуума) с распределительной и управляющей камерами коллектора, соответственно, м²/с.

Время запаздывания сигналов пульсатора находим из выражений

$$\tau_1 = \frac{l_1}{v_1}, \quad \tau_2 = \frac{l_2}{v_2}, \quad (2.48)$$

где l_1 и l_2 – длины линий связи пульсатора с распределительной и управляющей камерами коллектора, соответственно, м;

v_1 и v_2 – скорости передачи сигналов по линиям связи пульсатора с распределительной и управляющей камерами коллектора, соответственно, м/с.

Таким образом, выражение (2.46) примет вид

$$\frac{V_2}{R\Theta\alpha_1} + \frac{l_1}{v_1} \geq \frac{V_3}{R\Theta\alpha_2} + \frac{l_2}{v_2}. \quad (2.49)$$

Так как $l_1 = l_2$, $v_1 = v_2$, $R = \text{const}$, $\Theta = \text{const}$, $\alpha_1 \approx \alpha_2$, а суммарный объем распределительной камеры коллектора с межстенными камерами доильных стаканов V_2 во много раз превышает объем управляющей камеры коллектора V_3 ($V_2 \gg V_3$ ($V_3 = 3 \text{ см}^3$)), то

$$\frac{V_2}{\alpha_1} \geq \frac{V_3}{\alpha_2}, \quad (2.50)$$

т.е условие (2.46) выполняется.

На основе проведенных исследований к управляемому пульсатору разработан блок двух логических элементов ИЛИ, объединенных в одном корпусе, который можно устанавливать в разрезе шланга переменного вакуума в любом удобном месте между коллектором и пульсатором или непосредственно в пульсаторе, что существенно упростило конструкцию и обслуживание аппарата и повысило удобство и надежность его работы [128].

Объединение логических элементов в отдельный блок существенно расширяет возможности комплексной модернизации доения на базе серийных доильных аппаратов.

Выводы

1. На основе проведенных ранее во ВНИПТИМЭСХ (СКНИИМЭСХ) исследований установлено, что любой вакуумный пульсатор доильного аппарата, являющийся автоматическим устройством, работающим по алгоритму самонастраивающейся на оптимальные параметры гистерезисной петли, можно использовать в процессе доения коров для управления соотношением тактов, частотой пульсаций и глубиной вакуума под соском в физиологически обоснованных пределах в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения.

2. Используемый графоаналитический метод позволил установить, что рабочими параметрами пульсатора можно управлять, изменяя положение центра гистерезисной петли в координатном поле переменным подпором, создаваемым в процессе доения аналоговым сигналом датчика интенсивности молоковыведения в дополнительной камере пульсатора.

3. Из математических моделей управляемых пульсаторов следует, что все члены правых частей их уравнений, за исключением аналогового управляющего сигнала \mathcal{P} , есть величины постоянные, а поэтому все параметры и положение в координатном поле гистерезисной петли пульсатора зависят только от величины этого управляющего сигнала. При $\mathcal{P} = 0$ гистерезисная петля в координатном поле занимает самое низкое положение, а при увеличении управляющего

сигнала \mathcal{P} , параметры $P_{\text{ср}}$, $P_{\text{отп}}$ и λ , увеличиваясь всегда на одну и ту же величину, по оси ординат остаются «несжимаемыми» с базой $\Delta P = P_{\text{ср}} - P_{\text{отп}} = \text{const}$. При максимальном значении $\mathcal{P} = 1$ петля занимает самое верхнее положение, но, в соответствии с условиями, в правой части всех уравнений от 1 всегда отнимаются величины большие, чем прибавляются, поэтому $P_{\text{ср}}$ и, тем более, $P_{\text{отп}}$ и λ , всегда будут меньше единицы, а увеличение фазы сосания λ объясняется более резким изменением длины и направления хорды-диагонали от вертикального к горизонтальному положению.

4. В зависимости от конструктивных особенностей вакуумные управляемые пульсаторы в процессе доения коров по сигналам датчиков теоретически могут изменять соотношение тактов от 0,8:1 до 8:1; частоту пульсаций в 2,4 раза и величину вакуума под соском от 22,5 до 42,5 кПа при P питания 50 кПа (от 45 до 85%), а при бурной молокоотдаче, превышающей 800 г/мин – скачком до максимального значения величины вакуума в системе питания, которая может составлять 70 кПа и выше. При снижении интенсивности молоковыведения до 300 г/мин после додаивания в трехтактном режиме аппарат автоматически отключается и выводится из под вымени коровы.

5. Проведенные исследования позволяют заключить, что создание управляемого пульсатором самоотключающегося доильного аппарата с изменяющимися в процессе доения в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения соотношением тактов, частотой пульсаций и величиной вакуума под соском для всех типов доильных установок, включая стойловые и пастбищные, теоретически возможно.

5. В результате исследования параметров пневматической схемы управления двухрежимного двух-трехтактного доильного аппарата установлено, что в доильных аппаратах по всей длине параллельных шлангов переменного вакуума запаздывания передачи сигналов к коллектору не происходит, и поэтому логический элемент ИЛИ можно устанавливать в разрезе шланга переменного вакуума в любом удобном месте или непосредственно в пульсаторе.

6. Результаты теоретических исследований релейных характеристик и па-

раметров вакуумных пульсаторов для управляемых доильных аппаратов получены впервые и требуют экспериментальной проверки.

3. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВАКУУМНЫХ ПУЛЬСАТОРОВ ДЛЯ СТОЙЛОВЫХ ДОИЛЬНЫХ АВТОМАТОВ

3.1. Программа экспериментальных исследований

В процессе экспериментальных исследований было необходимо проверить полученные теоретические выводы и уточнить пределы их применимости, получить значения входящих в них показателей, обосновать основные параметры и характеристики вакуумных пульсаторов для стойловых доильных автоматов.

Программа экспериментальных исследований предусматривала:

1. Проверка возможности изменения параметров вакуумного пульсатора в процессе его работы путем внешнего воздействия на его мембранно-клапанный блок в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения.

2. Определение основных параметров управляемых вакуумных пульсаторов: частоты пульсаций, фазы сосания и соотношения тактов, продолжительности тактов сосания и сжатия и времени рабочего цикла, величин вакуума срабатывания $P_{ср}$ и отпускания $P_{отп}$ и их зависимости от уровня аналогового управляющего сигнала, соответствующего интенсивности и фазе молоковыведения.

3. Экспериментальная проверка полученных теоретических зависимостей для расчета характеристик и параметров управляемых вакуумных пульсаторов.

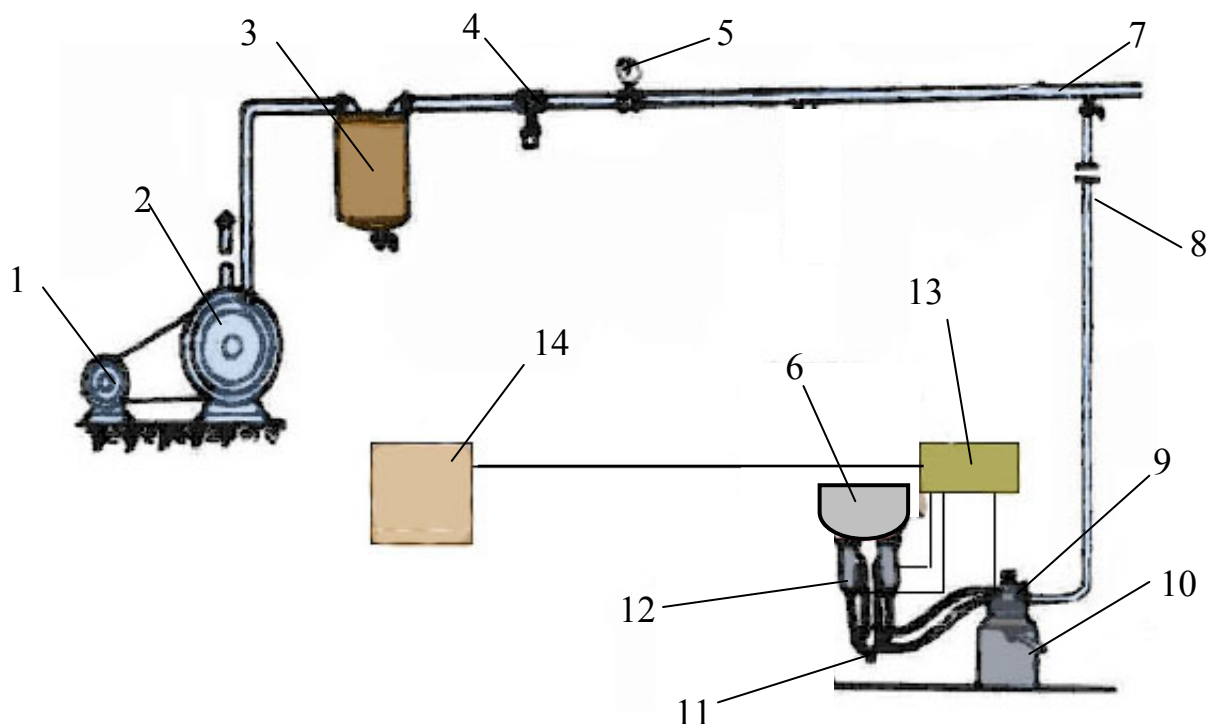
4. Определение параметров управляемого доильного аппарата, включающего управляемый вакуумный пульсатор: средней действующей величины вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов, характера смены режима работы в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения.

5. Определение параметров пневматической схемы управления управляемого доильного аппарата при различном расположении логических элементов ИЛИ.

6. Разработка методики инженерного расчета и выбора параметров вакуумных пульсаторов для стойловых доильных автоматов.

3.2. Установка и приборы для экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования управляемых пульсаторов проводились на лабораторной доильной установке, позволяющей имитировать условия машинного доения коров [13, 105] (рисунок 3.1). Лабораторная установка была оборудована вакуумным насосом, вакуум-баллоном, вакуум-регулятором, вакуумметрами и доильными аппаратами.



1 – электродвигатель; 2 – вакуум-насос; 3 – вакуум-баллон; 4 – вакуум-регулятор; 5 – вакуумметр; 6 – искусственное вымя; 7 – вакуумпровод; 8 – шланг постоянного вакуума; 9 – управляемый пульсатор; 10 – ведро доильное; 11 – коллектор; 12 – доильные стаканы; 13 – блок датчиков; 14 – измерительный комплекс

Рисунок 3.1 – Общая схема лабораторной доильной установки

Для лучшей имитации условий доения применялся стенд, включавший искусственное вымя с сосками, изготовленное из пластмассы (рисунок 3.2). Форма и размеры вымени и его сосков соответствовали естественным. В процессе опытов на соски вымени надевались доильные стаканы. В сосках имелись каналы, по которым подавалась рабочая жидкость, имитировавшая молоко, поступающая через распределитель из емкости, снабженной краном и жидкостным

счетчиком, что позволяло регулировать ее расход, имитируя тем самым интенсивность молоковыведения.

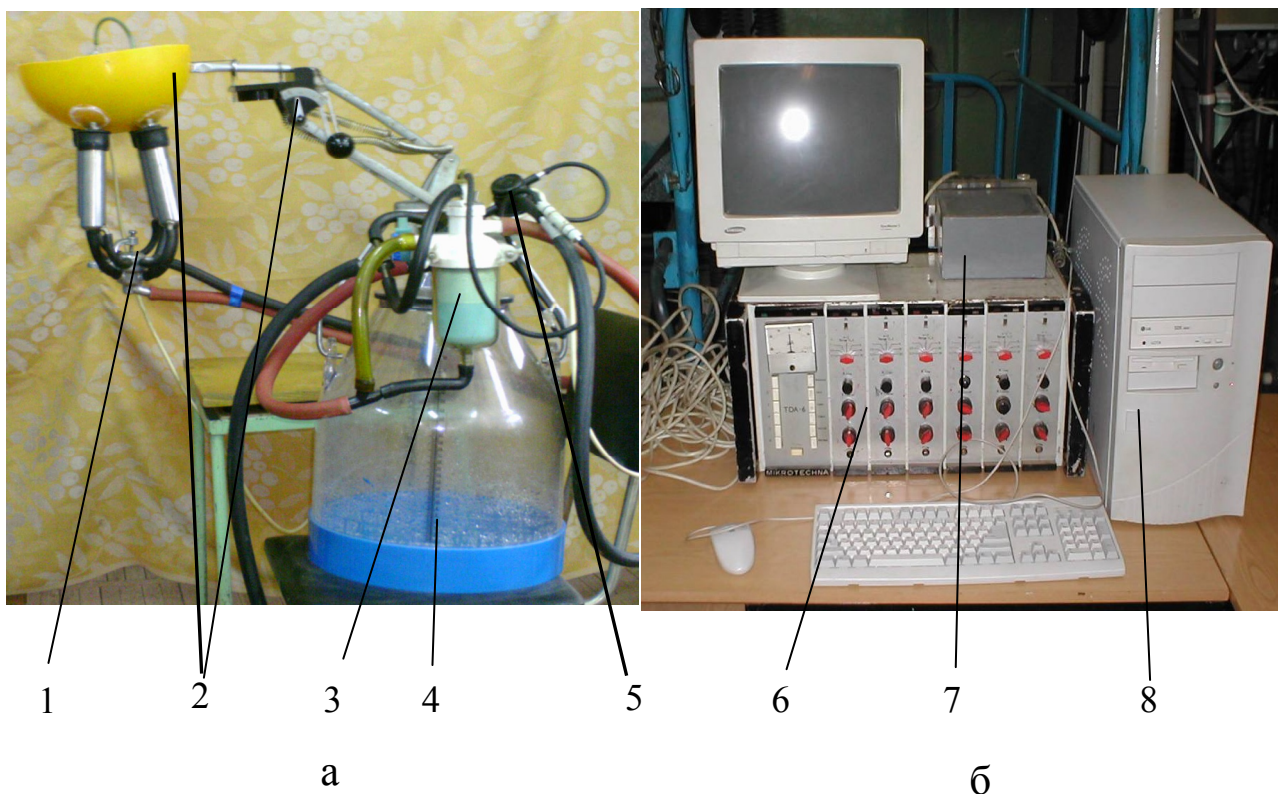


1 – искусственное вымя; 2 – соски вымени; 3 – шланг для подачи жидкости, имитирующей молоко; 4 – основание; 5 – вертикальная стойка; 6 – горизонтальная стойка

Рисунок 3.2 – Стенд с искусственным выменем

Основу стенда составляет основание, в котором закреплена вертикальная стойка. К ней подвижно крепится подпружиненная горизонтальная стойка, на конце которой установлено вымя. Благодаря тому, что горизонтальная стойка может плавно перемещаться в вертикальной и горизонтальной плоскостях, достигается имитация реальных перемещений вымени и его сосков в процессе доения под действием пульсаций вакуума в доильных стаканах. Это является преимуществом данной конструкции искусственного вымени по сравнению с аналогичными неподвижными моделями, и позволяет визуально контролировать характер и смену режима работы доильного аппарата. В частности легко визуально фиксируются переход на двухтактный и трехтактный режим работы, а также отключение коллектора и доильных стаканов от вакуума, что позволяет измерить продолжительность доения и его фаз с помощью секундомера, не прибегая к помощи сложных измерительных устройств.

Общий вид лабораторной установки представлен на рисунке 3.3.



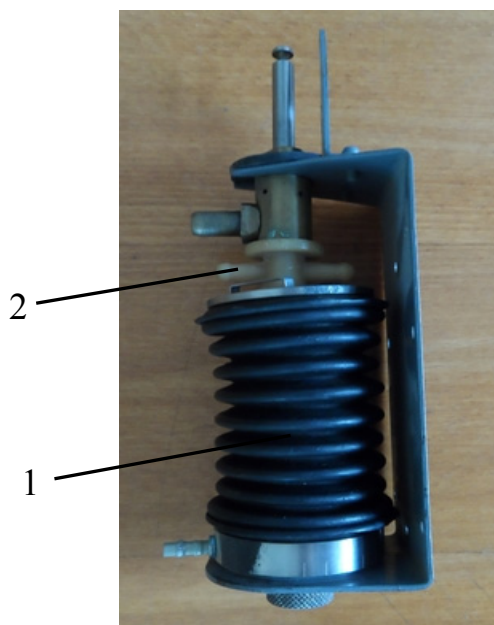
1 – подвесная часть доильного аппарата; 2 – стенд с искусственным выменем; 3 – датчик интенсивности молочного потока; 4 – доильное ведро; 5 – управляемый пульсатор; 6 – усилитель ТДА-6; 7 – плата аналого-цифрового преобразования; 8 – персональный компьютер

а – стенд для имитации процесса доения; б – измерительная аппаратура

Рисунок 3.3 – Общий вид лабораторной установки

В качестве средства доения использовался разработанный в СКНИИМЭСХ под руководством д.т.н. И.К.Винникова двухрежимный двух-трехтактный автоматизированный доильный аппарат АДД-2/3 [97] (рисунок 3.3а). Аппарат включает доильные стаканы, управляемый коллектор, созданный на базе коллектора трехтактного доильного аппарата, управляемый пульсатор, логические элементы ИЛИ (дизъюнкция). В управляемом аппарате додаивание осуществляется периодическим впуском воздуха в подсосковые камеры доильных стаканов путем автоматического перевода аппарата с двухтактного на трехтактный режим работы. Управление доильным аппаратом осуществляет пневмодатчик интенсивности молочного потока типа МДФ 02.010 манипулятора МД-Ф-1, имеющий штуцеры подачи вакуумных сигналов на механический додой и на

отключение аппарата. В другом варианте аппарат включает сильфонное управляющее устройство с магнитоэлектрическим датчиком вакуумных сигналов, выдающим аналоговый сигнал, соответствующий интенсивности молоковыведения [67, 97] (рисунок 3.4), который поступает в камеру подпора управляемого пульсатора.



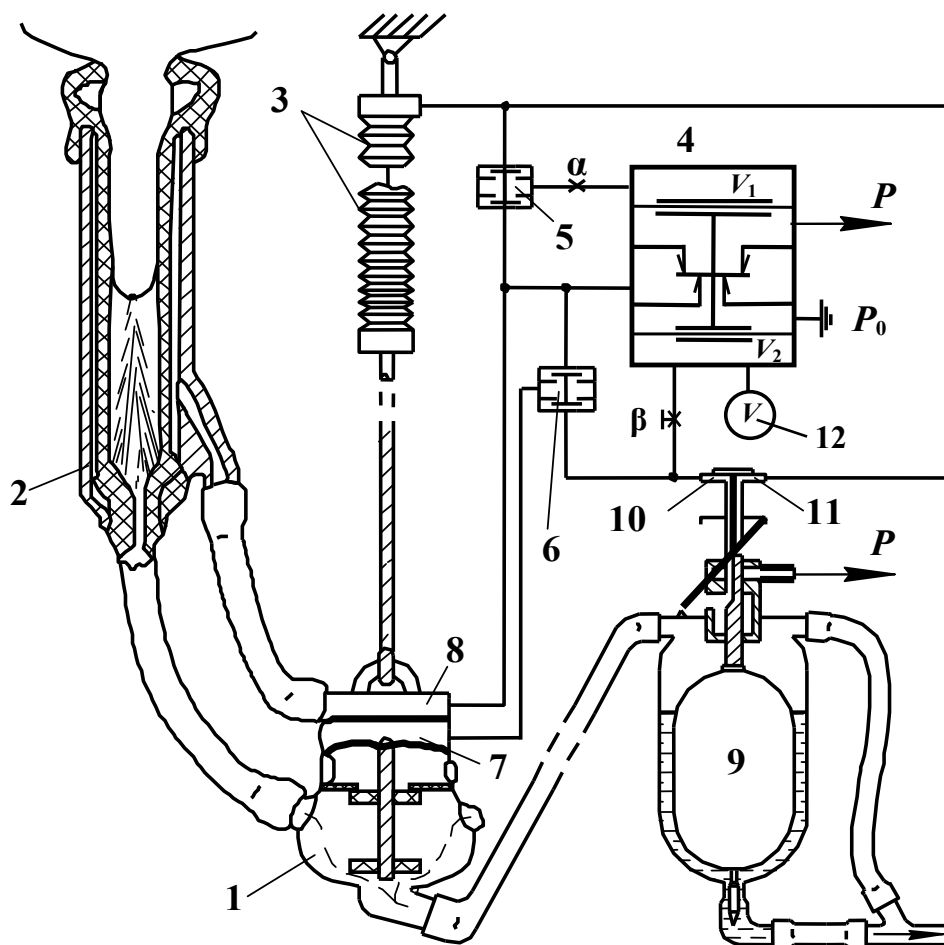
1 – сильфон; 2 – штуцеры выдачи сигналов

Рисунок 3.4 – Сильфонное управляющее устройство

Для экспериментальных исследований изменения параметров управляемого пульсатора в процессе его работы в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения применялась лабораторная установка, включавшая управляемый доильный аппарат с управляемым пульсатором с камерой подпора, образованной дополнительной мембраной, и пневмодатчик интенсивности молочного потока. Трансформация выдаваемого со штуцера датчика дискретного сигнала в аналоговый осуществлялась путем его прохождения через регулируемое сопротивление β (пневматический дроссель переменной проводимости) и соединения камеры переменного подпора пульсатора с пневмоемкостью с целью сглаживания сигнала. Схема применявшегося в составе лабораторной установки управляемого доильного аппарата представлена на рисунке 3.5.

Регистрация давлений в исследуемых точках узлов доильного аппарата осуществлялась тензометрической аппаратурой, включавшей индуктивные тен-

зодатчики, нормирующий усилитель ТДА-6, плату аналого-цифрового преобразования LA-70, тензометрические звенья (тензозвенья) и кабели (рисунок 3.3б).



1 – коллектор; 2 – доильный стакан; 3 – пневмосъемник; 4 – управляемый пульсатор; 5, 6 – логические элементы «ИЛИ»; 7 – управляющая камера коллектора; 8 – распределительная камера коллектора; 9 – пневмодатчик; 10, 11 – штуцеры пневмодатчика; 12 – пневмоемкость; β – регулируемое сопротивление

Рисунок 3.5 – Схема управляемого доильного аппарата, включающего управляемый пульсатор (лабораторная установка)

Определение и запись значений давления в узлах доильного аппарата производились с помощью тензометрических звеньев (тензорезисторные датчики вакуума) (рисунок 3.6). Каждое звено состояло из корпуса 1, мембраны 2 и гайки 3 из высокоуглеродистой стали, а также кабеля 4. Мембрана датчика имеет толщину 0,5 мм и изготавливается из стали. На мембрану наклеивались компенсационный (компенсирующий изменение температуры мембраны) и рабо-

чий проволочные датчики (сопротивление 200 – 2000 Ом), образующие половину измерительного моста. Объем ёмкостей тензозвена был незначителен и не вызывал заметного изменения суммарного объема всей пневматической линии (менее 5%). Погрешность измерений такого датчика меньше, чем у серийных датчиков (ТДДМ-1 и др.) [13, 123].

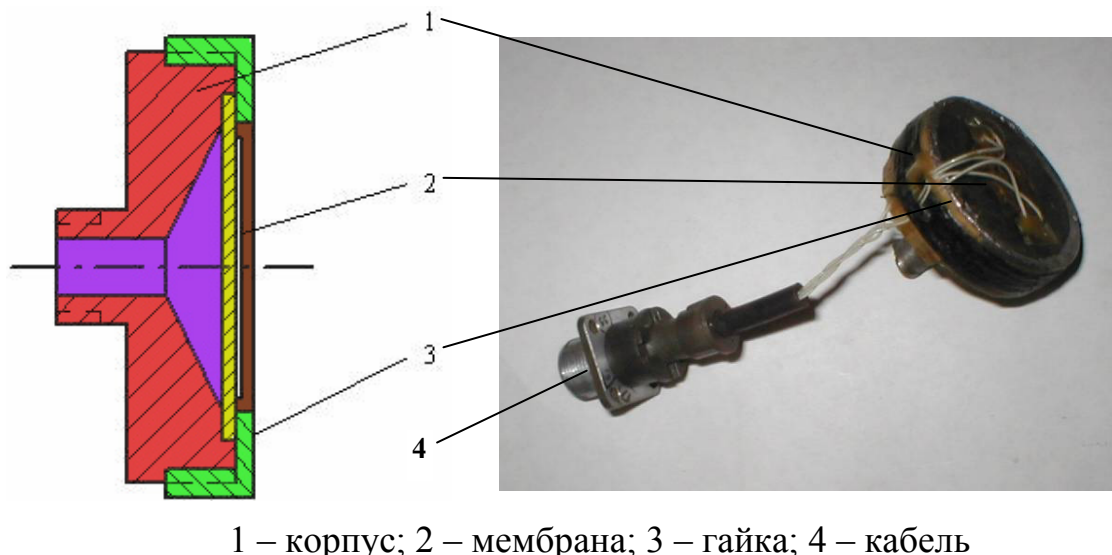


Рисунок 3.6 – Общий вид тензометрического звена для измерения давлений

В состав контрольно-измерительного комплекса входили нормирующий усилитель ТДА-6 и плата аналого-цифрового преобразования АЦП LA-70 (рисунок 3.3б), превращающая аналоговый электрический сигнал в цифровой (время преобразования – 70 мкс), а также кабели.

Длительность тактов рабочего цикла пульсатора доильного аппарата определялась путем визуализации осциллограмм изменения давлений на мониторе компьютера в программе-регистраторе, прилагаемой к плате аналого-цифрового преобразования АЦП LA-70, и периодической записи получаемых значений в табличный файл (рисунок 3.7).

АЦП LA-70 является высококачественной термостабильной платой, изготовленной на отечественной элементной базе, и предназначена для сбора и преобразования данных. Она содержит три функциональных устройства: аналого-цифровой канал (АЦК) с 12-ти разрядным аналого-цифровым преобразователем, 16-ти разрядный цифровой порт и схему обработки прерываний. Плата обеспечивает ввод в компьютер 16 аналоговых сигналов, преобразуемых в циф-

ровую форму, и ввод/вывод 16 цифровых сигналов.

Погрешность приборов для записи осциллограмм изменения давлений в аппарате не превышала 3%, что обеспечивал высокоточный нормирующий усилитель ТДА-6.

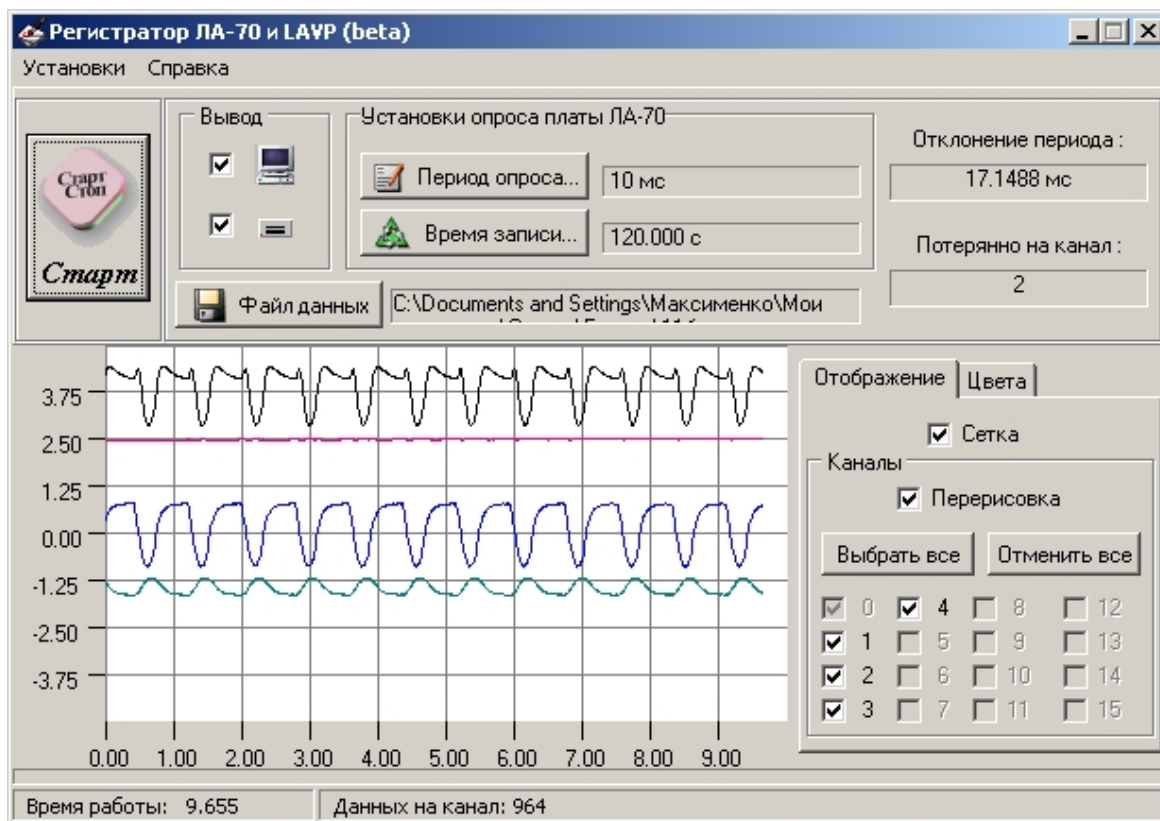


Рисунок 3.7 – Программа-регистратор платы АЦП ЛА-70

3.3. Общая методика лабораторных исследований управляемого доильного аппарата, включающего управляемый вакуумный пульсатор

В данной работе исследовались процессы в камерах основных узлов доильного аппарата. Измерение длительности и характера процессов производилось по осциллограммам переменных давлений (уровней вакуума).

Для записи переменных давлений, действующих в исследуемых узлах доильного аппарата, применялся электротензометрический метод. Запись значений давлений в камерах доильных стаканов, пульсатора и коллектора доильного аппарата производилась с помощью тензометрических звеньев. Осциллограммы изменения давлений снимались одновременно во всех камерах аппарата в процессе его работы.

Тензозвенья устанавливались в управляющей камере пульсатора, в камере переменного вакуума пульсатора, в управляющей и распределительной камерах коллектора, в подсосковой и межстенной камерах доильного стакана.

Тарировка тензозвеньев осуществлялась вакуумом, подаваемым в них. В процессе тарировки выбирался масштаб осциллограмм.

В каждом опыте по результатам записи измерялись продолжительность и соотношение тактов, частота пульсаций, длительность переходных процессов в камерах узлов управляемого доильного аппарата, в том числе управляемого пульсатора. Соотношение тактов определялось отношением времени такта сосания t_1 ко времени такта сжатия t_2 . При помощи контрольно-измерительного комплекса в ходе опыта получены осциллограммы и графики изменения давления (вакуума) в узлах управляемого доильного аппарата, по которым можно судить о величине давления в определенный момент времени и о длительности переходных процессов (рисунок 3.8).

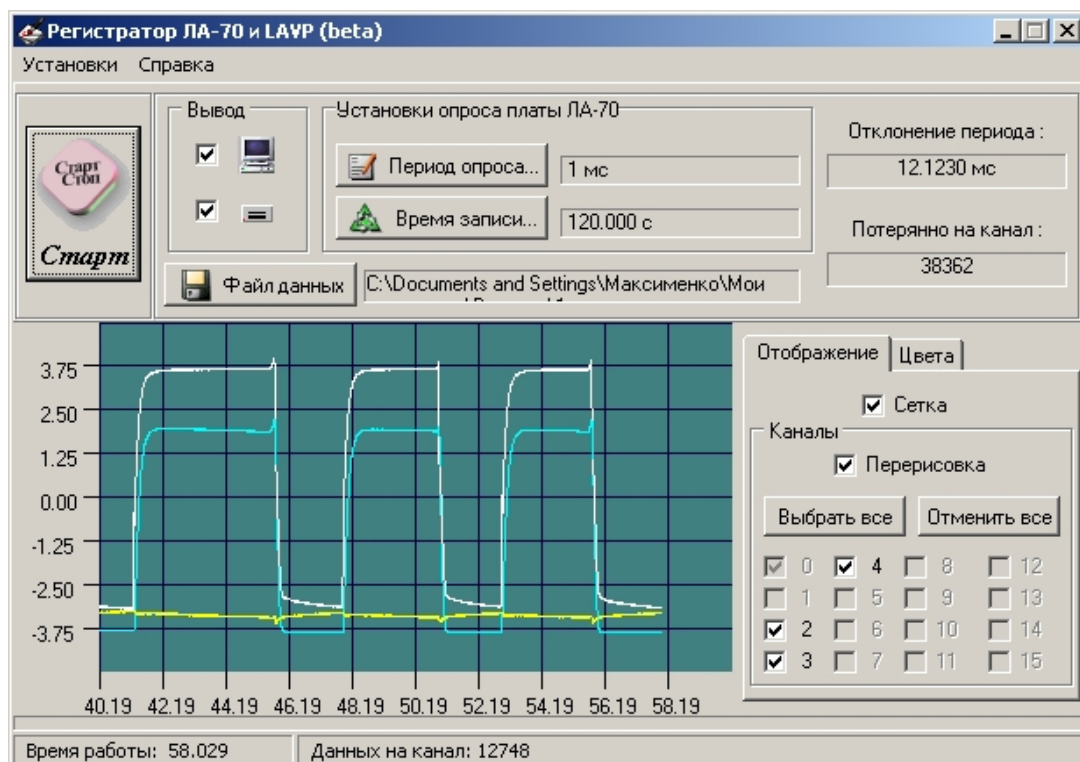


Рисунок 3.8 – Осциллограммы изменения давления в процессе работы управляемого доильного аппарата

По полученным осциллограммам можно определить продолжительность тактов рабочего цикла управляемого пульсатора и соответствующие им значе-

ния вакуума. Для этого на осциллограмме задается масштаб по вакууму, который определяется тарировкой по показаниям образцового вакуумметра доильного аппарата, а масштаб по времени выставляется в настройках программы-регистратора платы АЦП LA-70.

В процессе опыта программа-регистратор АЦП LA-70 записывает значения показаний тензодатчиков в каждый момент времени с заданной периодичностью в табличный файл. Путем обработки этих данных в программе Microsoft Excel строились графики изменения давлений в процессе работы доильного аппарата.

3.4. Методика экспериментальных исследований управляемых вакуумных пульсаторов для стойловых доильных автоматов

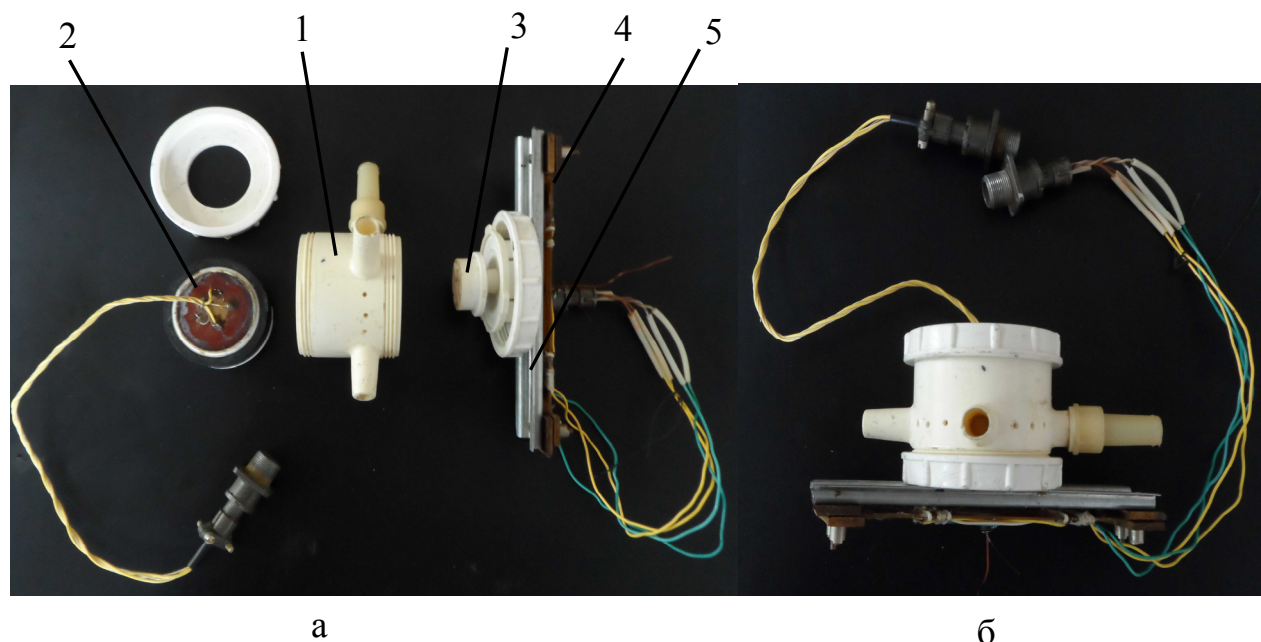
Основной целью проведенных опытов являлась экспериментальная проверка возможности плавного изменения параметров пульсатора (частота пульсаций, соотношение тактов, общее время цикла, величина вакуума срабатывания и отпускания), а также уровня вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов в трехтактном режиме путем воздействия аналогового управляющего сигнала, изменяющегося в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения.

Для всей серии опытов был принят стандартный уровень вакуума в системе питания лабораторной доильной установки, равный 50 кПа.

В качестве объекта исследований был избран доработанный серийный вакуумный пульсатор АДУ.02.000-03 доильного аппарата АДУ-1.

Для записи значений давлений в управляющей камере и камере переменного вакуума пульсатора использовались тензодатчики (рисунок 3.9). Для этого была модифицирована управляющая камера, верхняя часть которой была заменена на гибкую пластину, к которой был прикреплен тензодатчик, фиксирующий степень ее прогиба под действием изменения уровня вакуума. Для измерения уровня вакуума в камере переменного вакуума пульсатора на его гайке

была неподвижно закреплена опора, в которой была установлена гибкая пластина, соединенная проволокой, проходящей через отверстия в гайке и крышке, с клапаном. Перемещения клапана в процессе работы вызывали прогиб гибкой пластины, который фиксировался установленным на ней тензодатчиком, что позволяло измерять уровень вакуума в камере переменного вакуума.



1 – корпус пульсатора; 2 – управляющая камера с тензодатчиком; 3 – клапан;
4 – гибкая пластина с тензодатчиком; 5 – неподвижная опора

а – детали пульсатора с установленными тензодатчиками;

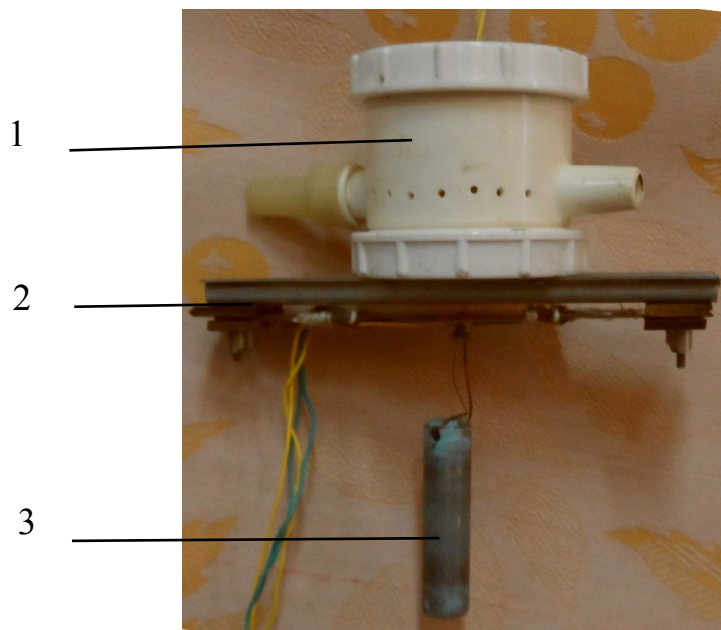
б – общий вид пульсатора с тензодатчиками

Рисунок 3.9 – Пульсатор АДУ.02.000-03 со встроенными тензодатчиками

В процессе работы пульсатора записывались осциллограммы изменения давлений в камере переменного вакуума и в управляющей камере, по которым определялись его параметры – соотношение и продолжительность тактов в рабочем цикле, частота пульсаций, величина вакуума срабатывания $P_{ср}$ и отпущения $P_{отп}$.

Для исследования возможности изменения параметров пульсатора в процессе его работы на основе методики С.Я.Горма [15, 23, 24], применялся пульсатор с механическим внешним управлением и установленными тензодатчиками (рисунок 3.10). Для имитации изменения интенсивности молоковыведения и воздействия соответствующего сигнала на мембранно-клапанный блок исполь-

зовались грузы различной массы, которые подвешивались к проволоке, закрепленной в клапане пульсатора.



1 – пульсатор; 2 – тензодатчик; 3 – груз

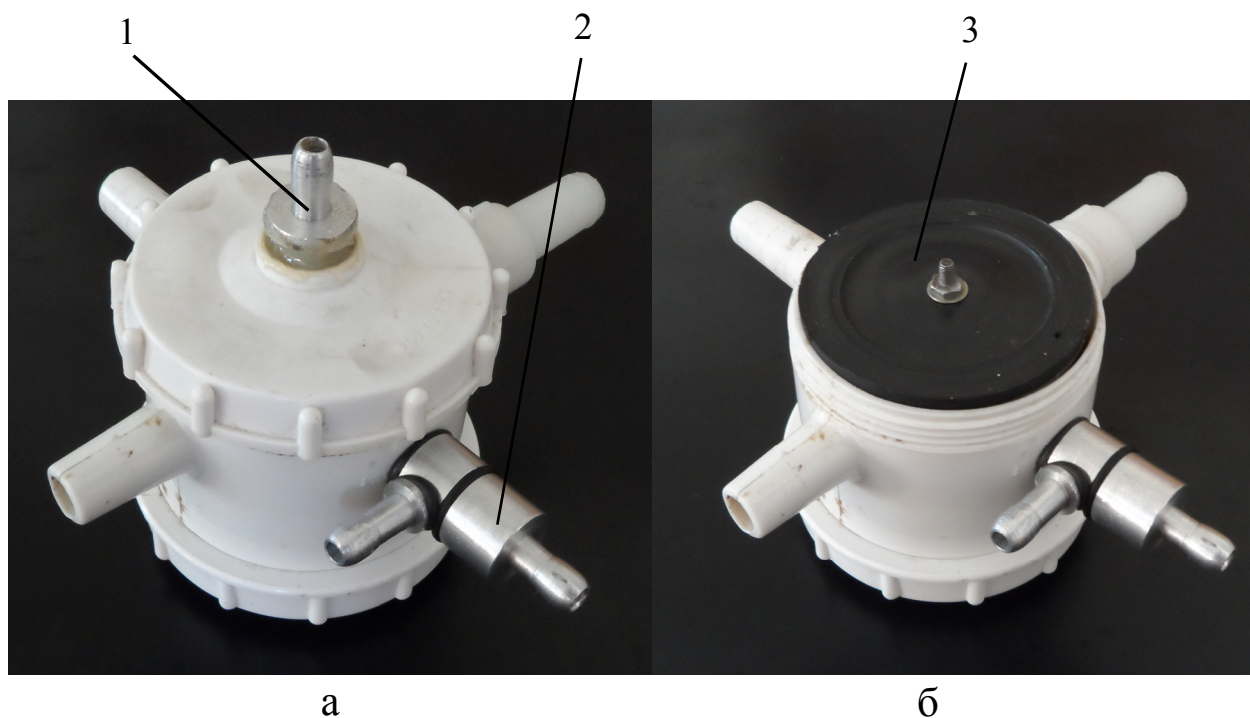
Рисунок 3.10 – Пульсатор АДУ.02.000-03 с механическим внешним управлением с установленными тензодатчиками

Для проведения исследований на основе серийного пульсатора аппарата АДУ-1 был изготовлен экспериментальный образец управляемого пульсатора с дополнительной мембраной, образующей внешнюю камеру подпора (рисунок 3.11), выполненный по схеме рисунка 2.6а.

Управляемый пульсатор с дополнительной мембраной исследовался в работе при постоянном уровне вакуума питания и переменном уровне вакуума подпора (от $\mathcal{P} = 0$ до $\mathcal{P} = P_{\text{пит}}$), служившего аналоговым управляющим сигналом, который подавался в управляющую камеру подпора через штуцер.

В корпус управляемого пульсатора был встроен логический элемент ИЛИ, через который подавался сигнал на его отключение.

В ходе работы управляемого пульсатора производилась запись изменения уровня вакуума в управляющей камере и камере переменного вакуума, согласно методике описанной выше. Также производилась запись его значений на выходе пульсатора.



1 – штуцер для ввода аналогового управляющего сигнала; 2 – логический элемент ИЛИ; 3 – дополнительная мембрана, образующая камеру подпора

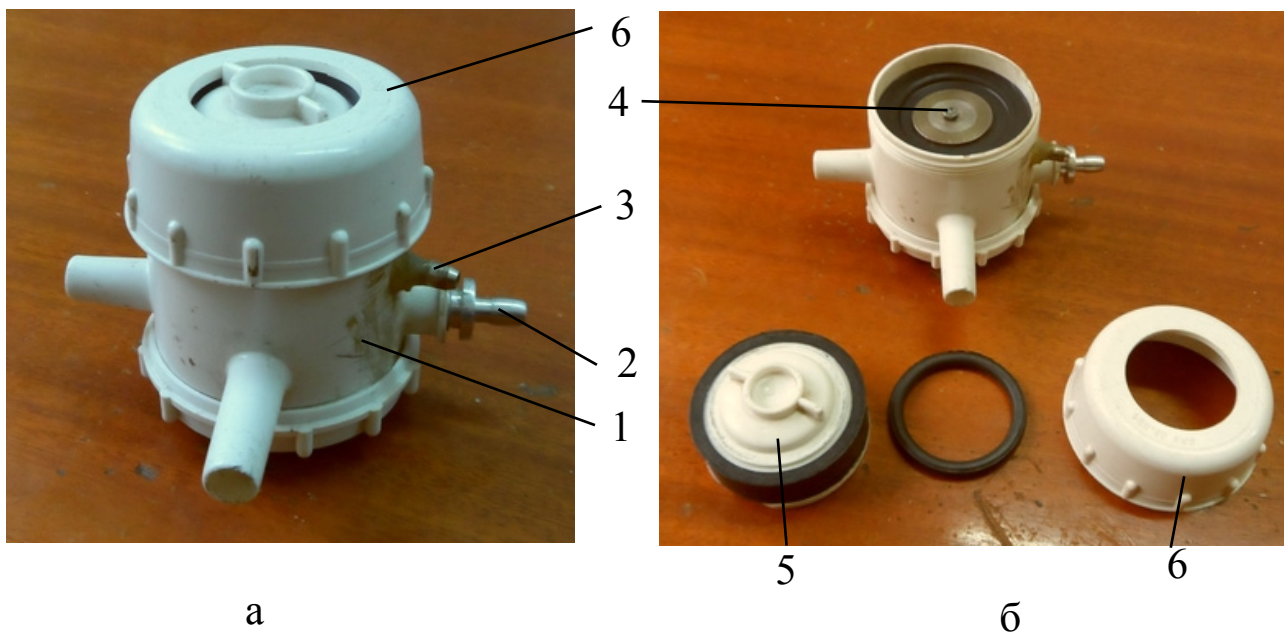
а – пульсатор в сборе; б – пульсатор со снятой гайкой

Рисунок 3.11 – Управляемый пульсатор на основе пульсатора АДУ.02.000-03 с дополнительной мембраной и управлением через логический элемент ИЛИ

Был также изготовлен экспериментальный образец управляемого пульсатора с блоком двух мембран, образующих камеру переменного подпора (рисунок 3.12), схема которого приведена на рис. 2.6б, на основе серийного пульсатора АДУ.02.000-03, в котором между управляющей камерой и камерой постоянного вакуума вместо одной мембраны был установлен блок двух мембран: с мягким (со стороны камеры постоянного вакуума) и с жестким (со стороны управляющей камеры) центрами (рисунок 3.13). При этом между мембранами образуется дополнительная камера подпора переменного вакуума. Переменный аналоговый управляющий сигнал (вакуум подпора), соответствующий интенсивности молоковыведения, подается через штуцер непосредственно в камеру подпора пульсатора.

Изготовить пульсатор данной конструкции с достаточной степенью точности возможно лишь в заводских условиях. Поэтому изготовленный собствен-

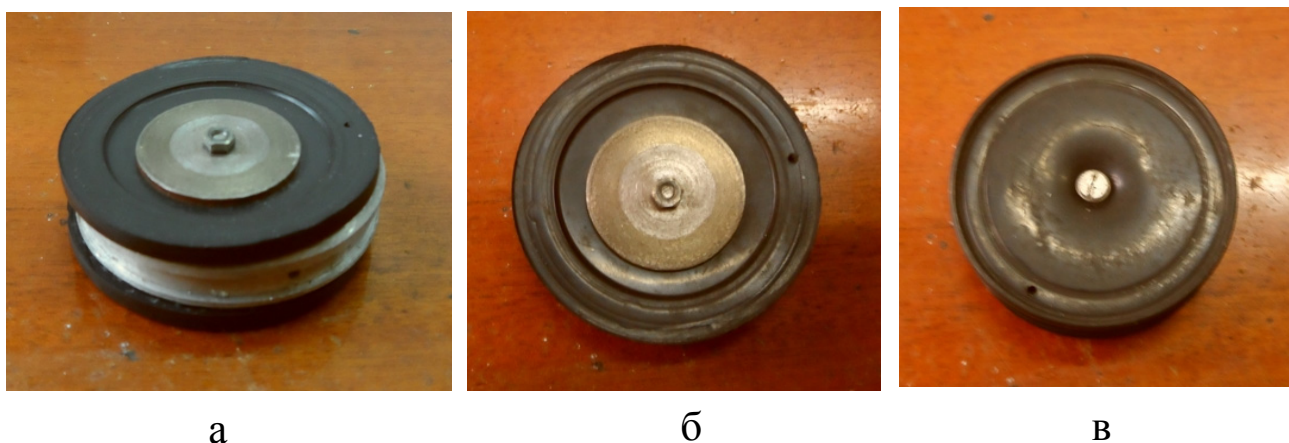
ными силами образец управляемого пульсатора допускал прососы воздуха, из-за чего пришлось ограничиться общей проверкой его работоспособности.



1 – корпус; 2 – штуцер для ввода управляющего сигнала от логического элемента ИЛИ; 3 – штуцер для ввода аналогового управляющего сигнала; 4 – блок двух мембран; 5 – управляющая камера; 6 – гайка

а – в сборе; б – в разобранном виде

Рисунок 3.12 – Управляемый пульсатор с блоком двух мембран, образующих камеру подпора



а – общий вид; б – мембрана с жестким центром;

в – мембрана с мягким центром;

Рисунок 3.13 – Блок двух мембран, образующих камеру подпора управляемого пульсатора

В ходе исследований проверялась общая работоспособность и управляе-

мость данного пульсатора, а именно соответствие изменения частоты пульсаций и соотношения тактов уровню подаваемого аналогового управляющего сигнала (интенсивности молоковыведения)

В ходе экспериментальных исследований гистерезисных характеристик управляемых пульсаторов изменялись эффективные площади мембран и клапанов экспериментальных образцов модернизированных пульсаторов АДУ.02.000-03 с дополнительной мембраной и определялись соответствующие изменения их параметров (величин вакуума срабатывания $P_{\text{ср}}$ и отпускания $P_{\text{отп}}$, соотношения тактов ν , фазы сосания λ и частоты пульсаций f) и их соответствие полученным теоретическим зависимостям. На основе полученных опытных данных производилось построение в координатном поле $P - t$ гистерезисных петель управляемых пульсаторов и сравнение их с построенными на основе теоретических зависимостей.

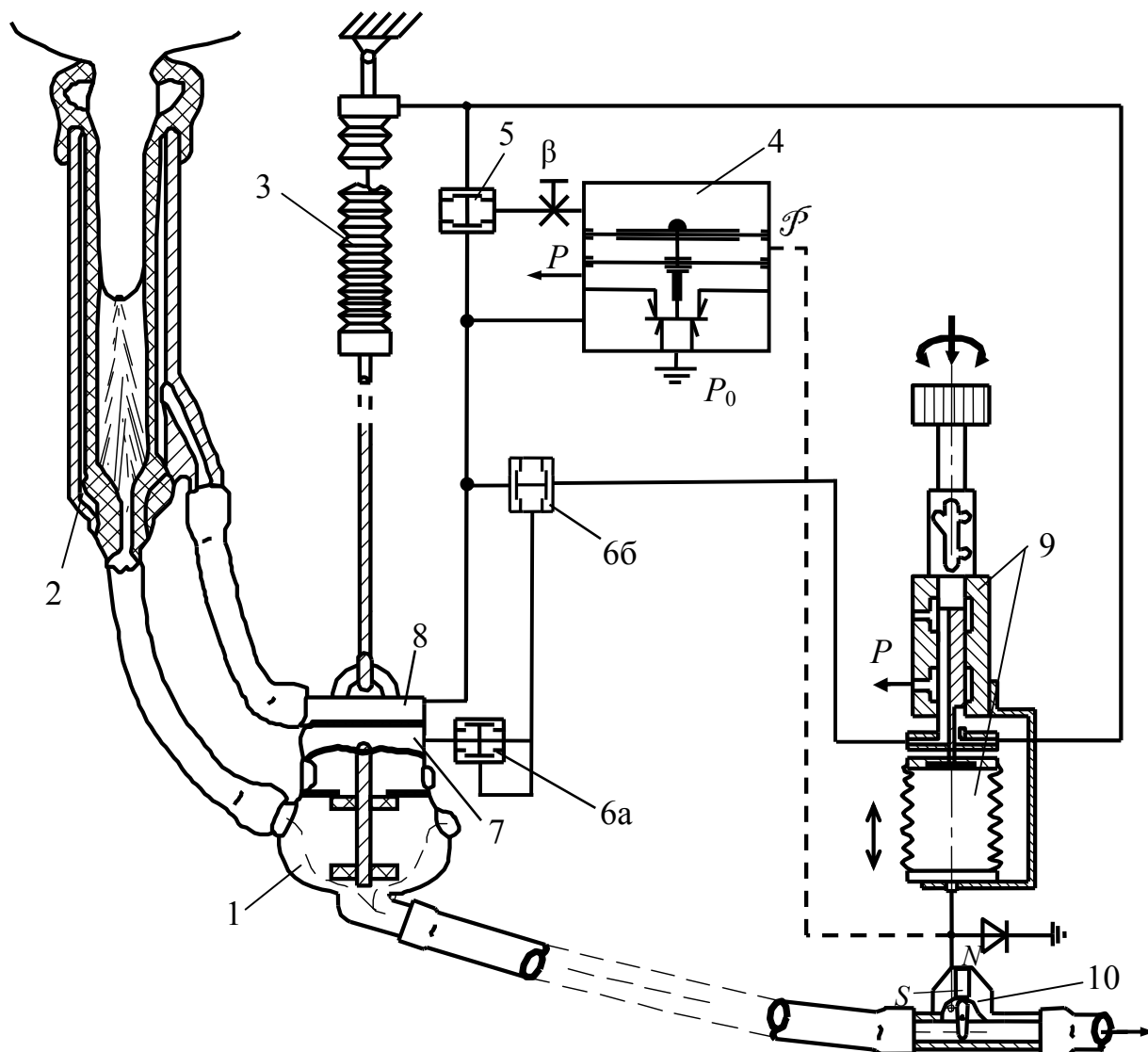
3.5. Методика экспериментальных исследований влияния размещения логических элементов в схеме управления на работу управляемого доильного аппарата

Целью данных исследований было определение параметров управляемого доильного аппарата при различном расположении логических элементов ИЛИ пневматической схемы управления, с целью синтеза его рациональной структуры.

В пневматической схеме управления автоматизированного двухрежимного двух-трехтактного доильного аппарата АДД-2/3 используются два логических элемента ИЛИ (дизъюнкция), один из которых непосредственно связан с управляющей камерой коллектора, а другой – с управляющей камерой пульсатора (рисунок 3.14) [97, 128].

Камера переменного вакуума коллектора доильного аппарата АДД-2/3 разделена перегородкой на две части, ее нижняя часть образует управляющую камеру со штуцером, обеспечивающим вход управляющих сигналов с выхода датчика или с пульсатора через логический элемент ИЛИ, а верхняя – рас-

пределительную камеру.



1 – коллектор; 2 – доильный стакан; 3 – пневмосъемник; 4 – управляемый пульсатор; 5 – первый логический элемент ИЛИ; 6 – второй логический элемент ИЛИ (6а – расположение на входе управляющей камеры коллектора, 6б – расположение на выходе пульсатора); 7 – управляющая камера коллектора; 8 – распределительная камера коллектора; 9 – сифонное управляющее устройство; 10 – магнитоэлектрический датчик вакуумных сигналов

Рисунок 3.14 – Автоматизированный двухрежимный двух-трехтактный доильный аппарат АДД-2/3 (схема управления)

Управление работой пульсатора осуществляется вакуумными сигналами «0» и «1», поступающими со штуцера датчика через логический элемент и дроссель. Коллектор работает по командам, поступающим с датчика и с выхода

пульсатора через второй логический элемент ИЛИ. При отсутствии сигнала аппарат работает в трехтактном режиме, при его появлении – в двухтактном.

В результате проведенных теоретических исследований была предложена гипотеза о возможности установки логических элементов ИЛИ в любом месте в пределах длины шланга переменного вакуума, соединяющего пульсатор и коллектор доильного аппарата. Для обоснования такого их размещения и необходимо было провести экспериментальные исследования.

Основным условием эффективной работы предлагаемой пневматической схемы управления доильного аппарата является равенство постоянных времени распределительной камеры коллектора с межстенными камерами доильных стаканов и его управляющей камеры $T_1 = T_2$.

Исследовались два варианта пневматической схемы управления доильного аппарата АДД-2/3 с различным расположением логического элемента ИЛИ: а) логический элемент расположен на выходе пульсатора; б) логический элемент расположен на входе управляющей камеры коллектора (рисунок 3.14).

Для определения постоянных времени системы управления необходимо было получить ее переходные характеристики. Для этого в находящуюся в покое систему скачком подавался вакуум, и определялось время, требуемое для достижения им установившегося значения.

Вакуум нажатием пневмокнопки (единичное воздействие) подавался в управляющую камеру пульсатора, из которого он по линии связи через логический элемент ИЛИ поступал в управляющую камеру коллектора, достигая установившегося значения 48 кПа. Величина вакуума в ходе переходного процесса измерялась тензодатчиками. Уровень вакуума в распределительной камере коллектора определялся путем измерения уровня вакуума, поступающего в межстенные камеры доильных стаканов, а уровень вакуума в управляющей камере коллектора – путем непосредственного измерения уровня вакуума в ней. Для определения постоянных времени и времени запаздывания камер коллектора на построенных графиках проводились касательные к переходным характеристикам.

3.6. Методика обработки экспериментальных данных

В данных экспериментальных исследованиях количество опытов в одном эксперименте (объем выборки) не превышало 30, поэтому обработка опытных данных (исследуемых параметров пульсатора) производилась с использованием распределения вероятностей случайной величины Стьюдента [129]. Объем выборки при записи непрерывных процессов, а также необходимое количество циклических процессов (единичных опытов) с записью осциллограмм определялось предварительным расчетом по известной формуле [129, 130]:

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{\delta^2}, \quad (3.1)$$

где t – функция вида

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{z^2}{2}} \cdot dz, \quad (3.2)$$

определяемая по известным таблицам [130], причем $2 \cdot \Phi(t) = \alpha$;

z – нормальная случайная величина;

e – основание натурального логарифма;

σ – среднее квадратическое отклонение;

δ – точность оценки случайной величины;

α – надежность оценки результата.

Была принята надежность оценки $\alpha = 0,95$. По таблицам зависимости $\alpha = 2\Phi(t)$ определили $\Phi(t) = 0,475$, тогда $t = 1,96$ [130].

Для оценки среднего квадратического отклонения при $n < 30$ используется «исправленное» среднее квадратическое отклонение σ_s с отысканием доверительного интервала для σ с заданной надежностью

$$\sigma_s = \pm \sqrt{\frac{\sum a^2}{n-1}}, \quad (3.3)$$

где a – величины отклонений от среднего арифметического значения измеряемой величины a .

Точность оценки случайной измеряемой величины δ определяли с учетом погрешности используемых приборов (1...5% от математического ожидания измеряемой величины a) [131].

Необходимый объем выборки опытов по исследованию параметров управляемых пульсаторов, полученный приведенным выше расчетным путем, представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Расчетный объем выборки в опытах по исследованию управляемых пульсаторов для стойловых доильных автоматов

Исследуемые параметры	α	t	σ_s	δ	n
Частота пульсаций	0,95	1,96	$\pm 1,5$	1	8
Время наполнения и истечения воздуха из управляющей камеры пульсатора (продолжительность тактов и время цикла пульсатора)	0,95	1,96	$\pm 0,82$	0,6	8
Величина вакуума в подсосковой камере доильного стакана	0,95	1,96	$\pm 0,025$	0,02	7
Соотношение тактов пульсатора	0,95	1,96	$\pm 0,045$	0,03	5
Проводимость (расходная характеристика) дросселя пульсатора	0,95	1,96	$\pm 1,5$	1	8

Ошибка выборочной средней арифметической определялась по формуле:

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad \text{или} \quad m = \frac{\sigma}{\sqrt{n \cdot a}} \cdot 100\% \quad (3.4)$$

Для обработки опытных данных использовался персональный компьютер.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВАКУУМНЫХ ПУЛЬСАТОРОВ ДЛЯ СТОЙЛОВЫХ ДОИЛЬНЫХ АВТОМАТОВ И ИХ АНАЛИЗ

4.1. Результаты экспериментальных исследований возможности изменения параметров пульсатора в процессе его работы

Для исследования возможности изменения параметров пульсатора в процессе его работы использована методика С.Я.Горма, заключающаяся в механическом воздействии на мембранно-клапанный блок пульсатора, пропорциональном интенсивности молоковыведения [15, 23, 24]. Для имитации изменения интенсивности молоковыведения и соответствующего воздействия на мембранно-клапанный блок пульсатора использовались грузы различной массы. Воздействие осуществлялось путем закрепления грузов различной массы на мембранно-клапанном блоке серийного пульсатора аппарата АДУ-1, имеющего постоянные параметры при обычном режиме работы. Схема опыта представлена на рисунке 4.1.

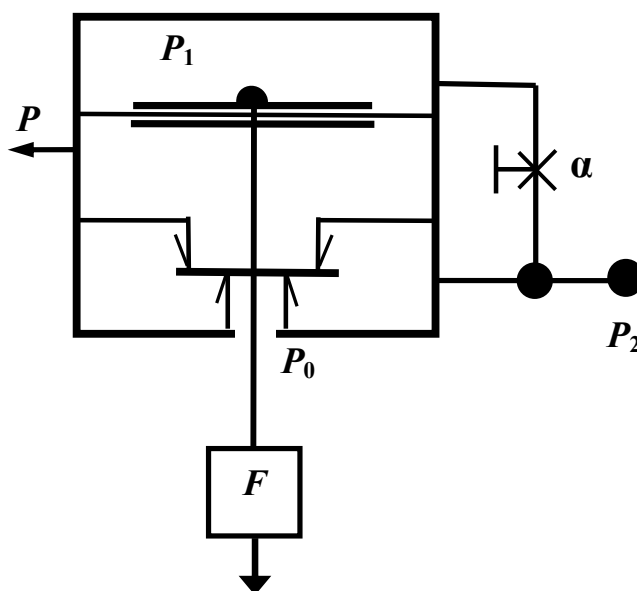


Рисунок 4.1 – Схема опыта по изменению параметров пульсатора
в процессе его работы путем внешнего механического воздействия
(методика С.Я.Горма)

На рисунке 4.2 представлены результаты исследования механического воздействия на процесс работы пульсатора. Результаты экспериментальных иссле-

дований доказывают возможность изменения параметров пульсатора в процессе его работы путем механического воздействия на его мембранно-клапанный блок. Установлено, что при увеличении массы груза, закрепленного на мембранно-клапанном блоке, происходит изменение соотношения тактов ν за счет увеличения длительности такта сосания t_1 в пределах от 0,8:1 до 6:1, и уменьшение частоты пульсаций f от 1,7 до 0,1 Гц.

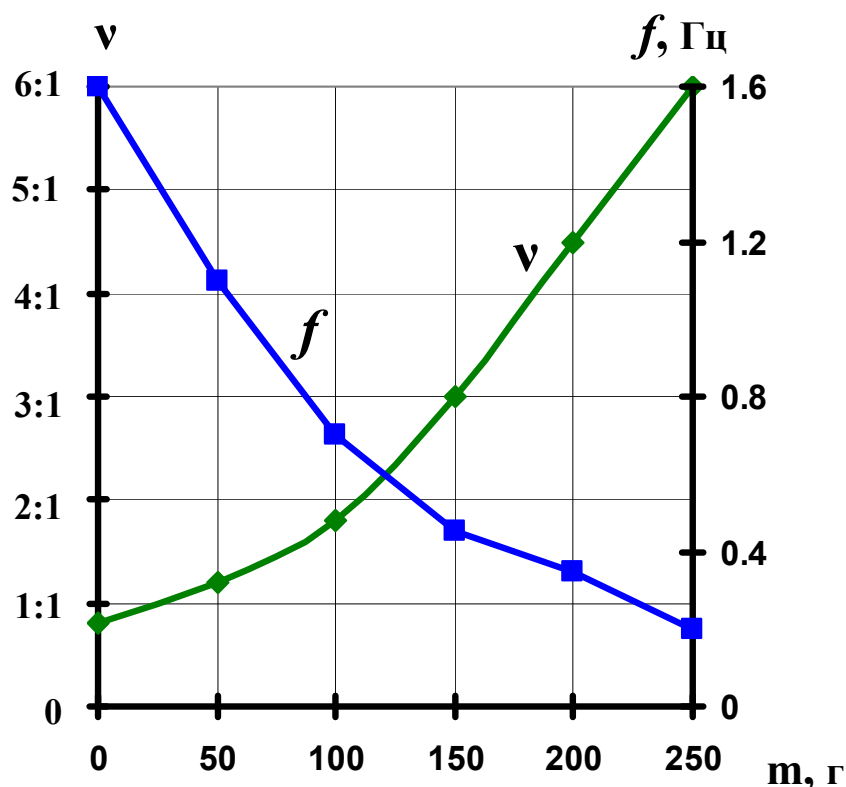


Рисунок 4.2 – Изменение параметров пульсатора

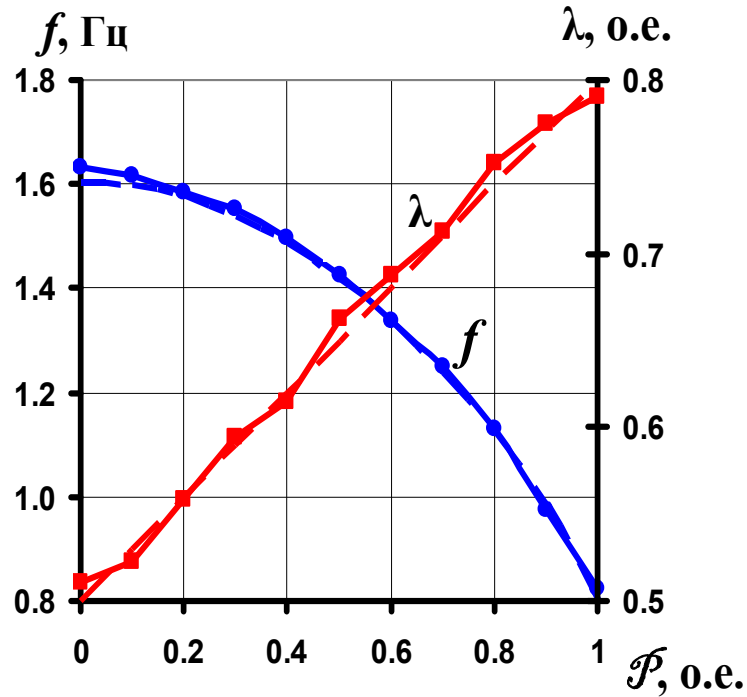
при механическом воздействии на мембранно-клапанный блок

Полученные экспериментальные данные подтверждают возможность изменения параметров пульсатора в процессе его работы в требуемом диапазоне.

4.2. Результаты экспериментальных исследований управляемого пульсатора с камерой подпора, образованной дополнительной мембраной

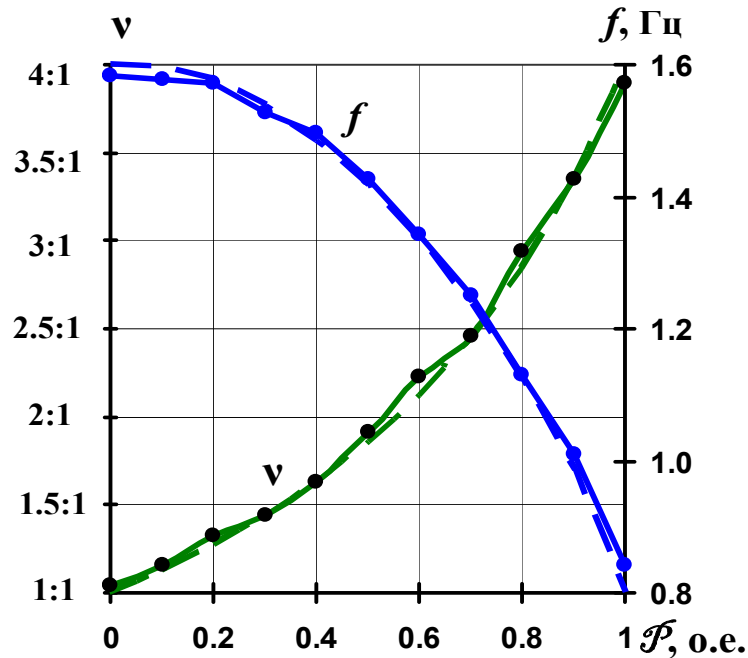
На рисунках 4.3 и 4.4 представлены теоретические и экспериментальные зависимости изменения параметров управляемого пульсатора с камерой подпора, образованной дополнительной мембраной (соотношения тактов ν , фазы сосания λ и частоты пульсаций f), в зависимости от величины аналогового управ-

ляющего сигнала \mathcal{P} , подаваемого в камеру подпора переменного вакуума, при $P_{\text{пит}} = 50$ кПа.



— экспериментальные значения; - - - - - теоретические значения

Рисунок 4.3 – Зависимость фазы сосания и частоты пульсаций от величины аналогового управляющего сигнала



— экспериментальные значения; - - - - - теоретические значения

Рисунок 4.4 – Зависимость соотношения тактов и частоты пульсаций от величины аналогового управляющего сигнала

При этом в конструкции управляемого пульсатора использовалось сле-

дующее соотношение эффективных площадей мембран и клапанов $S_1 = 2,86S_3$, $S_2 = 1,86S_3$, $S_3 = 1$, $S = 0,8S_3$.

Установлено, что при отсутствии управляющего сигнала (вакуума подпора) $\mathcal{P} = 0$ значения параметров соответствуют значениям для обычного неуправляемого пульсатора $v = v_{\min}$, $f = f_{\max}$.

При увеличении значения управляющего сигнала \mathcal{P} происходит снижение частоты пульсаций f и одновременное увеличение соотношения тактов v за счет увеличения продолжительности такта сосания t_1 . При достижении максимального значения управляющего сигнала $\mathcal{P} = 1 = P_{\text{пит}}$ частота пульсаций поддерживается на минимальном $f = f_{\min}$, а соотношение тактов и фаза сосания на максимальном уровне $v = v_{\max}$, $\lambda = \lambda_{\max}$, при котором продолжительность такта сосания максимальна. При снижении уровня управляющего сигнала, соответствующего молокоотдаче, происходит обратный процесс. При этом каждому значению управляющего сигнала соответствует свое значение частоты пульсаций и соотношения тактов (фазы сосания). Таким образом в процессе работы управляемого пульсатора данной конструкции соотношение тактов изменяется от 1:1 до 4:1, фаза сосания от 0,5 до 0,8, частота пульсаций от 1,6 до 0,8 Гц.

В ходе экспериментальных исследований установлено, что величина фазы сосания прямо пропорциональна величине аналогового управляющего сигнала, а зависимости частоты пульсаций и соотношения тактов от этого сигнала представляют собой параболу.

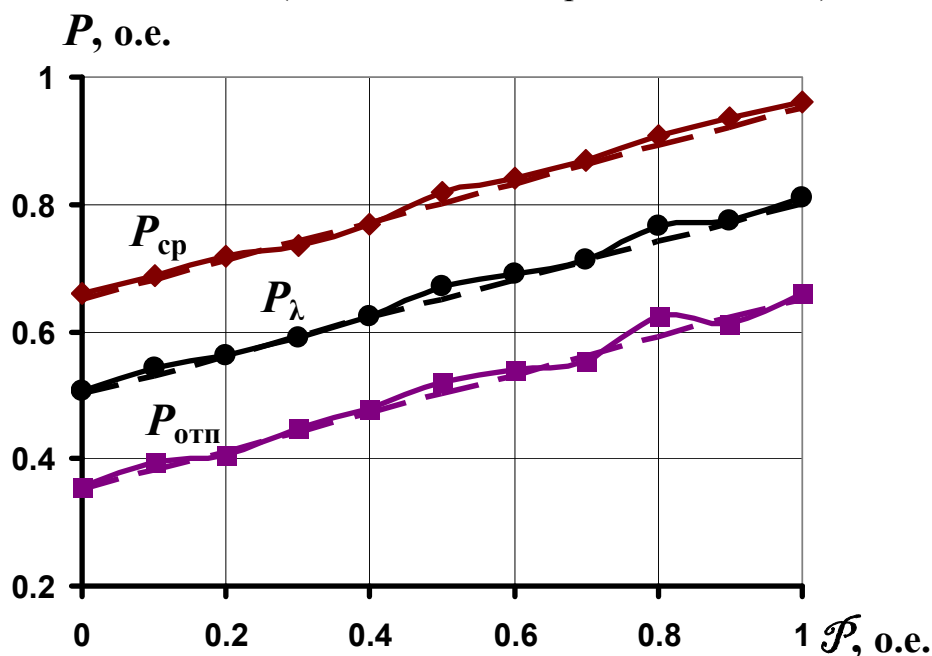
На рисунке 4.5 приведены теоретические и экспериментальные зависимости вакуума срабатывания и отпускания, средней действующей величины вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов в трёхтактном режиме, средней действующей величины вакуума в управляющей камере пульсатора и фазы сосания от величины аналогового управляющего сигнала. Значения всех параметров приведены в относительных единицах (о.е.).

Установлено, что величины вакуума срабатывания и отпускания, средняя действующая величина вакуума в управляющей камере пульсатора изменяются прямо пропорционально величине аналогового управляющего сигнала. При

этом перепад вакуума в управляющей камере всегда остается постоянной величиной $\Delta P = P_{\text{ср}} - P_{\text{отп}} = \text{const}$. Значения средней действующей величины вакуума в управляющей камере в о.е. совпадают со значениями величины фазы сосания,

т.е. практически подтверждается теоретическая зависимость $\lambda = P_{\lambda} = \frac{P_{\text{ср}} + P_{\text{отп}}}{2}$

(2.34). Аналогичная зависимость существует и для средней действующей величины вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов в трехтактном режиме. Также установлено, что при работе доильного аппарата в трехтактном режиме при изменении управляющего сигнала от $\mathcal{P} = 0$ до $\mathcal{P} = P_{\text{пит}}$ средняя действующая величина вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов плавно изменяется от 0,5 до 0,8 о.е. (от 25 до 40 кПа при $P_{\text{пит}} = 50$ кПа).



— экспериментальные значения; - - - - - теоретические значения

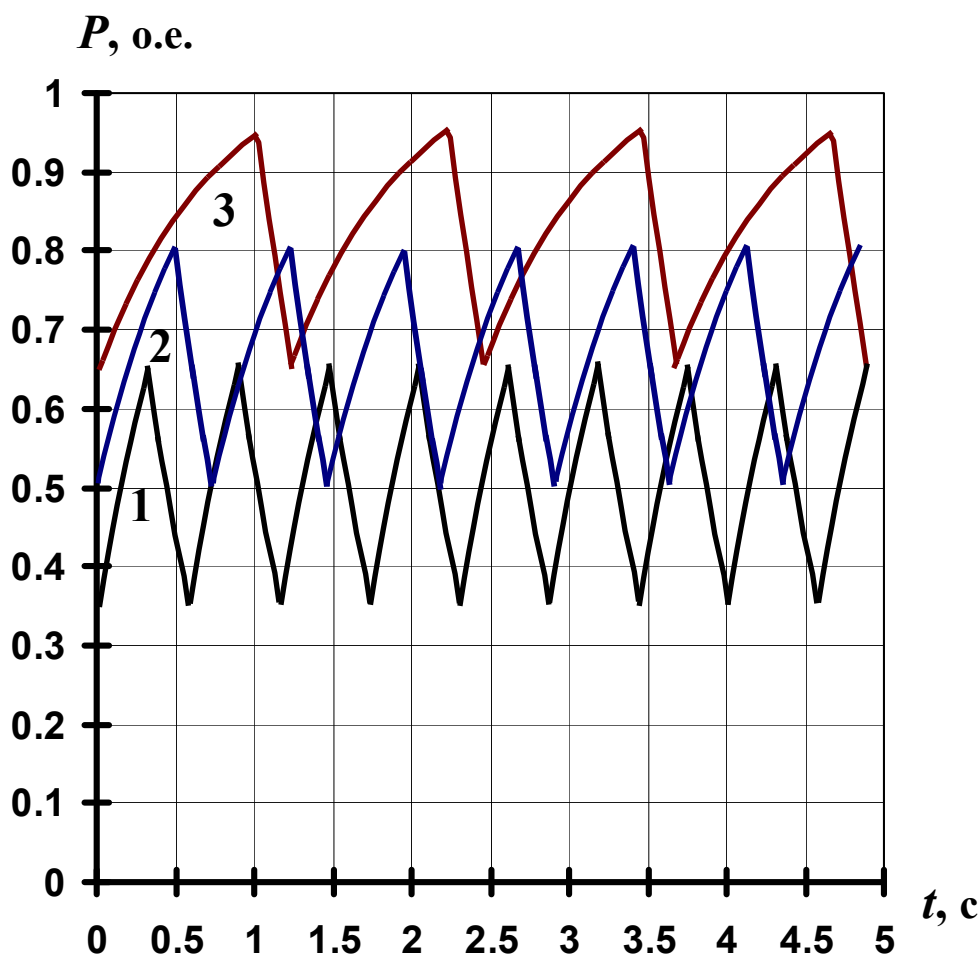
Рисунок 4.5 – Зависимость вакуума срабатывания и отпускания, средней действующей величины вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов в трёхтактном режиме, средней действующей величины вакуума в управляющей камере пульсатора от величины аналогового управляющего сигнала

Анализ результатов экспериментальных исследований показывает, что расхождения между экспериментальными и теоретическими значениями величин не превышают 3%, т.е. находятся в пределах ошибок измерительных при-

боров что указывает на правильность ранее полученных теоретических зависимостей.

4.3. Результаты экспериментальных исследований управляемого пульсатора при различных режимах работы доильного аппарата

На рисунке 4.6 представлены графики изменения во времени уровня вакуума в управляющей камере управляемого пульсатора при различных значениях аналогового управляющего сигнала, наглядно демонстрирующие изменение соотношения тактов и частоты пульсаций, продолжительности рабочего цикла, величин вакуума срабатывания и отпускания под его действием.



Изменение уровня вакуума в управляющей камере: 1 – при $\mathcal{P} = 0$, $\nu = 1:1$;
2 – при $\mathcal{P} = 0,5$, $\nu = 1,9:1$; 3 – при $\mathcal{P} = 1$, $\nu = 4:1$

Рисунок 4.6 – Графики изменения уровня вакуума в управляющей камере пульсатора при различных значениях аналогового управляющего сигнала

Приведенные графики практически подтверждают управляемый режим работы пульсатора, изменяющего рабочие параметры в зависимости от уровня управляющего сигнала.

Изменение рабочих параметров управляемого пульсатора при различных уровнях управляющего сигнала \mathcal{P} (рисунок 4.6) происходит в соответствии с математической моделью (2.44). При этом при $\mathcal{P} = 0$ параметры принимают значения, соответствующие параметрам неуправляемого пульсатора, а при $\mathcal{P} = 1$ соотношение тактов и фаза сосания максимальны.

На рисунке 4.7 наглядно показан процесс изменения параметров управляемого пульсатора при скачкообразном изменении уровня аналогового управляющего сигнала на конкретном примере изменения с $\mathcal{P} = 0,3$ о.е. до $\mathcal{P} = 0,8$ о.е.

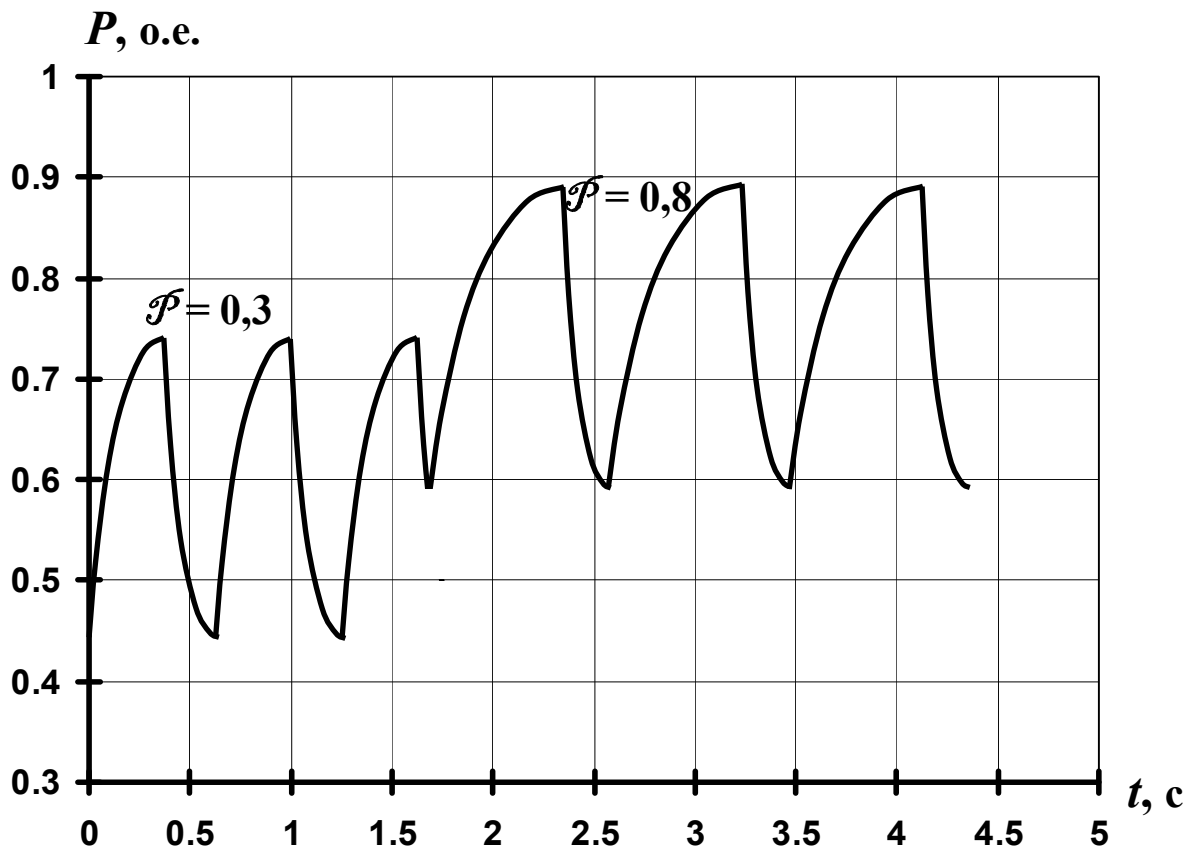
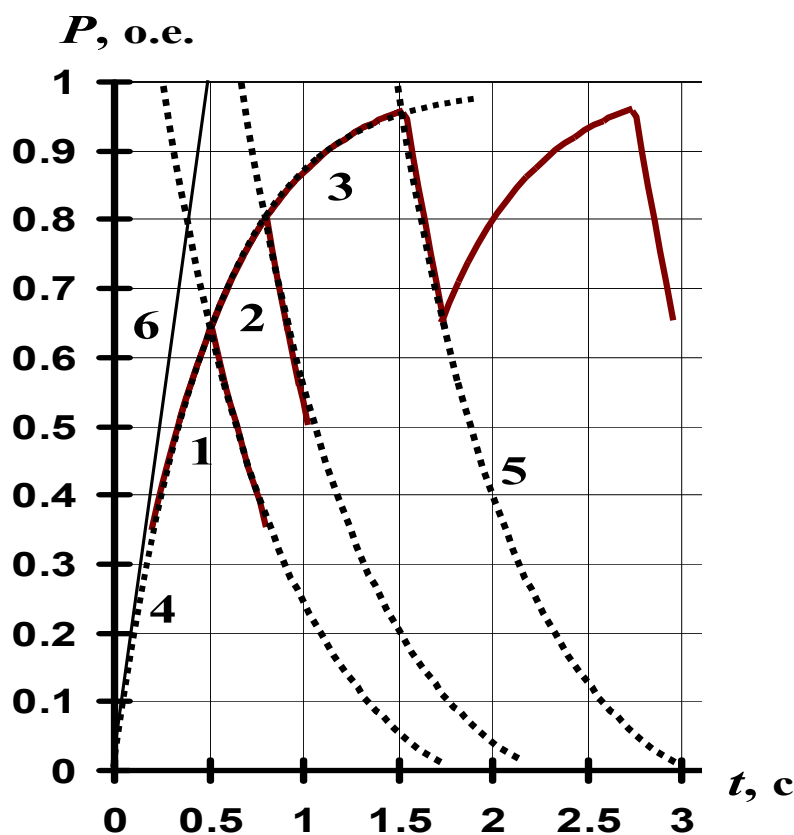


Рисунок 4.7 – Изменение соотношения тактов управляемого пульсатора при скачкообразном изменении аналогового управляющего сигнала

В результате, в полном соответствии с математической моделью управляемого пульсатора (2.44), соотношение тактов ν изменяется с 1,4:1 до 2,85:1, фаза сосания λ с 0,59 до 0,74 о.е., время рабочего цикла $T_{ц}$ с 0,65 с до 0,9 с, уро-

вень вакуума срабатывания $P_{ср}$ с 0,74 о.е. (37 кПа) до 0,89 о.е. (44,5 кПа), уровень вакуума отпускания $P_{отп}$ с 0,44 о.е. (22 кПа) до 0,59 о.е. (29,5 кПа). При этом рабочий перепад вакуума $\Delta P = 0,3$ о.е. = 15 кПа = *const*.

На рисунке 4.8 представлены полученные экспериментальным путем графики изменения уровня вакуума в управляющей камере пульсатора при различных значениях уровня аналогового управляющего сигнала, совмещенные с полученными теоретическим путем переходными характеристиками данной камеры, представляющими собой восходящие и нисходящие экспоненты.



1 – изменение уровня вакуума в управляющей камере при $\mathcal{P} = 0$; 2 – изменение уровня вакуума в управляющей камере при $\mathcal{P} = 0,5$; 3 – изменение уровня вакуума в управляющей камере при $\mathcal{P} = 1$; 4 – восходящая переходная характеристика управляющей камеры; 5 – нисходящая переходная характеристика управляющей камеры; 6 – касательная к восходящей переходной характеристике управляющей камеры

Рисунок 4.8 – Различные положения графиков изменения уровня вакуума в управляющей камере на переходных характеристиках управляемого пульсатора

Полученные графики подтверждают теоретические положения (глава 2) о том, что кривые изменения уровня вакуума в управляющей камере представляют собой участки ее переходных характеристик. Полученные графики подтверждают правильность выдвинутой научной гипотезы, предполагающей, рабочий процесс пульсатора осуществляется не произвольно, а по гистерезисной петле как по алгоритму, включающему конечный набор правил со строго определенными оптимальными параметрами, которыми можно управлять по сигналам датчика интенсивности молоковыведения.

4.4. Результаты экспериментальных исследований зависимости рабочих параметров управляемого пульсатора от его конструктивных параметров

В ходе теоретических исследований были получены математические модели управляемых пульсаторов, из которых следует, что пределы изменения их рабочих параметров зависят от соотношения эффективных площадей элементов их мембранно-клапанных блоков. Была проведена экспериментальная проверка, в ходе которой в управляемый пульсатор с камерой подпора, образованной дополнительной мембраной, устанавливались элементы мембранно-клапанного блока с различной эффективной площадью. Всего было проверено 4 варианта соотношений площадей элементов управляемого пульсатора (таблица 4.1). При этом за единицу была принята площадь атмосферного клапана, а величины площадей элементов мембранно-клапанного блока измерялись в относительных единицах.

Таблица 4.1 – Варианты соотношения площадей элементов мембранно-клапанного блока управляемого пульсатора

Вариант	S	S_1	S_2	S_3
I	0,86	2,86	1,86	1
II	0,8	2,6	1,6	1
III	0,83	3	1,7	1
IV	0,85	2,5	1,82	1

Пределы изменения конструктивных параметров пульсатора были ограничены габаритами серийного пульсатора аппарата АДУ-1, на базе которого был изготовлен управляемый пульсатор.

В ходе экспериментальных исследований определялись значения фазы сосания λ и частоты пульсаций f при изменении уровня аналогового сигнала \mathcal{P} от 0 до 1 о.е (рисунок 4.9).

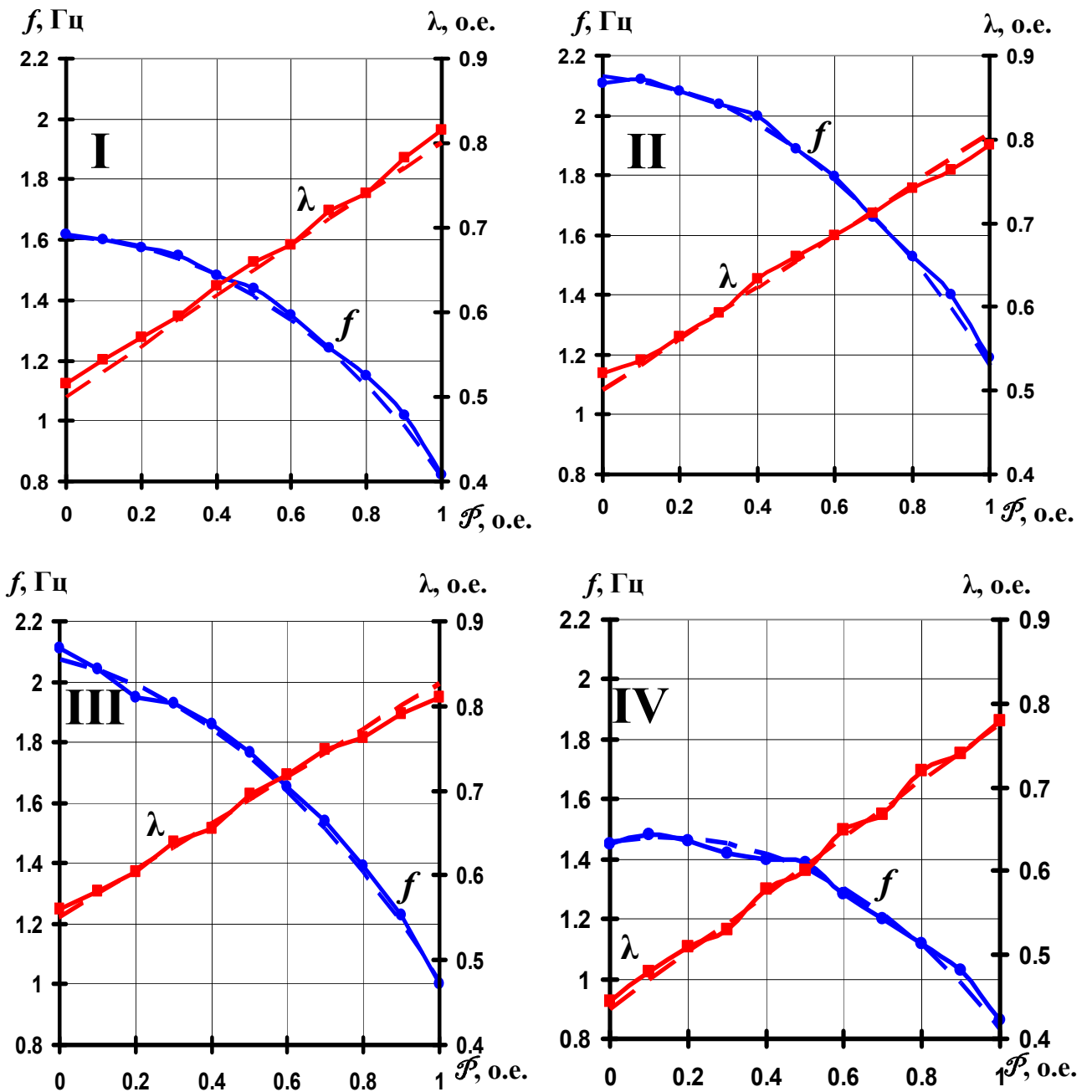


Рисунок 4.9 – Зависимость рабочих параметров управляемого пульсатора от соотношения площадей элементов мембранно-клапанного блока

Полученные во всех вариантах экспериментальные значения рабочих параметров с достаточной точностью совпадают с теоретическими значениями, вычисленными согласно математической модели управляемого пульсатора (2.44). Это подтверждает правильность данной модели и возможность производить расчёт и выбор конструктивных параметров пульсаторов стойловых доильных автоматов, изменяющих рабочие параметры в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения в заданных физиологически обоснованных пределах.

4.5. Результаты предшествующих экспериментальных исследований в аспекте предлагаемой теории вакуумных пульсаторов

Экспериментальное подтверждение разработанных теоретических и методических положений теории вакуумных пульсаторов (глава 2) позволило еще раз проверить и сравнить теоретический расчет с ранее опубликованными результатами экспериментальных исследований по определению параметров пульсатора трехтактного доильного аппарата ДА-3М «Волга», полученными в ВИЭСХ В.Ф.Королевым и изложенными в его классической работе «Доильные машины», (изд. 1969 г., С. 73) [15], представленными на рисунке 4.10 и в таблице 4.2 (вариант 1). Как видно из рисунка 4.10, абсолютные величины параметров легко преобразуются в относительные, что позволяет произвести их расчет графоаналитическим методом на основе теории систем автоматического регулирования.

На рисунке 4.11 представлена схема графоаналитического расчета параметров пульсатора трехтактного доильного аппарата на основе исходных экспериментальных данных ВИЭСХ [15]. Расчет произведен согласно теоретических положений, изложенных в п. 2.2, и методике, изложенной в п. 4.8. Полученные значения параметров представлены в таблице 4.2 (варианты 2.1 и 2.2).

В определенных по данным ВИЭСХ параметрах (вариант 2.1 в таблице 4.2, на рисунке 4.11 гистерезисная петля обозначена сплошной линией) фаза сосания λ и средняя действующая величина вакуума под соском P_c ниже нормы.

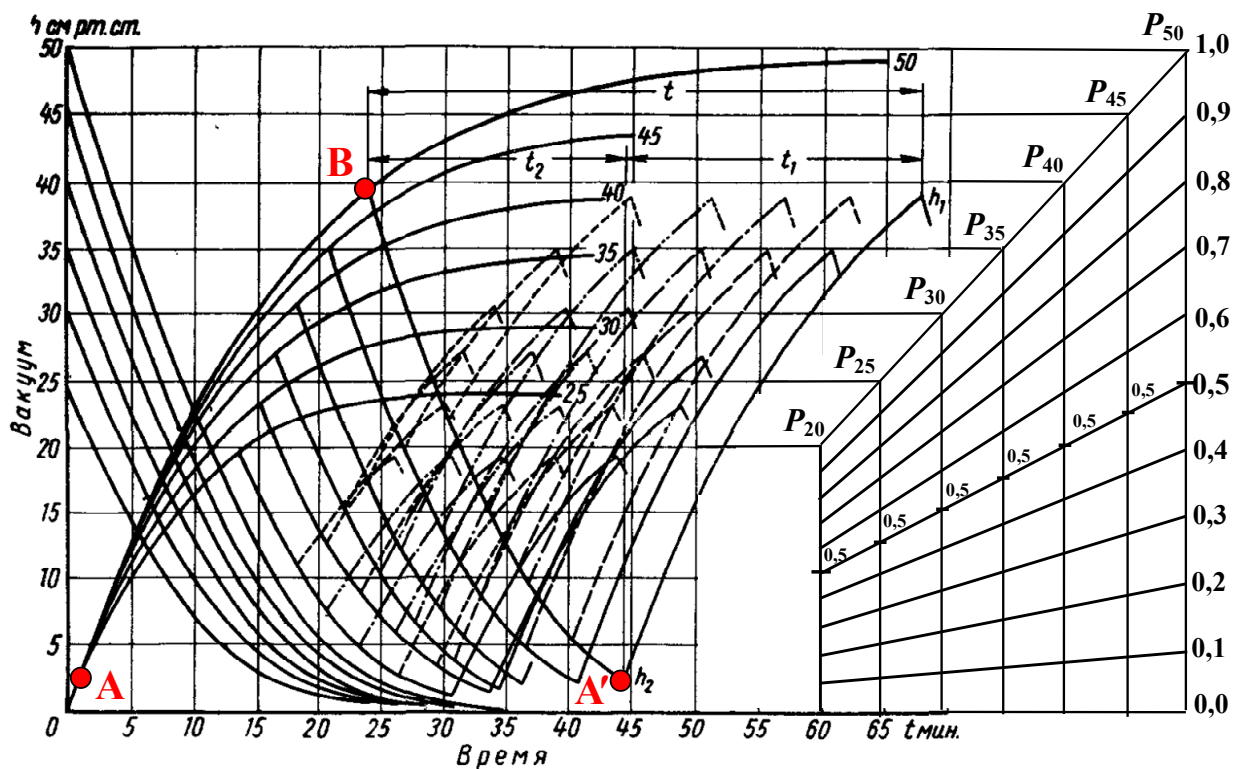
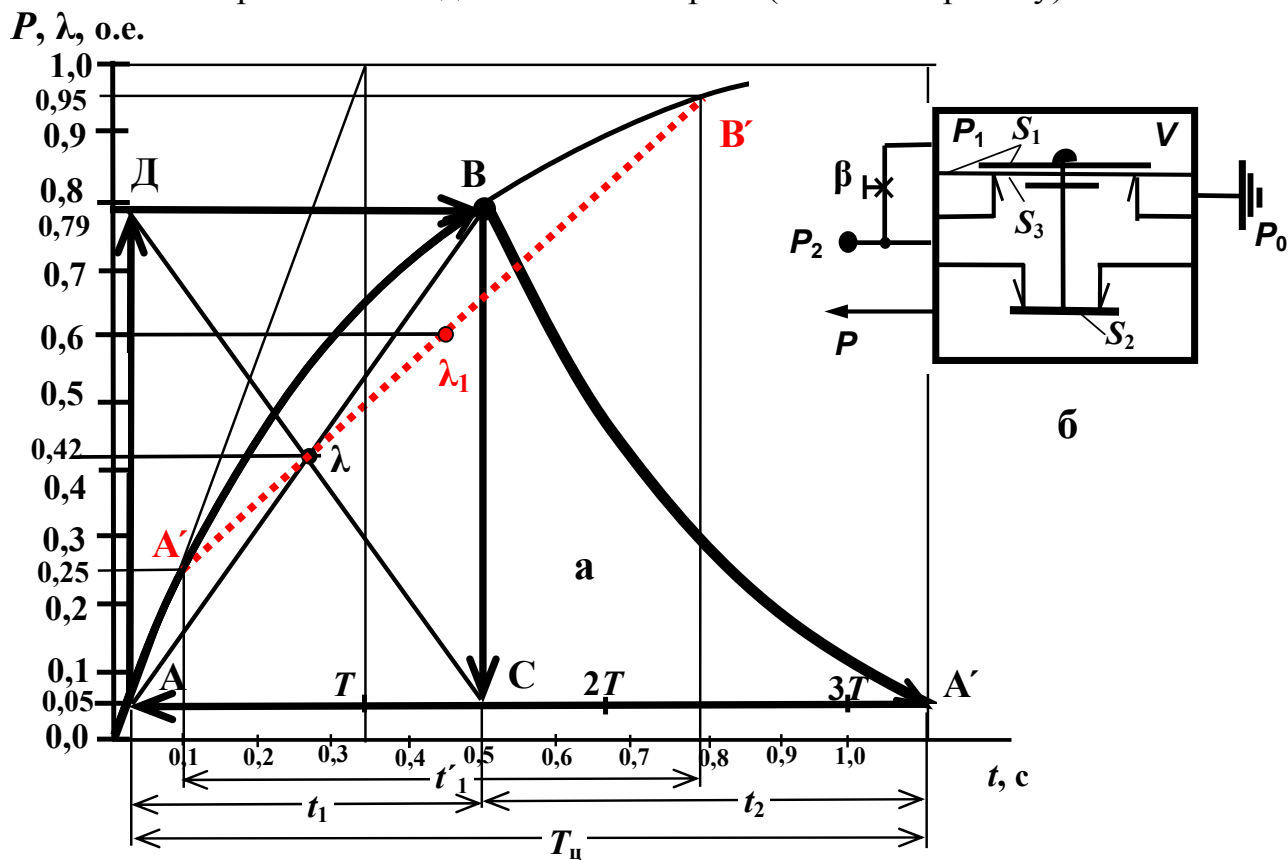


Рисунок 4.10 – Экспериментальное определение параметров пульсатора трехтактного доильного аппарата (по В.Ф.Королеву)



а – расчетная схема; б – схема пульсатора

Рисунок 4.11 – Определение параметров пульсатора трехтактного доильного аппарата по предлагаемым теории и методике

Поэтому в варианте 2.2 (на рисунке 4.11 хорда гистерезисной петли обозначена пунктиром) они скорректированы и доведены до нормальных значений, как в серийных доильных аппаратах «Волга».

Таблица 4.2 – Результаты определения параметров пульсатора трехтактного доильного аппарата по предлагаемым теории и методике

Параметры	Варианты		
	1. Экспериментальные данные ВИЭСХ	2.1. Значения параметров по исходным данным ВИЭСХ	2.2. Рациональные значения параметров
P	50 см. рт. ст.	1,0	1,0
$P_{\text{ср}}$	39 см. рт. ст.	0,79	0,95
$P_{\text{отп}}$	2,5 см. рт. ст.	0,05	0,25
P_c	–	0,42	0,6
P_λ	–	0,42	0,6
ΔP	–	0,74	0,7
t_1	24	0,44с	0,67с
t_2	21	0,64с	0,43с
$T_{\text{ц}}(t)$	45	1,08с	1,1с
f	?	0,9 Гц	0,9 Гц
λ	–	0,42	0,6
ν	1,2:1	0,7:1	1,6:1
S_1	–	1,0	1,0
S_2	–	0,79	0,95
S_3	–	0,05	0,25
$D_{\text{м}}$	45 мм (Задано)	45 мм (Задано)	45 мм (Задано)

Таким образом, предложенные положения теории вакуумных пульсаторов как пневматических элементов релейного типа подтверждаются и ранее опубликованными другими авторами результатами экспериментальных исследований.

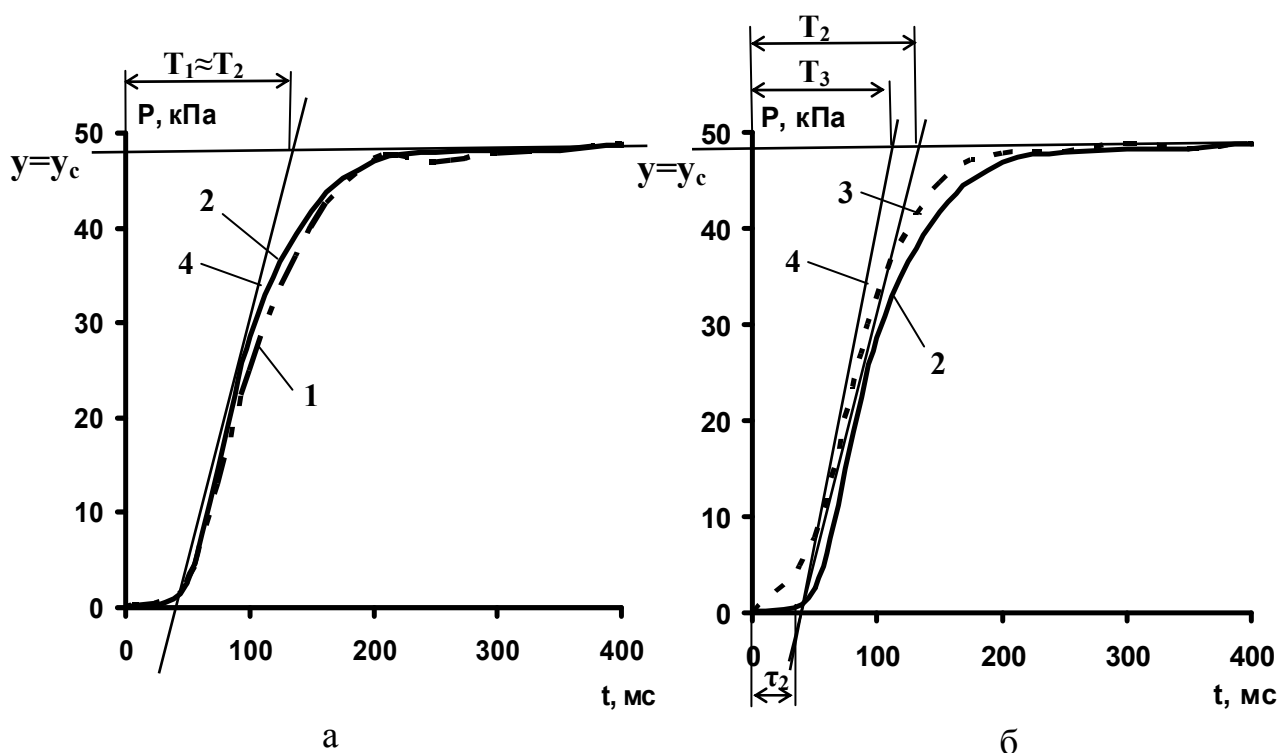
4.6. Результаты экспериментальных исследований влияния размещения логических элементов в схеме управления на работу управляемого доильного аппарата

Полученные в результате обработки экспериментальных данных переходные характеристики системы управления доильного аппарата АДД-2/3 представлены на рисунке 4.12.

Из анализа переходных характеристик распределительной и управляющей камер коллектора следует, что они представляют собой апериодическое (инерционное) звено первого порядка.

При расположении логического элемента ИЛИ на выходе пульсатора переходные характеристики исследуемых камер практически идентичны, запаздывания по фазе и рассогласования действия переменного вакуума в управляющей и распределительной камерах коллектора аппарата АДД-2/3 не происходит (рисунок 4.12а), что обеспечивает эффективную работу пневматической схемы управления доильного аппарата, причем это происходит независимо от места расположения логического элемента ИЛИ. Таким образом, выполняется условие эффективной работы пневматической схемы управления доильного аппарата – равенство постоянных времени распределительной и управляющей камер коллектора $T_1 = T_2 = 0,13$ с, определяемых как проекции касательной к переходной функции на линию установившегося значения $y = y_c$, а проводимость линии питания управляющей камеры коллектора удовлетворяет условию выражения (2.50).

При сравнении переходных характеристик управляющей камеры коллектора было установлено, что время запаздывания τ изменяется от 0 при расположении элемента ИЛИ непосредственно у коллектора до 0,03 с при расположении логического элемента на выходе пульсатора, т.е. при максимальном удалении его от коллектора, а постоянная времени T соответственно увеличивается с 0,1 ($T_3 = 0,1$ с) до 0,13 с (рисунок 4.12б). Такое небольшое изменение постоянной времени управляющей камеры коллектора не оказывает влияния на работу доильного аппарата.

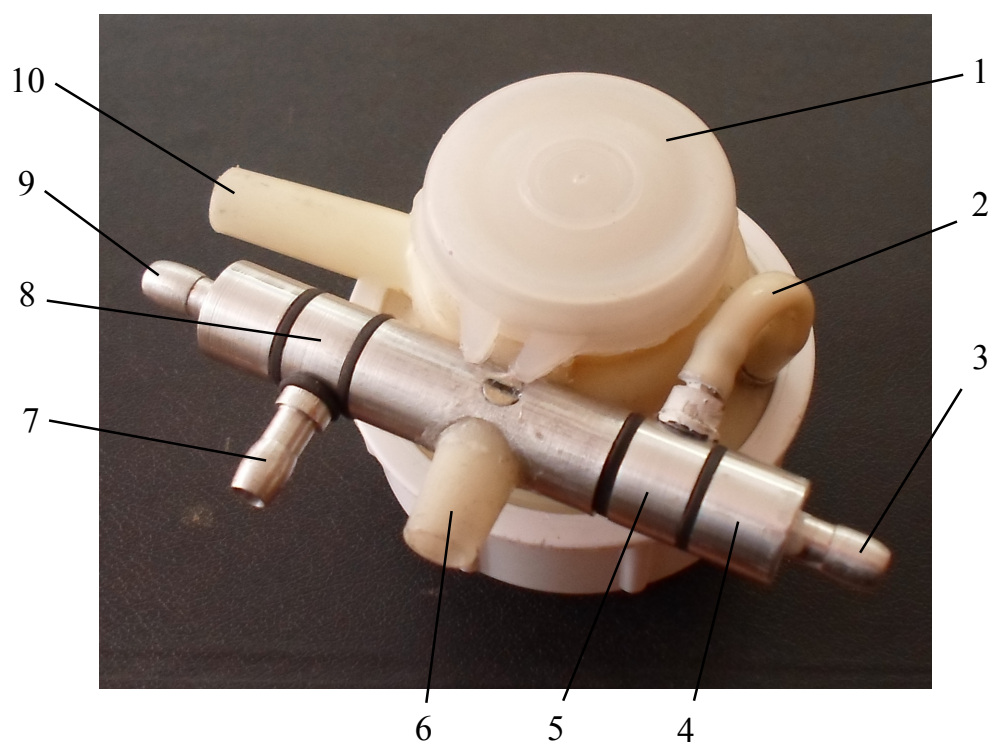


а – переходные характеристики управляющей и распределительной камер коллектора при расположении логического элемента ИЛИ на выходе пульсатора; б – переходные характеристики управляющей камеры коллектора при различном расположении логического элемента ИЛИ; 1 – переходная характеристика распределительной камеры коллектора при расположении логического элемента ИЛИ на выходе пульсатора; 2 – переходная характеристика управляющей камеры коллектора при расположении логического элемента ИЛИ на выходе пульсатора; 3 – переходная характеристика управляющей камеры коллектора при расположении логического элемента ИЛИ на входе коллектора; 4 – касательная к переходной функции

Рисунок 4.12 – Переходные характеристики системы управления доильного аппарата АДД-2/3

На основе проведенных исследований под руководством д.т.н. И.К.Винникова была усовершенствована конструкция доильного аппарата, а именно, был разработан блок логических элементов ИЛИ (дизъюнкция), объединяющий два таких элемента в одном корпусе, который можно устанавливать в разрезе шланга переменного вакуума в любом удобном месте между коллектором и пульсатором или непосредственно в пульсаторе (рисунок 4.13), что существенно уп-

росло конструктивно-технологическую схему и обслуживание аппарата и повысило надежность его работы в производственных условиях. Объединение логических элементов доильного аппарата в отдельный блок (управляющее устройство УУ) существенно расширяет возможности комплексной модернизации доения на базе различных серийных аппаратов отечественного и зарубежного производства путем незначительной доработки их пульсаторов и коллекторов за небольшим исключением (аппараты попарного доения и пульсаторы типа «гидропульс») [128].



1 – корпус пульсатора ДД 4-1; 2 – обратная отрицательная связь элемента ИЛИ с управляющей камерой пульсатора; 3, 9 – входы управляющих сигналов датчика интенсивности молочного потока; 4 – блок логических элементов; 5, 8 – логические элементы ИЛИ; 6 – штуцер переменного вакуума; 7 – штуцер управления работой коллектора; 10 – штуцер постоянного вакуума

Рисунок 4.13 – Пульсатор ДД4-1 с устройством управления работой доильного аппарата АДД-2/3

4.7. Результаты экспериментальных исследований по определению рекомендуемых параметров управляемых доильных аппаратов

В результате проведенных экспериментальных исследований и производственной проверки (глава 5) установлено, что управляемые пульсаторы могут в процессе доения по сигналам датчика молоковыведения изменять параметры в значительном диапазоне (таблица 4.3), (на рисунке 4.14 обозначены пунктиром). Однако, эти значения параметров не соответствуют физиологическим требованиям и не обеспечивают устойчивого режима работы пульсатора и доильного аппарата. Для выполнения физиологических требований и обеспечения устойчивой работы пульсатора рекомендуется соблюдать диапазон изменения параметров, представленный в таблице 4.3 и на рисунке 4.14 (обозначены сплошной линией).

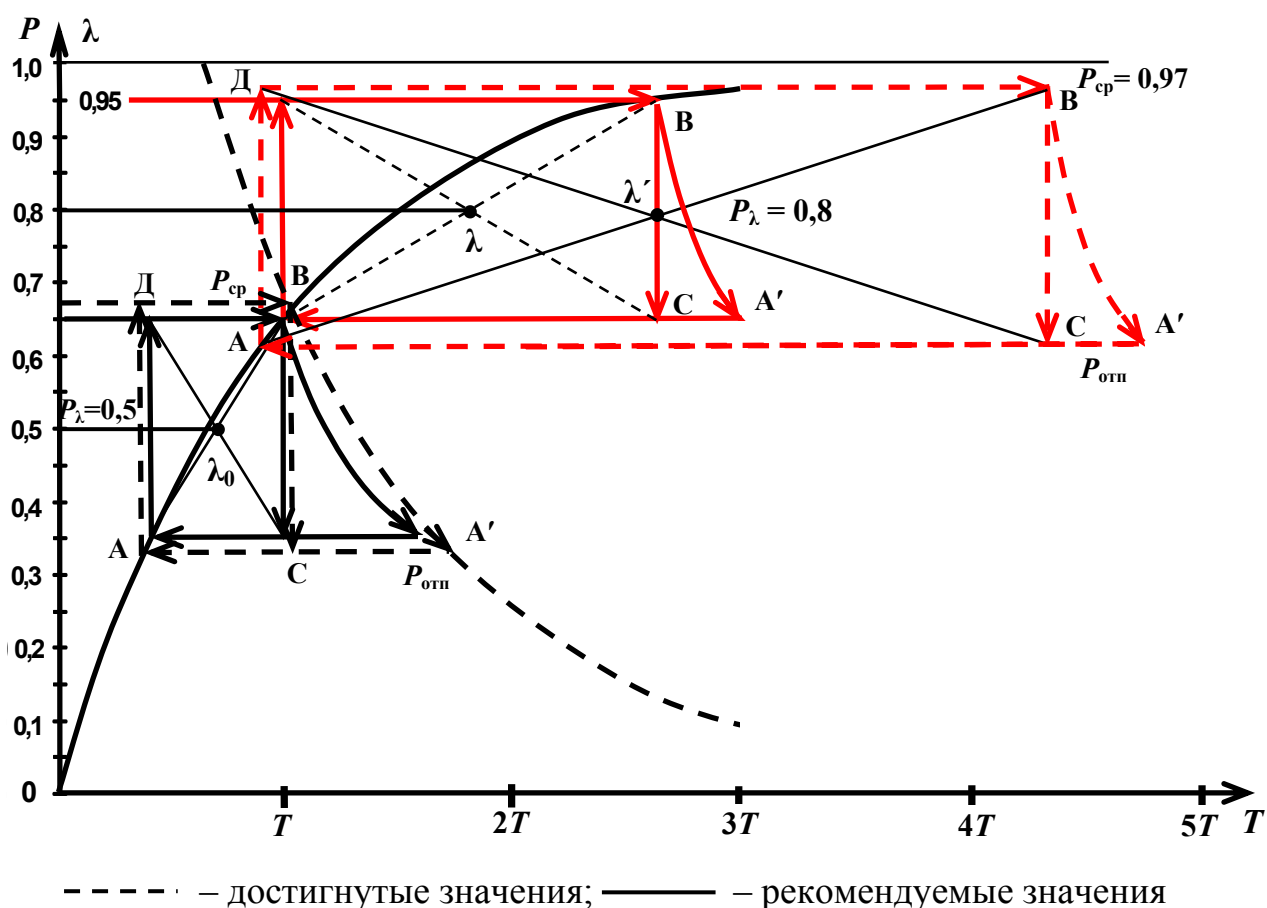


Рисунок 4.14 – Характеристики управляемых пульсаторов
(достигнутые и рекомендуемые)

Таблица 4.3 – Параметры управляемых пульсаторов

Наименование	Величина			
	Физиологически обоснованная	Существующая	Достигнутая	Рекомендуемая
1. Соотношение тактов, о.е.	от 1:1 до 4:1	2,3:1	от 1:1 до 8:1 неустойчиво	от 1:1 до 4:1 устойчиво
2. Частота пульсаций, Гц	2,2 – 0,8	1; 1,2 фиксировано	2,2 – 0,8 неустойчиво	2,2 – 1,2 устойчиво
3. Глубина вакуума под соском, кПа	$0,5P_{\text{пит}} - P_{\text{пит}}$	53 и 48 фиксировано	$0,5P_{\text{пит}} - 0,8P_{\text{пит}}$ и далее скачком до $P_{\text{пит}}$	$0,5P_{\text{пит}} - 0,8P_{\text{пит}}$ и далее скачком до $P_{\text{пит}}$

4.8. Методика инженерного расчета и выбора параметров вакуумных пульсаторов для стойловых доильных автоматов

Основными рабочими параметрами пульсаторов являются: частота пульсаций f , соотношение тактов, фаза сосания $\lambda = t_1/T_{\text{ц}}$, время сосания t_1 и сжатия соска t_2 , время цикла $T_{\text{с}}$, постоянная времени управляющей камеры T , рабочий вакуум P , вакуум срабатывания $P_{\text{ср}}$ и отпускания $P_{\text{отп}}$, аналоговый управляющий сигнал \mathcal{P} .

Задача состоит в том, чтобы на основе методики инженерного расчета параметров вакуумных пульсаторов показать реальную возможность создания управляемых в процессе доения аппаратов с изменяющимися в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения параметрами, обеспечивающими достижение общей цели.

В качестве примера рассмотрим схему вакуумного управляемого пульсатора с дополнительной мембраной и внешней камерой управляемого подпора (рисунок 4.15Б).

Инженерный расчёт и выбор параметров предлагаемого пульсатора производится на основе разработанного графоаналитического метода исследований

динамических систем по безразмерным обобщенным параметрам в относительных единицах с использованием его математической модели.

Математическая модель пульсатора, выполненного по схеме рисунка 4.15Б, имеет вид

$$\left. \begin{aligned} P_{cp} &= \left(1 - \frac{S_3}{S_1}\right) \\ P_{отп} &= \left(1 - \frac{S_2}{S_1}\right) \\ \lambda = P_\lambda &= \left(1 - \frac{S_2 + S_3}{2S_1}\right) \end{aligned} \right\} \times P + \mathcal{P} \times \frac{S}{S_1} \quad (4.1)$$

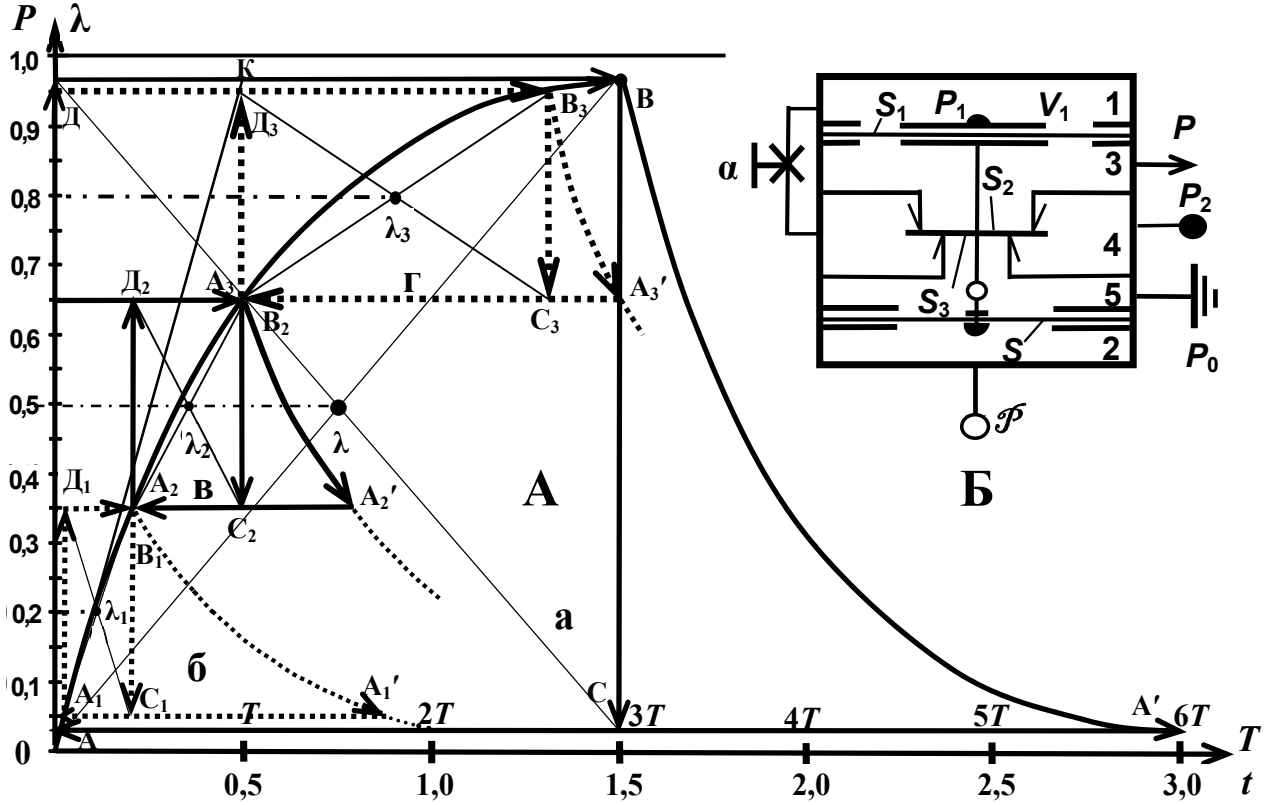
при $S_3 = 1$ и соблюдении условия:

$$S_1 > S_2 > S_3 > S \quad (4.2)$$

Из математической модели (4.1) и условия (4.2) следует, что все члены правых частей ее уравнений, за исключением аналогового управляющего сигнала \mathcal{P} , есть величины постоянные, а поэтому все параметры и положения в координатном поле гистерезисных характеристик пульсатора, являющихся алгоритмами его функционирования, зависят только от величины управляющего сигнала \mathcal{P} .

При $\mathcal{P} = 0$ гистерезисная петля в координатном поле занимает самое нижнее положение, и параметры пульсатора при этом соответствуют параметрам неуправляемого пульсатора, а при увеличении управляющего сигнала \mathcal{P} параметры P_{cp} , $P_{отп}$ и λ , увеличиваясь всегда на одну и ту же величину, по оси ординат остаются постоянными («несжимаемыми») с базой $\Delta P = P_{cp} - P_{отп} = const$. При максимальном значении $\mathcal{P} \rightarrow 1$ гистерезисная петля стремится занять самое верхнее положение, но, в соответствии с условиями, в правой части всех уравнений от 1 всегда отнимаются величины большие, чем прибавляются, и поэтому P_{cp} и, тем более, $P_{отп}$ и λ меньше единицы, а быстрое увеличение фазы сосания λ вверху объясняется более резким изменением длины и направления

хорды-диагонали от вертикального к горизонтальному положению, где она быстрее приближается к горизонтали на более искривленной верхней части экспоненты, и гистерезисная петля при этом быстро расширяется во времени при постоянной базе $\Delta P = P_{\text{ср}} - P_{\text{отп}} = \text{const}$.



1 – основная управляющая камера; 2 – камера управляемого подпора; 3 – камера постоянного вакуума; 4 – камера переменного вакуума; 5 – камера атмосферного давления; P_0 – атмосферное давление; P – величина вакуума в системе питания; P_1 – величина вакуума в управляющей камере; P_2 – переменный выходной вакуум; \mathcal{P} – величина вакуума в камере управляемого подпора; V_1 – емкость управляющей камеры; α – проводимость дросселя; S – эффективная площадь мембраны камеры подпора; S_1 – эффективная площадь мембраны управляющей камеры; S_2 – площадь вакуумного клапана; S_3 – площадь атмосферного клапана.

Рисунок 4.15 – Различные положения на экспоненте $0B_1B_2B_3K_2$ гистерезисных характеристик А ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$) управляемого пульсатора Б

Переходный процесс формирования экспоненты считается практически завершенным через промежуток времени $t_{\text{п}} = 3T$, когда по ординате она достигает

значения $0,97P$, в дальнейшем к 1 она приближается асимптотически, т.е. в бесконечности, практически по горизонтали, на которой зафиксировать во времени завершение любого события, например, $P_{\text{ср}}$, становится уже невозможным.

Графический метод определения параметров пульсатора представлен на рисунке 4.15А. Основным параметром пульсатора является фаза сосания $\lambda = t_1/T_{\text{ц}}$, чем она больше, тем продолжительнее такт сосания, тем выше пропускная способность доильного аппарата, а в трехтактном режиме – тем выше средняя действующая величина вакуума под соском $P_c = \lambda \cdot P$. По результатам исследований ученых-физиологов максимальное соотношение тактов в доильных аппаратах может быть равным 4:1, т.е. $\lambda = 0,8$. На графике (рисунок 4.15А) это точка λ_3 гистерезисной петли Γ (выделена точечным пунктиром).

Пульсатор, как любое релейное устройство, работает тем устойчивее, чем больший рабочий перепад вакуума действует в его управляющей камере $\Delta P = P_{\text{ср}} - P_{\text{отп}}$, но в соответствии с изложенным выше, максимальная величина срабатывания реле $P_{\text{ср}}$ на экспоненте в реальности не может быть больше $0,97P$. К тому же, учитывая значительные допустимые колебания вакуума в системах питания доильных установок ($\pm 5\%$), практически максимально допустимое значение $P_{\text{ср}} \leq 0,95P$. В связи с тем, что точка λ_3 является центром гистерезисной петли, величина вакуума отпуска $P_{\text{отп}}$ должна отстоять от ее центра на таком же расстоянии $\Delta P/2$, как $P_{\text{ср}}$, но отсчитываемое в противоположную сторону – не вверх, а вниз, т.е. для данного положения центра λ_3 должно быть $P_{\text{отп}} = 0,65$. Таким образом, перепад вакуума $\Delta P = P_{\text{ср}} - P_{\text{отп}} = 0,3$ является величиной постоянной для данного пульсатора, в какой бы точке координатной плоскости центр λ гистерезисной петли не находился. Например, если центр λ_2 находится на средней линии координатной плоскости, пересекающей ось ординат (P, λ) в точке 0,50, фаза сосания при этом будет $\lambda = 0,50$ или 1:1 – это нижнее значение соотношения тактов, которое желали бы иметь в пульсаторах физиологи, $P_{\text{ср}} = 0,65$, а $P_{\text{отп}} = 0,35$. Но это не предел. Предельным будет нижнее положение гистерезисной петли с центром λ_1 , которому соответствует значение $\lambda = 0,20$. Соотношение тактов при этом будет 1:4, $P_{\text{ср}} = 0,35$, $P_{\text{отп}} = 0,05$. Средняя

действующая величина вакуума в управляющей камере во всех случаях соответствует положениям центров для λ_1 : $P_{\lambda_1} = 0,2P$, для λ_2 : $P_{\lambda_2} = 0,5P$ и для λ_3 : $P_{\lambda_3} = 0,8P$.

При работе в трехтактном режиме средняя действующая величина вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов определяется по формуле $P_c = \lambda \cdot P$ и будет, соответственно, равна для λ_1 : $P_{c1} = 0,2P$, для λ_2 : $P_{c2} = 0,5P$ и для λ_3 : $P_{c3} = 0,8P$. При дальнейшем увеличении интенсивности молоковыведения аппарат скачком переключается с трехтактного на двухтактный режим с повышением величины вакуума под соском до максимального значения, соответствующего уровню вакуума в системе питания доильной установки.

Частоту работы пульсатора можно определить по графику рисунка 4.15А, если постоянную времени по оси абсцисс выразить в масштабе текущего времени, например, $T = 0,5$ с. При этом по графику самая высокая частота пульсаций $f = 1,6$ Гц будет в гистерезисной петле с центром $\lambda_2 = 0,50$, а в петле с центром $\lambda_3 = 0,80$ она будет равна $f = 0,8$ Гц.

Анализируя график (рисунок 4.15А), видим, что при $\lambda < 0,5$ не обеспечиваются оптимальные физиологически обоснованные значения параметров пульсатора. Оптимальным значениям этих параметров соответствует участок переходной характеристики, соответствующий значениям $\lambda = 0,5 \dots 0,8$.

Исходя из пожеланий физиологов и изложенного выше, в наших теоретических исследованиях принимаем при $\mathcal{F} = 1$: $\lambda_{\max} = 0,8$ (4:1), $P_{cp \max} = 0,95P$, $P_{отп \max} = 0,65P$; при $\mathcal{F} = 0$: $\lambda_{\min} = 0,5$ (1:1), $P_{cp \min} = 0,65P$, $P_{отп \min} = 0,35P$.

Рабочие параметры пульсаторов определяются также с использованием аналитического метода.

Время рабочего цикла определяется по известным формулам

$$T_{\text{ц}} = \frac{1}{f}, \text{ или } T_{\text{ц}} = t_1 + t_2, \text{ с.} \quad (4.3)$$

Время такта сосания t_1 определяется из гистерезисной петли

$$t_1 = T \cdot \ln \frac{1 - P_{отп}}{1 - P_{cp}}, \text{ с.} \quad (4.4)$$

Время такта сжатия t_2 определяется из выражений

$$t_2 = t_1 \left(\frac{1}{\lambda} - 1 \right) \text{ или } t_2 = T \cdot \ln \frac{P_{cp}}{P_{omn}}, \text{ с.} \quad (4.5)$$

Время цикла работы пульсатора $T_{ц}$ можно определить также по формулам

$$T_{ц} = \frac{t_1}{\lambda}, \quad T_{ц} = T \cdot \ln \left(\frac{P_{cp}}{P_{omn}} \cdot \frac{1 - P_{omn}}{1 - P_{cp}} \right), \text{ с.} \quad (4.6)$$

T – постоянная времени управляющей камеры пульсатора

$$T = \frac{V}{R \cdot \Theta \cdot \alpha}, \text{ с,} \quad (4.7)$$

где R – универсальная газовая постоянная, Н·м/(кг·⁰К);

Θ – абсолютная температура, ⁰К;

α – проводимость дросселя пульсатора, м²/с;

V – объем управляющей камеры пульсатора, м³.

Основные конструктивные параметры пульсаторов (эффективные площади мембран и клапанов мембранно-клапанных блоков) определяются согласно математической модели (4.1) и условию (4.2). При этом за условную единицу обобщенных параметров принимаем наиболее определенную площадь клапана атмосферного сопла $S_3 = 1$, которая не может быть меньше сечения выходного штуцера пульсатора и шланга переменного вакуума доильного аппарата ($d_{шт} = 7$ мм).

Для пульсатора с дополнительной мембраной и внешней камерой подпора (рисунок 4.15Б) согласно модели (4.1) при $\mathcal{F} = P = 1$ ее уравнения принимают вид

$$P_{cp} = P \frac{S}{S_1} + P \left(1 - \frac{S_3}{S_1} \right) \quad (4.8)$$

$$P_{omn} = P \frac{S}{S_1} + P \left(1 - \frac{S_2}{S_1} \right), \quad (4.9)$$

где, согласно изложенному выше, $P_{cp} = 0,95P$, $P_{отп} = 0,65P$.

При $\mathcal{P} = 0$ правые части уравнений модели (1) равны нулю, поэтому

$$P_{cp} = P \left(1 - \frac{S_3}{S_1} \right), \quad (4.10)$$

$$P_{отп} = P \left(1 - \frac{S_2}{S_1} \right), \quad (4.11)$$

где, согласно изложенному выше, $P_{cp} = 0,65P$, $P_{отп} = 0,35P$.

Подставляем известные значения в уравнение (4.10) и определяем эффективную площадь мембраны управляющей камеры пульсатора

$$S_1 = 2,86S_3.$$

Подставляем известные и полученное значения в уравнение (4.11) и определяем площадь большого вакуумного клапана по диаметру вакуумного сопла

$$S_2 = 1,86S_3.$$

Подставляем известные и полученное значения в уравнение (4.8) или (4.9) и определяем эффективную площадь мембраны камеры подпора

$$S = 0,86S_3.$$

В соответствии с условиями (4.2) полученные результаты представим в виде

$$(S_1 = 2,86S_3) > (S_2 = 1,86S_3) > (S_3 = 1) > (S = 0,86S_3) \quad (4.12)$$

После этого необходимо определить диаметры заземлений и жесткого центра мембран пульсатора, исходя из того, что для определения их эффективных площадей существуют следующие формулы [111]:

– эффективная площадь мягкой мембраны определяется по формуле

$$S = \frac{\pi D^2}{12}, \quad (4.13)$$

– эффективная площадь мембраны с жестким центром определяется по формуле

$$S_1 = \frac{\pi}{12} (D_1^2 + D_1 d + d^2), \quad (4.14)$$

где D , D_1 – диаметры защемлений мембран, d – диаметр жесткого центра мембраны, см.

В промышленной пневмоавтоматике и в отечественных пульсаторах диаметр жесткого центра d обычно принимается равным $0,7D_1$ [111].

После определения диаметра защемления мембраны управляющей камеры D_1 нужно проверить его соответствие габаритам пульсатора, и, если они позволят, необходимо увеличить его и пропорционально диаметр атмосферного клапана таким образом, чтобы сохранялось соотношение эффективной площади S_1 этой мембраны и площади клапана S_3 . Увеличение диаметра клапана производится путем расширения диффузора.

Зная соотношения эффективных площадей элементов пульсатора, мы можем определить его рабочие параметры (величину вакуума срабатывания $P_{\text{ср}}$ и отпущения $P_{\text{отп}}$, фазу сосания λ , частоту пульсаций f и среднюю действующую величину вакуума под соском P_c при работе в трехтактном режиме) при значениях аналогового управляющего сигнала \mathcal{P} , соответствующего интенсивности молокоотдачи, от $\mathcal{P} = 0$ до $\mathcal{P} = P$. Используя выражения математической модели пульсатора (4.1) и соотношения эффективных площадей элементов мембранно-клапанного блока (4.12), определим значения вакуума срабатывания $P_{\text{ср}}$, отпущения $P_{\text{отп}}$ и фазы сосания λ в относительных единицах. Используя формулы (4.3), (4.4), (4.5), (4.6) и (4.7) определим временные параметры в относительных единицах. Результаты расчета параметров управляемого пульсатора в относительных единицах представлены в таблице 4.4.

Определим конструктивные параметры управляемого пульсатора, выполненного по схеме рисунка 4.15Б на основе серийного пульсатора аппарата АДУ-1, учитывая его габариты. При этом для изменения в процессе доения рабочих параметров в физиологически обоснованных пределах необходимо обеспечить соотношение эффективных площадей мембран и клапанов пульсатора согласно условию (4.12).

Таблица 4.4 – Рабочие параметры управляемого пульсатора

\mathcal{P}	$P_{\text{ср}}$	$P_{\text{отп}}$	λ	f , Гц	P_c
0	0.65	0.35	0.50	1.61	0.50
0.1	0.68	0.38	0.53	1.60	0.53
0.2	0.71	0.41	0.56	1.57	0.56
0.3	0.74	0.44	0.59	1.53	0.59
0.4	0.77	0.47	0.62	1.48	0.62
0.5	0.80	0.50	0.65	1.41	0.65
0.6	0.83	0.53	0.68	1.33	0.68
0.7	0.86	0.56	0.71	1.23	0.71
0.8	0.89	0.59	0.74	1.12	0.74
0.9	0.92	0.62	0.77	0.98	0.77
1	0.95	0.65	0.80	0.81	0.80

Зависимость фазы сосания и частоты пульсаций управляемого пульсатора от величины аналогового управляющего сигнала представлена на рисунке 4.16.

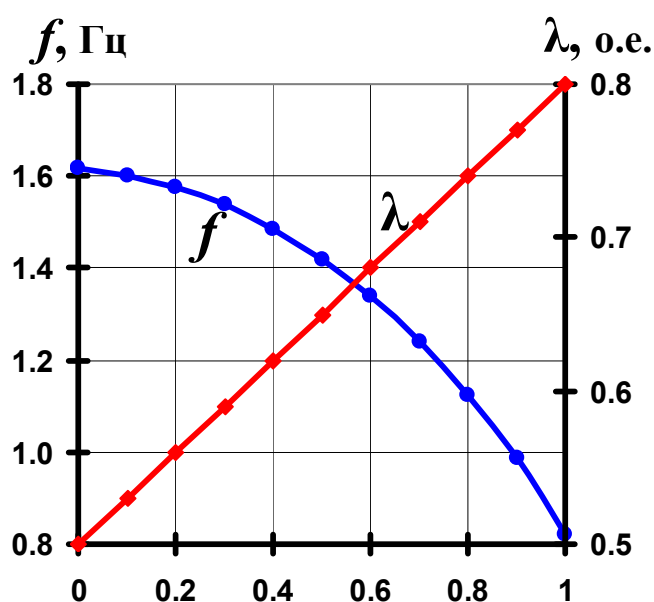


Рисунок 4.16 – Зависимость фазы сосания и частоты пульсаций управляемого пульсатора от величины аналогового управляющего сигнала

Расчёт производим, приняв за единицу минимальный внутренний диаметр диффузора атмосферного сопла серийного пульсатора АДУ-1 $d_3 = 9$ мм.

Тогда площадь атмосферного клапана равна

$$S_3 = \frac{\pi d_3^2}{4} = 0,64 \text{ см}^2.$$

Площади остальных элементов мембранно-клапанного блока определяем из соотношения (4.12), а диаметры из формул (4.13), (4.14) и известной формулы площади круга.

Полученные значения конструктивных параметров значительно меньше аналогичных параметров серийного пульсатора, поэтому необходимо увеличить диаметр атмосферного клапана и пропорционально диаметры остальных элементов таким образом, чтобы сохранялось соотношение эффективной площадей (4.12). Увеличение диаметра атмосферного клапана производится путем расширения диффузора. В данном случае диаметр атмосферного клапана увеличиваем в 2 раза и определяем значения остальных параметров. Результаты расчета конструктивных параметров управляемого пульсатора с внешней камерой управляемого подпора приведены в таблице 4.5.

Полученные во втором варианте расчета конструктивные параметры (диаметры заземлений и жесткого центра мембран, диаметры клапанов и их эффективные площади) в основном соответствуют габаритам серийного пульсатора АДУ-1.

Анализ значений рабочих параметров, приведенных в таблице 4.4, показывает, что управляемый пульсатор с внешней камерой управляемого подпора обеспечивает изменение рабочих параметров в зависимости от уровня управляющего аналогового сигнала в диапазоне: соотношение тактов от 1:1 до 4:1; частота пульсаций от 1,6 до 0,8 Гц и величина вакуума под соском от 25 до 40 кПа при величине вакуума питания 50 кПа.

Полученные при расчете конструктивные параметры (диаметры заземления и жесткого центра мембран и диаметры клапанов) в основном соответствуют габаритам серийного пульсатора АДУ-1, что позволяет изготавливать управляемый пульсатор для стойлового доильного автомата на его основе.

Таблица 4.5 – Конструктивные параметры управляемого пульсатора с внешней камерой управляемого подпора

Конструктивные параметры	Условное обозначение и ед. изм.	Расчёт по минимальному диаметру атмосферного клапана	Расчёт по увеличенному диаметру атмосферного клапана
Эффективная площадь мембраны управляющей камеры	S_1 см ²	1,83	7,26
Диаметр заземления мембраны управляющей камеры	D_1 мм	17,9	35,6
Диаметр жесткого центра мембраны управляющей камеры	d мм	12,5	21,8
Эффективная площадь мембраны камеры управляемого подпора	S см ²	0,55	2,34
Диаметр заземления мембраны камеры управляемого подпора	D мм	14,5	29
Площадь вакуумного клапана	S_2 см ²	1,19	4,72
Диаметр вакуумного клапана	d_2 мм	12,3	24,5
Площадь атмосферного клапана	S_3 см ²	0,64	2,54
Диаметр атмосферного клапана	d_3 мм	9	18

Разработанная методика позволяет производить расчёт и выбор конструктивных параметров управляемых пульсаторов стойловых доильных автоматов, изменяющих рабочие параметры в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения в заданных физиологически обоснованных пределах: фаза сосания от 0,5 до 0,8 (соотношение тактов от 1:1 до 4:1); частоты пульсаций от 1,6 до 0,8 Гц и величины вакуума под соском плавно от 25 до 40 кПа при P питания 50 кПа и выше скачком до P питания.

Алгоритм инженерного расчёта параметров управляемого пульсатора с внешней камерой подпора представлен на рисунке 4.17.

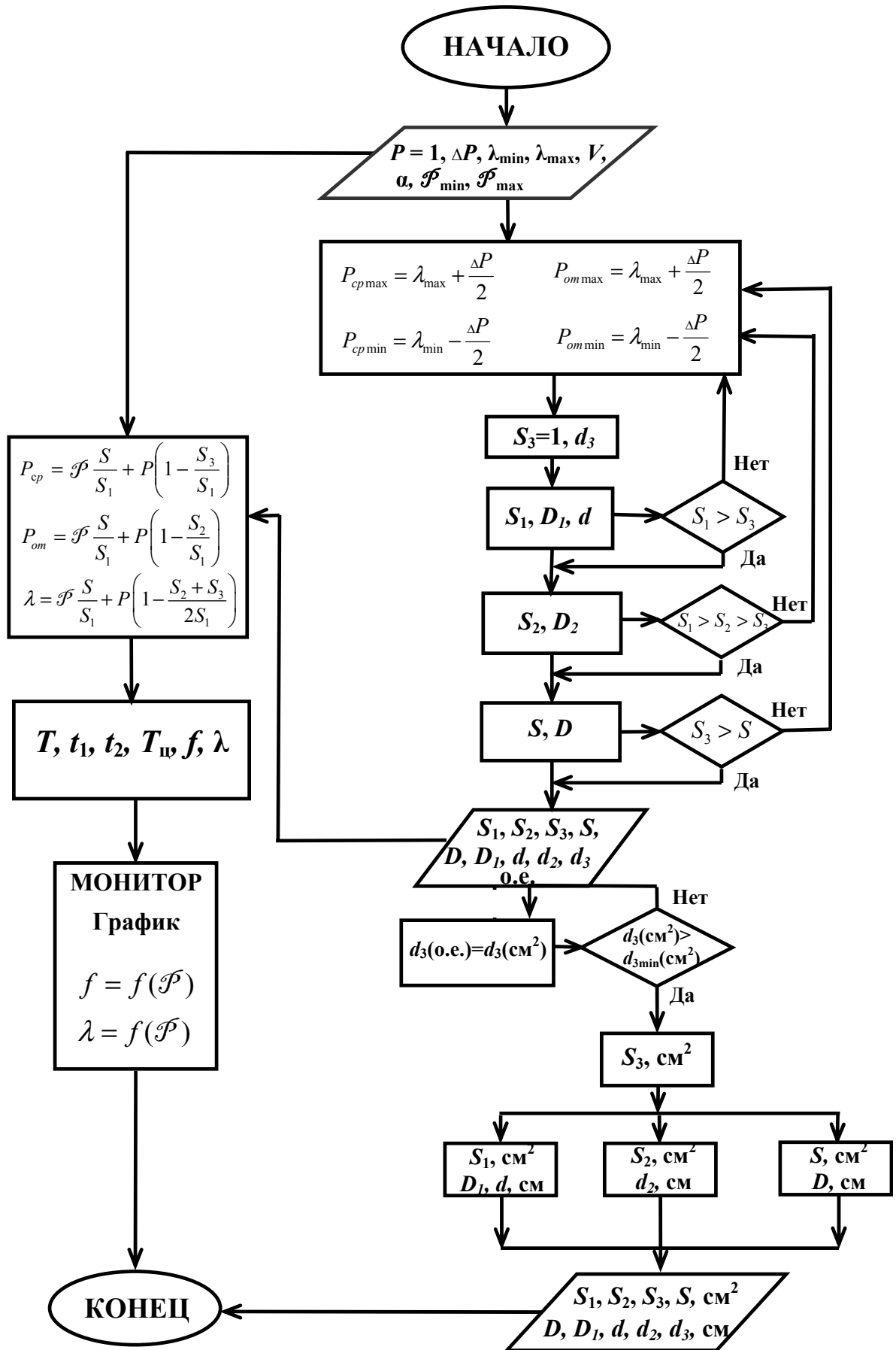


Рисунок 4.17 – Алгоритм инженерного расчёта параметров управляемого пульсатора с внешней камерой подпора

Расчет рабочих и конструктивных параметров управляемых пульсаторов с камерой подпора, образованной блоком двух мембран, производится аналогично на основе их математической модели (2.37).

При $\mathcal{P} = 1$ в математических моделях (4.1) и (2.37) разделительная мягкая мембрана S исчезает, и эти выражения превращаются в математическую модель обычного одномембранного пульсатора, по которой в соответствии с предлагаемой методикой можно рассчитывать пульсаторы отечественных доильных аппаратов ДА-2 «Майга», АДУ-1 и ДД4-1.

Выводы

1. Полученные экспериментальные данные подтверждают возможность изменения параметров пульсатора в процессе его работы в требуемом диапазоне путем внешнего воздействия на его мембранно-клапанный блок.

2. Полученные экспериментальные зависимости подтверждают правильность выдвинутой гипотезы, предполагающей, что рабочий процесс пульсатора осуществляется не произвольно, а по гистерезисной петле как по алгоритму, включающему конечный набор правил со строго определенными оптимальными параметрами, которыми можно управлять по сигналам датчика интенсивности молоковыведения.

3. В ходе экспериментальных исследований установлено, что в зависимости от величины управляющего сигнала управляемые пульсаторы изменяют параметры в заданных физиологически обоснованных пределах: соотношение тактов от 1:1 до 4:1; фаза сосания от 0,5 до 0,8; частота пульсаций от 1,6 до 0,8 Гц и величина вакуума под соском плавно от 25 до 40 кПа при величине вакуума питания 50 кПа и выше скачком до P питания. Это подтверждает возможность создания вакуумных пульсаторов для управляемых доильных аппаратов с изменяющимися в процессе доения в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения параметрами.

4. Результаты экспериментальных исследований подтверждают адекват-

ность полученных теоретических положений и математических моделей управляемых пульсаторов, правильность определения их параметров и переходных характеристик, а также возможность создания управляемых доильных аппаратов с изменяемыми в процессе доения в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения соотношением тактов, частотой пульсаций и величиной вакуума под соском для всех типов доильных установок.

5. Установлено, что при переносе входящего в схему управления доильного аппарата АДД-2/3 логического элемента ИЛИ от коллектора к пульсатору время запаздывания сигнала к управляющей камере коллектора изменяется от 0 до 0,03 с, а ее постоянная времени увеличивается с 0,1 с до 0,13 с, что не оказывает влияния на процесс доения. На основе проведенных исследований к управляемому пульсатору разработан блок двух логических элементов ИЛИ, который можно устанавливать в разрезе шланга переменного вакуума в любом удобном месте между коллектором и пульсатором или непосредственно в пульсаторе, что существенно упростило конструкцию и обслуживание аппарата и повысило удобство и надежность его работы в производственных условиях, особенно при привязном содержании коров.

6. Разработанная методика позволяет производить расчёт и выбор конструктивных параметров управляемых пульсаторов для стойловых доильных автоматов, изменяющих рабочие параметры в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения в заданных физиологически обоснованных пределах: фаза сосания от 0,5 до 0,8; соотношение тактов от 1:1 до 4:1; частота пульсаций от 1,6 до 0,8 Гц и величина вакуума под соском плавно от 25 до 40 кПа при величине вакуума питания 50 кПа и выше скачком до P питания.

5. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЯЕМОГО ПУЛЬСАТОРА В СОСТАВЕ УПРАВЛЯЕМОГО ДОИЛЬНОГО АППАРАТА

5.1. Методика производственной проверки управляемого пульсатора в составе управляемого доильного аппарата

На основе проведенных исследований и зоотехнических требований в СКНИИМЭСХ под руководством д.т.н. И.К.Винникова была разработана конструкция автоматизированного двухрежимного управляемого доильного аппарата, включающего управляемый пульсатор (Приложение А), предназначенного для автоматизированного доения коров в стойлах, летних лагерях и на пастбищах. Он изготавливается путем модернизации серийно выпускаемых отечественных доильных аппаратов с изменением конструкции коллектора и пульсатора и комплектации их датчиком интенсивности молочного потока и съемником для снятия подвесной части аппарата [37, 67, 97].

При проверке использовались двухрежимные управляемые доильные аппараты, включающие управляемый пульсатор с камерой подпора, образованной дополнительной мембраной (рисунок 3.11)

Производственную проверку управляемого доильного аппарата, включающего управляемый пульсатор, проводили во ФГУП «Экспериментальное» Россельхозакадемии (Зерноградский район Ростовской области) на молочно-товарной ферме на коровах черно-пестрой породы при стойловом содержании в зимний период. Исследования проводили в целях выявления его преимуществ в сравнении с серийными доильными аппаратами. Для проведения производственных испытаний был изготовлен опытный образец управляемого двухрежимного доильного аппарата, включающего управляемый пульсатор.

Двухрежимный управляемый доильный аппарат использовался в составе разработанного в СКНИИМЭСХ под руководством д.т.н. И.К.Винникова и академика РАСХН Л.П.Кормановского стойлового передвижного доильного моду-

ля [98], включавшего тележку, доильное ведро, датчик интенсивности потока молока и пневмо-механический съемник подвесной части аппарата (рисунок 5.2) (Приложение А).

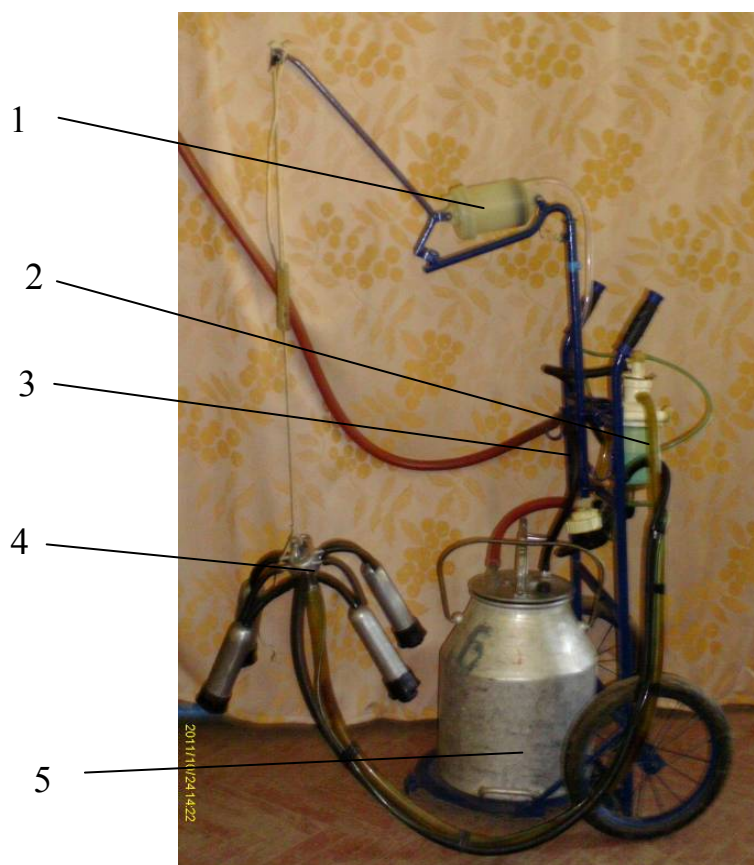


1 – ведро доильное; 2 – датчик интенсивности молочного потока; 3 – управляемый пульсатор; 4 – коллектор; 5 – доильные стаканы; 6 – съемник

Рисунок 5.1 – Управляемый доильный аппарат, включающий управляемый пульсатор

В задачи производственной проверки управляемого пульсатора в составе управляемого доильного аппарата входило:

- проверить работоспособность экспериментального управляемого пульсатора в составе управляемого доильного аппарата;
- проверить соответствие управляемого доильного аппарата с управляемым пульсатором зоотехническим требованиям;
- оценить удобство обслуживания и эксплуатации управляемого доильного аппарата с управляемым пульсатором;
- выявить влияние управляемого доильного аппарата с управляемым пульсатором на характер молокоотдачи, продолжительность доения и полноту выдаивания.



1 – пневмо-механический съемник подвесной части аппарата; 2 – датчик интенсивности молочного потока; 3 – тележка; 4 – двухрежимный управляемый доильный аппарат; 5 – ведро доильное

Рисунок 5.2 – Стойловый передвижной доильный модуль

Доение коров осуществляли в зимний стойловый период на доильной установке ДАС-2В со сбором молока в доильные ведра. При этом управляемый доильный аппарат сравнивали с серийным доильным аппаратом АДУ-1, используемым на молочно-товарной ферме.

При проведении производственной проверки доильного аппарата с предлагаемым пульсатором использовалась методика Е.В.Беновой [13].

При определении времени, затрачиваемого дояркой на доение коров, использовали хронометражные наблюдения с применением электронного секундомера. Результаты отсчета округлялись до целых секунд. Для анализа структуры затрат времени были составлены листы хронометража, в которых были указаны контролируемые операции [132].

Методом хронометража фиксировалось время доения, затем определялся

разовый удой, средняя скорость молокоотдачи, сразу же после окончания машинного доения каждой коровы проводилась проверка на наличие в вымени остаточного молока методом ручного дооя [13, 132].

Доение производилось два раза в сутки. При испытаниях фиксировали время машинного доения, разовый удой и состояние вымени. Испытания управляемого аппарата производили при рабочем вакууме в системе питания $P_{\text{пит}} = 48$ кПа. При доении животных как серийным аппаратом АДУ-1, так и управляемым доильным аппаратом выдерживалась предусмотренная правилами машинного доения технология [133].

Динамика молоковыведения регистрировалась при помощи поплавкового датчика-счетчика молока [87, 88, 89], формирователь которого выдает пневматический импульс после прохождения через него каждые 50 грамм выдоенного молока. По полученным данным строилась циклограмма динамики молокоотдачи коровы.

Процесс подготовки к доению управляемым доильным аппаратом осуществлялся следующим образом: оператор проводил санитарную обработку и массаж вымени, а именно: вымя обмывали теплой водой с температурой 40 - 45⁰С в течение 6 - 10 секунд, вытирали салфеткой, проводили массаж, затем сдаивали первые струйки молока и надевали доильные стаканы на соски. Продолжительность подготовки вымени к доению соответствовала требованиям правил машинного доения [133]. Подключение доильных стаканов проводили сразу же после окончания подготовки вымени. Определялась продолжительность времени от начала подготовки вымени до начала доения.

Процесс доения управляемым доильным аппаратом с управляемым пульсатором в составе стойлового передвижного доильного модуля включал начальный массаж в трехтактном режиме, автоматический контроль, двухтактный режим интенсивного молоковыведения, трехтактный режим заключительного этапа (додаивание), отключение, снятие и выведение доильных стаканов из-под вымени (рисунок 5.3).

Время доения отсчитывалось от постановки четвертого доильного стакана

на сосок вымени до отключения пульсатора при снижении интенсивности молокоотдачи до 3,3 г/с. Время додаивания определялось от момента перехода доильного аппарата на трехтактный режим работы (интенсивность молокоотдачи 13,3 г/с) до отключения пульсатора (интенсивность молоковыведения до 3,3 г/с). Ручной додой проводили сразу же после снятия доильного аппарата. Все соски обходили один раз до полного выдаивания каждой четверти, при этом массаж вымени не проводили [13].

Средняя скорость доения определялась как количество молока, полученное за дойку, деленное на время доения. Полнота выдаивания вымени, характеризующая степень опорожнения молочной железы доильным аппаратом, определялась как отношение общего удоя к ручному додою. Выдоенное молоко взвешивалось.



Рисунок 5.3 – Доение управляемым доильным аппаратом
в составе стойлового передвижного доильного модуля

Оценка интенсивности молокоотдачи проводилась по скоростным, количественным и временным показателям доения: латентному периоду молокоотдачи, времени доения и машинного додаивания, средней скорости молокоотдачи, быстроте реакции на начало доения и чистоте выдаивания.

Обработку результатов исследований проводили с использованием персонального компьютера методом вариационной статистики.

Методом наблюдений оценивалось удобство обслуживания доильного аппарата, поведение животных в процессе доения.

Производительность доильного аппарата за час основного времени определялась по формуле [13]:

$$W_{\partial} = \frac{N}{T_{\text{тех}}}, \quad (5.1)$$

где N – количество выдоенных коров за период хронометражных наблюдений, гол.;

$T_{\text{тех}}$ – технологическое время работы за период хронометражных наблюдений, ч.

Производительность труда оператора (W_{∂}) за час технологического времени (W_o) определялась по формуле:

$$W_o = \frac{W_{\partial}}{n_a}, \quad (5.2)$$

где n_a – число аппаратов, обслуживаемых оператором.

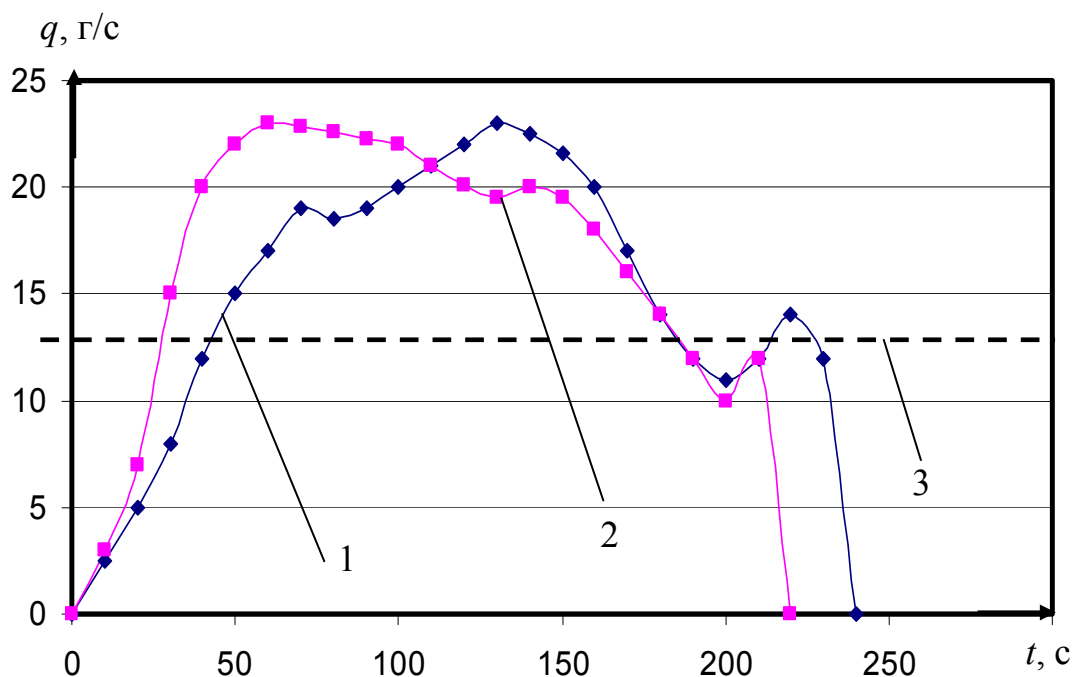
5.2. Результаты производственной проверки управляемого пульсатора в составе управляемого доильного аппарата

В ходе производственной проверки установлена работоспособность управляемого доильного аппарата и управляемого пульсатора в его составе (Приложение Б). Результаты испытаний, приведенные в таблице 5.1, свидетельствуют о том, что он способствует более полноценной реализации рефлекса молокоотдачи по сравнению с доильным аппаратом АДУ-1.

В результате проверки установлено, что управляемый доильный аппарат, включающий предлагаемый пульсатор, позволяет получить более высокую скорость выведения молока в процессе доения животных, по сравнению с аппаратом, работающим в постоянном режиме. Коровы быстро и практически полно-

стью отдавали молоко в аппарат. При разовом удое по группе 5,7 кг животные выдаивались за 4-5 минут, со средней скоростью молоковыведения 1,93 кг/мин. Изменение режима работы управляемого аппарата при снижении интенсивности молокоотдачи оказывает стимулирующее воздействие на вымя животного. Это подтверждается изменением интенсивности молокоотдачи в конце доения, которое наблюдается при переходе на трехтактный режим работы, в ходе которого осуществляется додаивание (рисунок 5.4).

В результате испытаний установлено, что управляемый доильный аппарат обеспечивает более высокую скорость выведения молока в процессе доения животных в сравнении с аппаратом, работающим в постоянном режиме (рисунок 5.4). При сопоставлении их кривых молоковыведения ясно, что после бурного увеличения скорости в начальный период затем доение управляемым аппаратом обеспечивает более стабильное и полное молоковыведение. Общее время доения при этом сокращается.



1 – доильный аппарат АДУ-1; 2 – управляемый доильный аппарат; 3 – пороговый уровень переключения режимов работы управляемого доильного аппарата

Рисунок 5.4 – Кривые молоковыведения сравниваемых доильных аппаратов

За время производственной проверки управляемого доильного аппарата, включающего управляемый пульсатор, было установлено, что он прост и наде-

жен в работе, стабильно выполняет функции начального массажа вымени, контроля за процессом доения, обеспечивает быстрое и полное выдаивание в двухтактном режиме, заключительный этап доения (в трехтактном режиме), своевременное отключение в конце доения и снятие доильных стаканов. При использовании аппарата с предлагаемым пульсатором не было зафиксировано случаев передержки доильных стаканов на вымени коров и травмирования его вакуумом.

В результате производственной проверки установлено, что управляемый доильный аппарат с предлагаемым пульсатором соответствует зоотехническим требованиям, в частности по ГОСТ 28545-90 (ИСО 5707-83).

Анализ результатов проверки управляемого доильного аппарата показал, что он более эффективен по сравнению с серийным доильным аппаратом АДУ-1 (таблицы 5.1, 5.2).

Таблица 5.1 – Результаты проверки управляемого доильного аппарата, включающего управляемый пульсатор

Наименование параметра	Тип доильного аппарата	
	Управляемый	АДУ-1
Продолжительность подготовительного периода, с	50...60	50...60
Разовый удой, кг	5,7	5,3
Продолжительность доения, мин	3,88	4,01
Продолжительность доения в двухтактном режиме, мин	3,02	4,01
Продолжительность доения в трёхтактном режиме, мин	0,86	–
Интенсивность доения, кг/мин	1,93	1,4
Ручной додой, кг	0,05	0,21
Время ручного додая, с	5	26
Полнота выдаивания, %	99	95

Таблица 5.2 – Затраты времени на машинное доение одной коровы
сравниваемыми аппаратами (доение в стойлах коровника)

Операции	Продолжительность операций, с	
	Доильный аппарат АДУ-1	Управляемый доильный аппарат
Подключение доильных аппаратов к вакуумпроводу	5	5
Обмывание и обтирание вымени	15	15
Массаж и сдаивание первых струек молока	20	20
Надевание доильных стаканов	7	7
Машинное доение	240	223
Машинное додаивание	31	–
Снятие доильных стаканов	3	–
Отключение доильного аппарата от вакуумпровода	5	5
Перенос аппаратов и молочной посуды от одной коровы к другой	20	15
Перенос воды для подмывания вымени	10	10
Стирка обтирочного материала	7	7
Слив молока во фляги	30	30
Прочие операции при доении	8	8
Общие затраты времени на доение	401	345
в т. ч. на ручные операции	161	122

Оценка достоверности разности исследуемых показателей по критерию Стьюдента показала их существенность на уровне значимости $P = 0,05$.

Использование управляемого доильного аппарата с управляемым пульсатором позволило устранить ручные и машинно-ручные операции додаивания и

отключения аппарата. Использование управляемого двухрежимного доильного аппарата и управляемого пульсатора в его составе исключает необходимость контроля за процессом доения и машинного додаивания коров и снятия доильных стаканов, что значительно снижает затраты времени на ручные операции (на 39 с) и позволяет доярке обслуживать в стойлах вместо двух – четыре аппарата, то есть в два раза больше обычного (таблица 5.2). При этом исключается передержка доильных стаканов на сосках («сухое доение») и травмирование вымени вакуумом.

При работе серийных аппаратов АДУ-1 в конце доения доярке необходимо вручную оттягивать доильные стаканы, производя тем самым машинное додаивание. При этом ей необходимо контролировать процесс доения и отключать аппарат. С помощью механического додоя аппарат АДУ-1 из вымени коровы извлекает примерно 210 г молока, на что затрачивается в среднем 26 с.

При доении же управляемым аппаратом не требуется проводить механический додой и постоянно контролировать процесс доения коров. Полнота выдаивания коров данным аппаратом, проверяемая путем проведения ручного додоя, составила 99% (таблица 5.1), т.е. на 4-5% больше, чем при использовании АДУ-1, что позволит увеличить валовый удой.

Увеличение удоя, максимальной и средней скорости доения, полноты опорожнения вымени свидетельствует о целесообразности применения управляемого доильного аппарата для доения коров с любым типом нервной системы.

Использование управляемого доильного аппарата, включающего управляемый пульсатор, позволило устранить ручные и машинно-ручные операции додаивания и отключения аппарата. Общие затраты времени на доение сократились по сравнению с аппаратом АДУ-1 на 56 с, а на выполнение ручных операций на 39 с, что позволило повысить производительность труда оператора машинного доения на 24% по сравнению с серийным аппаратом.

При работе управляемого аппарата в начальной и заключительной фазах доения (в трехтактном режиме) обеспечивается пониженный вакуум в подсосковой камере доильного стакана $P_c = 31,8 - 37,1$ кПа за счет такта отдыха, со-

ставляющего 30 – 40% от продолжительности рабочего цикла $T_{ц}$ пульсатора, активный преддоильный массаж основания соска до припуска молока и заключительный массаж соска и вымени в конце доения, благодаря чему установка вакуум-регуляторов в системе питания доильных установок не обязательна. Также обеспечивается максимальная интенсивность молоковыведения при активной молокоотдаче (более 400 г/мин) за счет переключения аппарата на двухтактный режим работы.

Изменение режимов работы при изменениях интенсивности молоковыведения повышает стимулирующее действие доильного аппарата, что подтверждается замедлением падения интенсивности молоковыведения в конце доения, которое наблюдается после перехода на трехтактный режим работы (рисунок 5.4). В связи с тем, что большая часть молока выводится из вымени при интенсивности выше 13,3 г/с, додаивание продолжается значительно меньше допустимых 30 с.

Установлено, что в процессе доения, благодаря применению управляемого сигналами датчика молоковыведения пульсатора, обеспечивалось плавное изменение параметров аппарата (частота пульсаций и соотношение тактов) при изменении интенсивности молокоотдачи (при работе в трехтактном режиме). При увеличении интенсивности молокоотдачи наблюдалось снижение частоты пульсаций и изменение соотношения тактов за счет увеличения продолжительности такта сосания. При снижении интенсивности молокоотдачи наблюдалось увеличение частоты пульсаций и изменение соотношения тактов за счет уменьшения продолжительности такта сосания. При бурном молоковыведении пульсатор обеспечивает изменение параметров до предельных значений скачком за счет перехода аппарата с трехтактного на двухтактный режим работы. При доении в двухтактном режиме обеспечивается стабильность рабочих параметров аппарата.

Таким образом, технология доения коров в стойлах управляемым двухрежимным доильным аппаратом, включающим управляемый пульсатор, является эффективной по сравнению с традиционной и может быть рекомендована для

внедрения в производство. Ее главным достоинством является значительное снижение трудоемкости процесса доения за счет его автоматизации.

По результатам проведенных исследований и производственной проверки подготовлена и передана заводу-изготовителю – Азовскому оптико-механическому заводу (ОАО «АОМЗ», г. Азов Ростовская обл.) техническая документация на изготовление управляемого доильного аппарата с управляемым сигналами датчика молоковыведения пульсатором (Приложение Б).

Разработан проект зоотехнических требований на стойловый доильный автомат (Приложение В).

В ходе дальнейших исследований на основе двухрежимного доильного аппарата, включающего управляемый пульсатор, предполагается создание стойлового доильного автомата.

5.3. Экономическая эффективность управляемого пульсатора в составе управляемого доильного аппарата

Расчет экономической эффективности проведен по существующей методике ВНИИЭСХ [134], согласно которой при определении экономической эффективности доильного аппарата, включающего управляемый пульсатор, его экономические показатели сравнивали с аналогичными показателями базового аппарата, за который принят серийно выпускаемый аппарат АДУ-1. При этом рассчитывался совокупный годовой экономический эффект от снижения эксплуатационных затрат и прироста прибыли [134].

Нами рассмотрены следующие базовые и предлагаемые технические средства и технологий.

Базовый вариант – доение коров в переносные ведра неавтоматизированными доильными аппаратами АДУ-1 на установке ДАС-2В с ручной переноской аппаратов при круглогодичном содержании в стойлах коровника. Поголовье 100 голов.

Предлагаемый вариант – доение автоматизированным управляемым доильным аппаратом, включающим управляемый пульсатор, в доильные ведра с

использованием передвижного доильного модуля при круглогодичном содержании коров в стойлах на переоборудованной установке ДАС-2В. поголовье 100 голов.

Исходные данные для расчета экономической эффективности применения управляемого доильного аппарата, включающего управляемый пульсатор, при доении коров в стойлах приведены в таблице 5.3.

Капитальные вложения включают затраты на приобретение оборудования и его монтаж

$$K = B \cdot K_M \cdot n \quad (5.3)$$

где B – балансовая стоимость оборудования, руб.;

K_M – коэффициент, учитывающий затраты на монтаж оборудования ($K_M = 1,2$);

n – количество единиц оборудования, шт.

Заработная плата обслуживающего персонала

$$Z_{пл} = N_p \cdot S_q \cdot \Phi \cdot n_c \quad (5.4)$$

где N_p – количество обслуживающего персонала, чел.;

S_q – часовая тарифная ставка, руб./ч;

Φ – годовой фонд рабочего времени, ч;

n_c – коэффициент, учитывающий отчисления на единый социальный налог ($n_c = 1,38$).

Эксплуатационные затраты

$$I_э = Z_{пл} + Z_{то} + Z_э + Z_A \quad (5.5)$$

где $Z_{то}$ – затраты на техническое обслуживание и ремонт, руб.;

$Z_э$ – затраты на электроэнергию, руб.;

Z_A – затраты на амортизационные отчисления, руб.

Затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт определяются по формуле

$$Z_{то} = \frac{B \cdot \alpha_{то}}{100\%}, \quad (5.6)$$

где $\alpha_{то}$ – годовая норма отчислений на техническое обслуживание и текущий

ремонт ($\alpha_{то} = 14 \%$).

Таблица 5.3 – Исходные показатели расчета экономической эффективности применения управляемого доильного аппарата, включающего управляемый пульсатор, в сравнении с аппаратом АДУ-1 на установке ДАС-2В

№ п/п	Показатели	Обозначение	Вариант	
			базовый	предлагаемый
1	Стоимость оборудования, тыс. руб.	B	224	242
2	Часовая тарифная ставка, руб./ч	$S_ч$	90	90
3	Норматив отчислений на единый социальный налог, %	η_c	38	38
4	Годовой фонд рабочего времени, ч	Φ	5840	2920
5	Количество обслуживающего персонала, чел.	N_p	4	2
6	Норматив амортизационных отчислений, %	a	14,3	14,3
7	Норматив годовых отчислений на ТО и ТР, %	α	14	14
8	Установленная мощность оборудования, кВт	P_y	7,5	7,5
9	Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб.	$C_э$	7	7
10	Цена реализации, руб./кг	C_p	18	18
11	Годовой объем произведенной продукции, т	A	500	525

Затраты на электроэнергию определяются по формуле

$$Z_э = P_y \cdot \Phi \cdot C_э, \quad (5.7)$$

где P_y – установленная мощность установки, кВт;

C_3 – цена 1 кВт·ч электроэнергии, руб.

Затраты на амортизационные отчисления

$$Z_A = \frac{B \cdot \alpha_A}{100\%}, \quad (5.8)$$

где α_A – годовая норма отчислений на амортизацию ($\alpha_A = 14,3\%$).

Степень снижения эксплуатационных затрат находим из выражения

$$C_{\text{эк}} = \frac{I_3^{\delta} - I_3^{np}}{I_3^{\delta}} \cdot 100\%, \quad (5.9)$$

Трудоемкость доения в данном случае рассчитывается исходя из фонда рабочего времени, отнесенного к объему произведенной продукции.

Степень снижения трудоемкости

$$t_{\text{эк}} = \frac{t^{\delta} - t^{np}}{t^{\delta}} \cdot 100\%, \quad (5.10)$$

Годовой экономический эффект определялся по формуле как прирост прибыли:

$$\mathcal{E}_{np} = \left(\frac{\Pi_{np}}{A_{np}} - \frac{\Pi_{\delta}}{A_{\delta}} \right) \cdot A_{np} \quad (5.11)$$

где Π_{np} , Π_{δ} – годовая прибыль по предлагаемому и базовому вариантам, руб.;

A_{np} , A_{δ} – годовой объем произведенной продукции по предлагаемому и базовому вариантам, т.

Годовой экономический эффект за счет влияния комплекса факторов определяется по формуле

$$\mathcal{E} = \left(\frac{C_{np} \cdot A_{np} - C_{np}}{A_{np}} - \frac{C_{\delta} \cdot A_{\delta} - C_{\delta}}{A_{\delta}} \right) \cdot A_{np} \quad (5.12)$$

где C_{np} , C_{δ} – цена реализации продукции по предлагаемому и базовому вариантам, руб.;

C_{np} , C_{δ} – себестоимость продукции по предлагаемому и базовому вариантам, руб.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений определяется из выражения

$$T_{OK} = \frac{-\ln\left(1 - \frac{(K_{\sigma} - K_{np}) \cdot E_p}{\mathcal{E}_r + (3_A^H - 3_A^{\sigma})}\right)}{\ln(1 + E_p)} \quad (5.13)$$

где E_p – норма дисконта,

$$E_p = \frac{1 + E_i}{1 + i} - 1 \quad (5.14)$$

где E_n – ставка банковского процента, %, принимаем $E_n = 15\%$;

i – уровень инфляции, %, принимаем $i = 7\%$.

Рентабельность использования управляемого доильного аппарата, включающего пульсатор, рассчитывается по формуле

$$R = \frac{\mathcal{E}_z}{K + I_3} \cdot 100\% \quad (5.15)$$

Выгодность внедрения предлагаемого варианта характеризует чистый дисконтированный доход ЧДД

$$\text{ЧДД} = -K + \sum_0^t \frac{C_t}{(1 + E_p)^t} \quad (5.16)$$

где C_t – денежный поток через t лет, руб.;

t – период, за который рассчитывается сумма потока платежей, лет, $t = 7$ лет.

Результаты расчета экономической эффективности управляемого доильного аппарата, включающего управляемый пульсатор, приведены в таблице 5.4.

Приведенные результаты расчета показывают, что значительный экономический эффект достигается при использовании управляемого доильного аппарата с управляемым пульсатором при привязном содержании животных. Его применение обеспечивает снижение трудоемкости и эксплуатационных затрат.

Как видно из таблицы 5.4, доение коров в стойлах управляемым доильным аппаратом, включающим управляемый пульсатор, обеспечивает достижение экономического эффекта по приведенным затратам.

Таблица 5.4 – Основные показатели экономической эффективности внедрения управляемого доильного аппарата, включающего управляемый пульсатор, в сравнении с аппаратом АДУ-1 на установке ДАС-2В

№ п/п	Показатели	Обозначение	Вариант	
			базовый	предлагаемый
1	Капитальные вложения, тыс.руб.	K	269	290
2	Заработная плата персонала, тыс.руб.	$Z_{пл}$	726	363
3	Расходы на ТО и ТР, тыс.руб.	$Z_{то}$	31,4	33,9
4	Затраты на электроэнергию, тыс.руб.	$Z_э$	76,6	76,6
5	Затраты на амортизацию, тыс.руб.	Z_A	38,4	41,4
6	Эксплуатационные затраты, тыс.руб.	$I_э$	872,4	514,9
7	Снижение эксплуатационных затрат, %	$C_{эк}$	–	41
8	Трудоемкость, чел.-ч/т	t	11,7	5,6
9	Снижение трудоемкости, %	$t_{эк}$	–	52
10	Себестоимость продукции, тыс.руб/т	C	15	14,7
11	Годовой экономический эффект, тыс.руб.	$Э_э$	–	157,5
12	Срок окупаемости, лет	$T_{ок}$	–	0,8
13	Рентабельность, %	R	–	19,6
13	Чистый дисконтированный доход, тыс. руб.	$ЧДД$	–	211

Годовой экономический эффект от его внедрения составляет при стойло-

вом содержании и доении на линейной установке при поголовье 100 коров 157 тыс. руб. (1,57 тыс. руб. на корову). Общая трудоемкость при этом снизится на 52%. Годовой экономический эффект в расчете на один доильный аппарат составит 19,6 тыс. руб.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений по переоборудованию доильной установки составит 10 месяцев.

Управляемый доильный аппарат, включая управляемый вакуумный пульсатор, производится путем переоборудования серийных доильных аппаратов с серийными пульсаторами, поэтому его стоимость выше, однако прибыль от его использования окупает дополнительные капитальные вложения.

Таким образом, управляемый доильный аппарат, включающий управляемый пульсатор, обладает высокими эксплуатационными и экономическими показателями.

Положительный эффект достигается также за счет того, что в предлагаемом аппарате контроль за процессом доения и заключительные операции автоматизированы и доярка свободное от ручных операций время может использовать в процессе доения на выполнение других работ без ущерба для здоровья животных и качества молока (таблица 5.2). Кроме того размещение аппарата и доильных ведер на передвижном модуле позволяет сократить затраты ручного труда на переноску аппаратов и выдоенного молока и уменьшить время, затрачиваемое на выполнение этих операций, увеличить количество обслуживаемых дояркой аппаратов.

В результате использования управляемого доильного аппарата, включающего управляемый пульсатор, предполагается добиться значительного снижения травмирования вымени и заболеваемости коров маститом, что будет сопровождаться снижением количества соматических клеток и соответствующим повышением сортности молока с увеличением его закупочной цены. Возможность получения молока высшего сорта, пригодного для детского питания, значительно увеличивает экономический эффект. Результаты расчета предполагаемой экономической эффективности управляемого доильного аппарата и управ-

ляемого пульсатора в его составе за счет улучшения качества молока приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Основные показатели экономической эффективности внедрения управляемого доильного аппарата с управляемым пульсатором за счет повышения качества молока

№ п/п	Показатели	Обозначение	Вариант	
			базовый	предлагаемый
1	Годовой объем произведенной продукции, т	A	500	525
2	Сортность молока	C_M	I (первый)	Высший
3	Цена реализации, тыс.руб./т	C_p	18	22
4	Годовой экономический эффект, тыс.руб.	\mathcal{E}_2	–	1942
5	Рентабельность, %	R	–	241

Они показывают, что предполагаемый экономический эффект от улучшения качества молока при использовании управляемого доильного аппарата, включающего управляемый пульсатор, на ферме с поголовьем 100 коров составит 1942 тыс. руб. (19,4 тыс. руб. на корову), что сделает производство молока на фермах с привязным содержанием высокорентабельным. При производстве и реализации молока для детского питания возможно еще более повысить эти показатели.

Таким образом, технология доения коров управляемым доильным аппаратом, включающим управляемый пульсатор, в стойлах является эффективной по сравнению с традиционными технологиями. Ее главными достоинствами являются значительное снижение трудоемкости процесса доения за счет его автоматизации, снижение маститных заболеваний и улучшение качества получаемого молока.

Выводы

1. В ходе производственной проверки была установлена высокая эффективность управляемого пульсатора в составе управляемого доильного аппарата по сравнению с существующими моделями. Его применение исключает необходимость контроля за процессом доения и машинного выдаивания коров, что снижает затраты времени на выполнение ручных операций на 39 с и позволяет доярке обслуживать в стойлах вместо двух – четыре аппарата. Достигается снижение трудоемкости при доении в стойлах на 52%.

2. Установлено, что управляемый доильный аппарат, включающий управляемый пульсатор, соответствует предъявляемым к нему зоотехническим требованиям.

3. При использовании управляемого доильного аппарата и управляемого пульсатора в его составе исключается передержка доильных стаканов и травмирование вымени вакуумом, а установка вакуум-регуляторов в системе питания доильных установок при этом не обязательна.

4. По итогам производственной проверки разработан проект зоотехнических требований на стойловый доильный автомат.

5. Использование управляемого доильного аппарата с управляемым пульсатором позволяет получить значительный экономический эффект при доении коров в стойлах. Годовой экономический эффект с учетом приведенных затрат и полноты выдаивания составляет при стойловом содержании и доении на линейной установке 157 тыс. руб. (1,57 тыс. руб. на корову). Годовой экономический эффект в расчете на один доильный аппарат составит 19,6 тыс. руб. Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений по переоборудованию доильной установки составит 10 месяцев.

6. Предполагаемый экономический эффект от улучшения качества молока при использовании управляемого доильного аппарата с управляемым пульсатором составит 1942 тыс. руб. (19,4 тыс. руб. на корову), что сделает производство молока на фермах с привязным содержанием высокорентабельным.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. На основе проведенных ранее в СКНИИМЭСХ исследований установлено, что любой вакуумный пульсатор доильного аппарата, являющийся автоматическим устройством, работающим по алгоритму самонастраивающейся на оптимальные параметры гистерезисной петли, возможно использовать в процессе доения для управления соотношением тактов, частотой пульсаций и глубиной вакуума под соском в физиологически обоснованных пределах в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения.

2. Установлено, что все члены правых частей уравнений математических моделей управляемых пульсаторов, за исключением аналогового управляющего сигнала \mathcal{P} , есть величины постоянные, а потому положение в координатном поле гистерезисной петли зависит только от величины этого управляющего сигнала, любое изменение величины которого вызывает адекватные изменения основных параметров пульсатора. При $\mathcal{P} = 0$ гистерезисная петля в координатном поле занимает самое низкое положение, а при увеличении управляющего сигнала \mathcal{P} , параметры $P_{\text{ср}}$, $P_{\text{отп}}$ и λ , увеличиваясь всегда на одинаковую величину, по оси ординат остаются с «несжимаемой» базой $\Delta P = P_{\text{ср}} - P_{\text{отп}} = \text{const}$. При максимальном значении $\mathcal{P} = 1$ петля занимает самое верхнее положение.

3. Установлено, что в зависимости от величины управляющего сигнала управляемые пульсаторы изменяют параметры в заданных физиологически обоснованных пределах: соотношение тактов от 1:1 до 4:1, фаза сосания от 0,5 до 0,8 о.е., частота пульсаций от 1,6 до 0,8 Гц и величина вакуума под соском плавно от 25 до 40 кПа при величине вакуума питания 50 кПа и выше скачком до величины вакуума питания.

4. Установлено, что при переносе входящего в схему управления доильного аппарата АДД-2/3 элемента ИЛИ от коллектора к пульсатору время запаздывания сигнала к управляющей камере коллектора изменяется от 0 до 0,03 с, а ее постоянная времени увеличивается с 0,1 с до 0,13 с, что не оказывает влияния на процесс доения.

5. В результате производственной проверки была подтверждена эффективность предлагаемого пульсатора в составе управляемого доильного аппарата. Его применение исключает необходимость контроля за процессом доения и машинного додаивания коров, что сокращает трудоемкость на 24%. При этом исключается передержка доильных стаканов и травмирование вымени вакуумом, а установка вакуум-регуляторов в системе питания доильных установок не обязательна. Использование управляемого доильного аппарата с управляемым пульсатором при доении в стойлах позволяет получить значительный экономический эффект, который составляет 1,57 тыс. руб. на корову и 19,6 тыс. руб. на один доильный аппарат. Срок окупаемости дополнительных капиталовложений составит менее года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Винников, И.К. Научно-методические рекомендации по комплексной автоматизации и модернизации доения / И.К.Винников, О.Б.Забродина, В.Н.Литвинов, Ю.В.Пахомов, О.И.Рудая. – зерноград: СКНИИМЭСХ, 2011. – 112 с.
2. Гарькавый, Ф.Л. Селекция коров и машинное доение / Ф.Л.Гарькавый. – М.: Колос, 1974. – 160 с.
3. Кэмбелл, Дж.Р. Производство молока / Дж.Р.Кэмбелл, Р.Т.Маршалл. – М.: Колос, 1980. – 670 с.
4. Винников, И.К. Технологии, системы и установки для комплексной механизации и автоматизации доения / И.К.Винников, О.Б.Забродина, Л.П.Кормановский. – зерноград, 2001. – 354 с.
5. Тараненко, А.Г. Регуляция молокообразования / А.Г.Тараненко. – Л.: ВО «Агропромиздат», 1987. – 237 с.
6. Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов / К.К.Горбатова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 344 с.
7. Пейнович, М.Л. Новые данные по физиологии лактации / М.Л.Пейнович. – Труды СибНИИЖ. – Вып. 13. – Новосибирск: Новосибирское книжное изд-во, 1966. – С. 18–20.
8. Грачев, И.И. Рефлекторная регуляция лактации / И.И.Грачев. – Л.: ЛГУ, 1964. – 281 с.
9. Вальдман, Э.К. Физиология машинного доения коров / Э.К.Вальдман. – Л.: Колос, 1977. – 191 с.
10. Винников, И.К. Ретроспектива и концепции развития основных направлений научных исследований ВНИПТИМЭСХ в механизации и автоматизации животноводства / И.К.Винников. – Ресурсосберегающие технологии и технические средства в животноводстве: Сб. научных трудов ВНИПТИМЭСХ. – зерноград, 2005. – С. 3–12.
11. Лачуга, Ю.Ф. Технологическое и техническое обеспечение молочного скотоводства. Состояние, стратегия развития. Рекомендации / Авторский кол-

лектив РАСХН под руководством акад. Ю.Ф.Лачуга. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 228 с.

12. Винников, И.К. Автоматизация и роботизация доения коров в параллельно-проходных станках / И.К.Винников. – Техника в сельском хозяйстве. – 2009. – №4. – С. 12–15.

13. Бенова, Е.В. Динамические режимы и параметры вакуумного привода двух-трехтактного доильного аппарата: дис...канд. техн. наук: 05.20.01. / Бенова Елена Викторовна. – зерноград, 2007. – 154 с.

14. Винников, И.К. Основные направления исследований и разработки безлюдных технологий производства продукции животноводства / И.К.Винников. – Новые технологии и технические средства в животноводстве: разработка, испытание, эффективность: Сб. научных трудов ВНИПТИМЭСХ. – зерноград, 2006. – С. 10–22.

15. Королев, В.Ф. Доильные машины / В.Ф.Королев. – М.: Машиностроение, 1969. – 279 с.

16. Велиток, И.Г. Технология машинного доения коров / И.Г.Велиток. – М.: Колос, 1975. – 256 с.

17. Винников, И.К. Совершенствование технологий и создание системы технических средств для комплексной механизации доения и мониторинга молочного стада: дис...докт. техн. наук: 05.20.01 / Винников Иван Кириллович. – зерноград, 2000. – 421 с.

18. Королев, В.Ф. Доильные машины / В.Ф.Королев. – М.: Государственное научно-техническое изд-во машиностроительной литературы, 1962. – 284 с.

19. Веприцкий, А.С. Некоторые особенности конструирования доильных аппаратов / А.С.Веприцкий, И.А.Хозяев. – Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1966. – №3. – С. 24–28.

20. Залцманис, Г.Р. Конструирование и испытание доильных машин / Г.Р. Залцманис. – В сб.: Вопросы физиологии машинного доения. – М.: Колос, 1970. – С. 89–99.

21. Краснов, И.Н. О влиянии некоторых параметров доильного аппарата на

скорость доения / И.Н.Краснов. – В сб.: Вопросы физиологии машинного доения. – М.: Колос, 1970. – С. 187–188.

22. Уиттлстоун, У.Г. Принципы машинного доения / У.Г.Уиттлстоун. – М.: Колос, 1964. – 197 с.

23. Горм, С.Я. Автоматическое регулирование соотношения тактов доильного аппарата / С.Я.Горм. – Тракторы и сельхозмашины. – 1966. – №6. – С. 42–44.

24. Горм, С.Я. Выведение молока и жира при доении коров аппаратом с автоматическим управляемым режимом / С.Я.Горм. – В сб.: Вопросы физиологии машинного доения. – М.: Колос, 1970. – С. 181–182.

25. Викторова, Н.Н. Облегченный доильный аппарат с оптимальными параметрами / Н.Н.Викторова, А.Н.Козлов. – VI Всесоюзный симпозиум по машинному доению сельскохозяйственных животных. Тезисы докладов. – Ч. II. – М., 1983. – С. 9–11.

26. Клауфф, П.А. Влияние частоты пульсаций, соотношения тактов в доильной машине на скорость выдаивания коров / П.А.Клауфф, А.Х.Додд. – Сборник иностранной сельскохозяйственной информации. – 1957. – № 2. – С. 60–65.

27. Кавешникова, К.И. Рефлекс молокоотдачи у коров при различных параметрах двухтактного доильного аппарата ДПР-2А / К.И.Кавешникова. – В сб.: Физиология и механизация доения коров. – Рига: Звайгзне, 1968. – С. 103–112.

28. Хозяев, И.А. Изменение величины вакуума в подсосковой камере трехтактного доильного аппарата / И.А.Хозяев. – Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1969. – №8. – С. 40–41.

29. Мутовин, В.И. О путях развития машинного доения в СССР / В.И.Мутовин. – В сб.: Вопросы физиологии машинного доения. – М.: Колос, 1970. – С. 48–50.

30. Кунц, Д. Исследование стабилизации вакуумного режима в подсосковой камере доильного стакана / Д.Кунц. – Труды ЛСХА. – Вып. 64. – Елгава,

1973. – С. 66–69.

31. Асманкин, Е.М. Обоснование конструктивно-режимных параметров доильного аппарата с регулируемой величиной рабочего вакуума: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Асманкин Евгений Михайлович. – Оренбург, 1993. – 19 с.

32. Бабьева, М.И. Совершенствование конструкции и технических параметров доильного аппарата с щадящим режимом работы: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Бабьева М.И. – Ленинград – Пушкин, 1991. – 16 с.

33. Triovac. Проспект. – Alfa-Laval, 1991. – 30 с.

34. Админ, Е.И. Молочная продуктивность и молокоотдача при доении высокопродуктивных коров усовершенствованными аппаратами / Е.И.Админ, В.А.Лискович. – IX Международный симпозиум по машинному доению сельскохозяйственных животных. – Тезисы докладов. – Оренбург, 1997. – С. 127–129.

35. Базаров, М.К. Автоматическое регулирование процесса доения коров / М.К.Базаров. – Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1969. – №11. – С. 22–24.

36. Duovac 300. Руководство по использованию. – ДеЛаваль, 2009. – 44 с.

37. Патент №2269889 RU A01j 5/00, 5/04. Двухрежимный доильный аппарат / И.К.Винников (ВНИПТИМЭСХ). – № 2004124115/12; Заявл. 06.08.2004. – Изобретения (Заявки и патенты) – 2006. – Бюл. №5.

38. Архангельский, И.И. О влиянии различных доильных установок на заболеваемость коров маститом / И.И.Архангельский, И.И.Балковой, И.П.Даниленко и др. – Животноводство. – 1969. – №5. – С. 83–84.

39. Van Vleck, R. Early Cow Milking Machines. / R.Van Vleck. – American Artifacts Scientific Medical and Mechanical Antiques. – 1998. – Vol. 20. – P. 56-58.

40. Винников, И.К. Параметры и режимы работы молочно-вакуумных доильных систем для высокопродуктивных коров / И.К.Винников, В.В.Важинский. – Новые технологии и технические средства в животноводстве: разработка, испытание, эффективность: Сб. научных трудов ВНИПТИМЭСХ. – Зерно-

град, 2006. – С. 36–44.

41. Баймишева, Д.Ш. Факторы, обуславливающие возникновение мастита / Д.Ш.Баймишева, Л.А.Коростелева, С.В.Котенков. – Зоотехния. – 2007. – №8. – С. 22–25.

42. Белкин, Б. Диагностика и нетрадиционные методы лечения субклинического мастита коров / Б.Белкин, Л.Черепяхина, Т.Попкова, Е.Скребнева. – Главный зоотехник. – 2010. – №5. – С. 47–56.

43. Разработка нового метода лечения коров при субклиническом мастите. Отчет о НИР. – ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет им. Вавилова». – Саратов, 2009. – 29 с.

44. Олейник, А.В. Маститы у высокопродуктивных коров / А.В.Олейник. – Доступ: <http://www.msds-animal-health.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

45. Формы мастита и его распространение. – Доступ: <http://veterinarkrs.narod.ru/gea1.html>, свободный. – Загл. с экрана.

46. Экономический убыток от мастита. – Доступ: <http://veterinarkrs.narod.ru/gea2.html>, свободный. – Загл. с экрана.

47. Винников, И.К. Обоснование размещения молокособорников при доении коров в стойлах и на пастбищах / И.К.Винников, О.Н.Бахчевников. – В сб.: Инновационные процессы и технологии в животноводстве: исследования, испытания, внедрение. Сборник научных трудов международной научн.-практ. конференции СКНИИМЭСХ. – зерноград: СКНИИМЭСХ, 2011. – С. 3–6.

48. Винников, И.К. Исследование и обоснование системы вакуумных устройств для машинного доения: дис...канд. техн. наук: 05.20.01. / Винников Иван Кириллович. – зерноград, 1973. – 153 с.

49. Винников, И.К. Дистанционное вакуумное управление / В.П.Бабкин, И.К.Винников, В.И.Гузненко. – Сельские зори. – 1972. – №11. – С. 36–37.

50. Винников, И.К. Система пневматических элементов для автоматического и дистанционного управления вакуумными исполнительными органами / В.П.Бабкин, И.К.Винников, В.И.Гузненко. – Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства: – Сб. научных трудов ВНИПТИМЭСХ. –

Вып. 15. – Ростов н/Д, 1972. – С. 292–298.

51. Винников, И.К. Пневмоавтоматизация доильной установки / И.К.Винников. – Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1973. – №5. – С. 21–22.

52. Винников, И.К. Обоснование параметров пневматического блока управления доением / И.К.Винников, В.А.Петровский. – В сб.: Вопросы механизации, технологии и строительства в животноводстве. – Том 6. – Подольск, 1975. – С. 104–107.

53. Винников, И.К. Система вакуумных элементов для автоматизации доильных установок и задачи дальнейших работ в области пневмоавтоматики / И.К.Винников, Т.К.Берендс, В.А.Петровский. – Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции по вопросам обеспечения сельского хозяйства измерительными и регулирующими приборами, устройствам и лабораторным оборудованием; развития метрологии в сельском хозяйстве. – М., 1975. – С. 21–24.

54. Бабкин, В.П. Доением управляет пневматический автомат / В.П.Бабкин, И.К.Винников, В.А.Петровский. – Техника в сельском хозяйстве. – 1976. – №9. – С. 36–37.

55. Винников, И.К. Автоматическое регулирование частоты пульсаций и соотношения тактов доильного аппарата / И.К.Винников, Т.К.Берендс, В.А.Петровский. – Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства. Сб. научных трудов ВНИПТИМЭСХ. – Вып. 24. – зерноград, 1976. – С.115–121.

56. Применение пневматических средств автоматизации на вакууме: отчет о НИР Института проблем управления Академии наук СССР (ИПУ АН СССР), ВНИПТИМЭСХ. – Науч. руководитель И.К.Винников. – М., 1984. – 77 с.

57. Винников, И.К. К обоснованию выбора глубины вакуума для питания блока управления доением, реализованного на пневмоаппаратуре ЦИКЛ / И.К.Винников, О.Б.Забродина. – Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства. – Сб. научных трудов ВНИПТИМЭСХ. – Вып.27. – зерноград, 1977. – С. 40–47.

58. Винников, И.К. Новая аппаратурная база для автоматизации доения / И.К.Винников, Т.К.Берендс, О.Б.Забродина. – Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства. – Сб. научных трудов ВНИПТИМЭСХ. – Вып. 27. – зерноград, 1977. – С. 48–55.

59. Винников, И.К. Опыт применения средств промышленной пневмоавтоматики для автоматизации доения / И.К.Винников, Т.К.Берендс, О.Б.Забродина. – Пневмоавтоматика. – М.: Наука, 1978. – С. 267–269.

60. Винников, И.К. Вакуумная пневмоавтоматика / И.К.Винников, А.Л.Таль, Т.К.Берендс, О.Б.Забродина. – *Ausgewolte Voitrage*. 7. «Jablonna» – «Fluidik-Konferenz». Drezden, DDR, 1978. – P. E8-1 – E8-5.

61. Берендс, Т.К. Пневмоавтоматика на вакууме / Т.К.Берендс, И.К.Винников, О.Б.Забродина. – Приборы и устройства струйной техники. – Л., 1980. – С. 16–19.

62. Винников, И.К. Основные направления автоматизации процесса доения пневматическими средствами / И.К.Винников, Т.К.Берендс, О.Б.Забродина, В.А.Королев. – Сельскохозяйственное приборостроение. – 1981. – №1(30). – С. 12–15.

63. Винников, И.К. Система управления процессом доения / И.К.Винников, Т.К.Берендс, О.Б.Забродина. – Электромеханика. – 1981. – № 4. – С. 46–48.

64. Берендс, Т.К. Вакуумная ветвь промышленной пневмоавтоматики / Т.К.Берендс, И.К.Винников, О.Б.Забродина. – Приборы и система управления. – 1982. – №6. – С. 16–19.

65. Винников, И.К. Разреженный воздух – рабочий агент в средствах пневмоавтоматики / И.К.Винников, Ю.М.Сисюкин, Т.К.Берендс, О.Б.Забродина. – *International Fluidik "Jablonna" conference*. Preprints. 6-10. Sept. 1982. Jablonna, Poland. – P. 370–375.

66. Патент №2257707 RU A01j 5/00, 5/04. Двухрежимный доильный аппарат / И.К.Винников (ВНИПТИМЭСХ). – №2004103725/12; Заявл. 09.02.2004. – Изобретения (Заявки и патенты). – 2005. – Бюл. №28.

67. Патент №2363150 RU A01j 5/00, 5/04. Двухрежимный доильный аппа-

рат / И.К.Винников, Е.В.Бенова, С.А.Дмитренко, Ю.В.Пахомов, Г.А.Падалко (ВНИПТИМЭСХ). – №2008115017/12; Заявл. 16.04.2008. – Изобретения (Заявки и патенты). – 2009. – Бюл. №22.

68. Винников, И.К. Основные направления модернизации доения коров. / И.К.Винников. – Вестник аграрной науки Дона. – 2011. – №1. – С. 74–78.

69. Тюхтин, А.И. Исследование технологического процесса и эксплуатационных показателей автоматизированных доильных установок с индивидуальными станками проходного типа: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Тюхтин А.И. – Челябинск, 1970. – 21 с.

70. Протокол № 76-70 (ОП12824) испытания опытного образца автоматизированной доильной установки УДА-24 «Комсомолка». – Прибалтийская МИС, 1970. – 25 с.

71. А.с. №360924 СССР А01j 5/00. Доильная установка типа «тандем» / Винников И.К., Бабкин В.П., Гузненко В.И., Петровский МА., Жданов В.И. (Всероссийский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства и Головное СКБ по комплексу машин для ферм крупного рогатого скота) (21) 1671311/30–15; Заявл. 11.06.1971. – 1973. – Бюл. № 1.

72. А.с. №376601 СССР F 15C 3/04. Пневматический мембранный элемент / Винников И.К., Бабкин В.П., Дриго В.А., Лаурс А.Р., Балодис В.Н. (Всероссийский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства) (21) 1668950/18–24; Заявл. 11.06.1971. – 1973. – Бюл. №17.

73. А.с. №389346 СССР F16l 33/02 А01j 7/00. Вакуумное запорное устройство / Винников И.К., Бабкин В.П., Дриго В.А., Лаурс А.Р., Балодис В.Н. (Всероссийский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства и Головное СКБ по комплексу машин для ферм крупного рогатого скота) (21) 1671312/30.15; Заявл. 11.06.1971. – 1973. – Бюл. №29.

74. А.с. №392916 СССР А01j 5/04. Манипулятор доения / Бабкин В.П., Винников И.К. (Всероссийский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства) (21) 1357195/30–15; Заявл. 18.08.1969. – 1973. – Бюл. №33.

75. А.с. №435793 СССР А01j 7/00. Пневматическое реле для доильных ус-

тановок / Бабкин В.П., Винников И.К. (Всероссийский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства) (21) 1357197/30–15; Заявл. 18.08.69. – 1974. – Бюл. №26.

76. А.с. №635934 СССР F01 К 5/00, A01j 7/00. Устройство для автоматической выдачи кормов / Бериньш А.А., Винников И.К. (Головное СКБ по комплексу машин для ферм крупного рогатого скота) (21)1866381/30–15; Заявл. 04.01.73. – 1978. – Бюл. №45.

77. А.с. №648174 СССР A01j 7/00. Манипулятор к доильным аппаратам / Берендс Т.К., Винников И.К., Забродина О.Б., Дриго В.А. (Всероссийский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства) (21)2438744/30–15; Заявл. 04.01.77. – 1979. – Бюл. №7.

78. А.с. №792622 СССР A01j7/00. Устройство для управления процессом доения / Стенгревицс О.Я., Галван Б.И., Дриго В.А. (Головное СКБ по комплексу машин для ферм крупного рогатого скота) (21)2554525/30–15; Заявл. 13.12.77. – 1982. – Бюл. №6.

79. А.с. №897179 СССР A01j 5/14. Манипулятор к доильным аппаратам / Винников И.К., Дриго В.А., Цой Ю.А., Берендс Т.К. Забродина О.Б., Зеленцов А.И. (Всероссийский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства) (21) 2952274/30–15; Заявл. 04.07.80. –1982. – Бюл. №2.

80. А.с. №1034665 СССР A01j 5/04. Манипулятор для доения коров / Винников И.К., Дриго В.А., Сисюкин Ю.М., Берендс Т.К., Забродина О.Б., Розенберг Я.Я. (Всероссийский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства) (21) 3416439/30–15; Заявл. 30.03.8. – 1983. – Бюл. №30.

81. А.с. №1158118 СССР A01j 7/00. Устройство для управления процессом доения / Винников И.К., Дриго В.А. Талинский Р.В., Забродина О.Б. (Всероссийский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства) (21) 3644471/30–15; Заявл. 21.09.83. – 1985. – Бюл. №20.

82. Установка доильная автоматизированная «Елочка-Автомат» УДА-16А. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Курган: Советское Зауралье, 1987. – 86 с.

83. Установка доильная автоматизированная «Тандем-Автомат» УДА-8А. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Курган: Советское Зауралье, 1987. – 92 с.

84. А.с. №793504 СССР А01j 7/00. Устройство для учета количества молока в процессе доения / Винников И.К., Золотуский Ю.Л., Королев В.А. (Всероссийский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства) (21) 2787472/30–15; Заявл. 18.06.79. – 1981. – Бюл. №1.

85. А.с. №847051 СССР G01 F 13/00. Счетчик молока / Болотин В.М., Винников И.К., Золотуский Ю.Л., Минкович Т.А., Розенберг А.М. (Симферопольский филиал НПО «Агроприбор») (21) 813352Л8–10; Заявл. 31.08.79. – 1981. – Бюл. №26.

86. А.с. №869711 СССР А01j 7/00. Устройство для контроля количества надоенного молока / Винников И.К., Дриго В.А., Королев В.А., Золотуский Ю.Л. (Всероссийский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства) (21) 2893668/30; Заявл. 12.03.80. – 1981. – Бюл. №7.

87. А.с. №906460 СССР А01j 7/00. Устройство для учета количества молока в процессе доения / Винников И.К., Дриго В.А., Королев В.А. (Всероссийский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства) (21) 2985000/30 –15; Заявл. 06.08.80. – 1982. – Бюл. №7.

88. А.с. №982627 СССР А01j 7/00. Устройство для учета количества молока в процессе доения / Винников И.К., Дриго В.А., Бершицкий Ю.И., Золотуский Ю.Л. (Всероссийский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства) (21)3331003/30–15; Заявл. 17.08.81. – 1982. – Бюл. №47.

89. А.с. №1083981 СССР А01j 7/00. Устройство для регистрации параметров молоковыведения / Винников И.К., Королев В.А., Бершицкий Ю.И. (Всероссийский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства) (21) 3465979/30–15; Заявл. 07.07.82. – 1984. – Бюл. №13.

90. Механизация ферм крупного рогатого скота. Тенденция развития сельскохозяйственной техники за рубежом. – М.: Росинформагротех, 2004. – С. 99–104.

91. Таннебергер, Т. Железная рука. / Т.Таннебергер. – Новое сельское хозяйство. – 2004. – №3. – С. 62–66.

92. Соболев, Н. Роботы-дояры на Вологодской земле / Н.Соболев. – Животноводство России. – 2008. – №3. – С. 44–46.

93. Шиловский, Г. Технология XXI века – залог успеха крупного молочного сельхозпредприятия / Г.Шиловский, Б.Билько. – Молочное и мясное скотоводство. – 2008. – №6. – С. 12–14.

94. Кормановский, Л.П. Тенденция применения доильных роботов / Л.П. Кормановский, Ю.А.Иванов, И.К.Текучев. – Техника и оборудование для села. – 2008. – №8. – С. 36–38.

95. Соболев, Н. Итоги года и планы «ДеЛаваль» / Н.Соболев. – Животноводство России. – 2009. – №3. – С. 11–14.

96. Винников, И.К. Технологический регламент автоматизированного доения коров / И.К.Винников, О.Н.Бахчевников, Ю.В.Пахомов, И.А.Шелушнина. – зерноград: СКНИИМЭСХ, 2011. – 47 с.

97. Патент №2440716 RU A01J 5/00. Двухрежимный доильный аппарат / И.К.Винников, Ю.В.Пахомов, О.Н.Бахчевников, А.В.Коваленко, И.А.Шелушнина / Заявл. 09.03.2010; опубл. 27.01.2012. – 2012. – Бюл. №3.

98. Патент №2423822 RU A01J 5/00. Передвижной доильный модуль / И.К. Винников, Л.П.Кормановский, О.Н.Бахчевников, Ю.В.Пахомов. / Заявл. 08.02.2010; опубл. 20.07.2011. – 2011. – Бюл. №20.

99. Винников, И.К. Организационно-технологический проект автоматизированной системы устойчивого производства молока / И.К.Винников, О.Б.Забродина, О.Н.Бахчевников, Е.В.Бенова, Ю.В.Пахомов, И.А.Шелушнина. – зерноград: СКНИИМЭСХ, 2011. – 87 с.

100. Забродина, О.Б. Пневматическая система автоматизированного управления процессом доения коров: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Забродина Ольга Борисовна. – Минск, 1988. – 195 с.

101. Карташов, Л.П. Технологические основы создания управляемой системы при машинном доении коров: автореф. дис. докт. техн. наук: 05.20.01 /

Карташов Леонид Петрович. – Волгоград, 1973. – 46 с.

102. Карташов, Л.П. Машинное доение коров / Л.П.Карташов. – М.: Колос, 1982. – 301 с.

103. Келпис, Э.А. Научные основы создания доильных установок для ферм промышленного типа: автореф. дис. докт. техн. наук: 05.20.01 / Келпис Э.А. – Елгава, 1972. – 54 с.

104. Келпис, Э.А. О связи между физиологическим состоянием вымени и скоростью доения / В сб.: Физиология и механизация доения коров. – Рига: Звайгзне, 1968. – С. 133–138.

105. Краснов, И.Н. Доильные аппараты / И.Н.Краснов. – Ростов н/Д: Изд-во Ростовского университета, 1974. – 228 с.

106. Петровский, В.А. Исследование и обоснование параметров формирователя и преобразователя пневматического сигнала для доильного аппарата: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / Петровский Виктор Александрович. – Челябинск, 1978. – 19 с.

107. Скроманис, А.А. Исследование исполнительных механизмов доильного аппарата с целью улучшения качества процесса доения: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / Скроманис А.А. – Елгава, 1962. – 28 с.

108. Скроманис, А.А. Пневматический пульсатор с самоустанавливающейся частотой пульсации / В сб.: Физиология и механизация доения коров. – Рига: Звайгзне, 1968. – С. 220–240.

109. Скроманис, А.А. Вопросы теории пневматических пульсаторов доильного аппарата / В сб.: Физиология и механизация доения коров. – Рига: Звайгзне, 1968. – С. 184–219.

110. Хозяев, И.А. Научные основы и инженерные методы расчетов надежности сельскохозяйственных биотехнических систем «человек – машина – животное»: автореф. дис. докт. техн. наук: 05.20.01 / Хозяев Игорь Алексеевич. – Ростов на/Д, 1984. – 44 с.

111. Берендс, Т.К. Элементы и схемы пневмоавтоматики / Т.К.Берендс, Т.К.Ефремова, А.А.Тагаевская, С.А.Юдицкий. – М.: Машиностроение, 1976. –

246 с.

112. Ведищев, С.М. Механизация доения коров: Учебное пособие / С.М. Ведищев. – Тамбов: Изд-во Тамбовского гос. техн. университета, 2006. – 160 с.

113. Цой, Ю.А. Тенденции развития доильного оборудования за рубежом (аналитический обзор) / Ю.А.Цой, Н.П.Мишуров, В.В.Кирсанов, А.И.Зеленцов. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2000. – 76 с.

114. Куспаков, Р.С. Разработка и исследование доильного аппарата с плавными переходными процессами: дис....канд. техн. наук: 05.20.01 / Куспаков Рустам Самрадович. – Оренбург, 2004. – 189 с.

115. Шевцова, Е.В. Обоснование конструктивных параметров пульсатора, исходя из особенностей работы сосковой резины в процессе машинного доения коров: дис....канд. техн. наук: 05.20.01 / Шевцова Елена Владимировна. – Челябинск, 2000. – 182 с.

116. Гринченко, В.А. Обоснование конструктивно-режимных параметров доильного аппарата с электропульсатором на основе линейного двигателя: дис....канд. техн. наук: 05.20.01 / Гринченко Виталий Анатольевич. – Ставрополь, 2011. – 197 с.

117. Бенова, Е.В. Переходные и релейные характеристики пульсаторов двухтактных и трехтактных доильных аппаратов / Е.В.Бенова, Ю.В.Пахомов, Г.А.Падалко. – Инновационные технологии и технические средства в животноводстве: сб. научных трудов ВНИПТИМЭСХ. – зерноград, 2008. – С. 112–120.

118. Пахомов, Ю.В. К обоснованию параметров и режимов работы двух-трехтактного доильного аппарата с управляемым пульсатором / Ю.В.Пахомов. – Научные основы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных: сб. научных трудов СКНИИЖ. – Ч. I. – Краснодар, 2008. – С. 139–142.

119. Винников, И.К. Методика синтеза вакуумных аппаратов рациональной структуры для модернизации доения / И.К.Винников, Ю.В.Пахомов. – Инновационные процессы и технологии в животноводстве: исследования, испытания, внедрение: Сб. научных трудов международной научн.-практ. конференции СКНИИМЭСХ. – зерноград, 2011. – С. 107–114.

120. Винников, И.К. Переходные и релейные характеристики пульсаторов двухрежимных двух-трехтактных доильных аппаратов. / И.К.Винников, Е.В.Бенова, Ю.В.Пахомов. – Вестник аграрной науки Дона. – 2008. – №2. – С. 47–52.

121. Бенова, Е.В. Результаты исследований двухрежимного доильного аппарата для доения коров в коровниках и на пастбищах / Е.В.Бенова, Ю.В.Пахомов. – Научно-технический прогресс в животноводстве – стратегия машинно-технологического обеспечения производства продукции на период до 2020 г. Сб. научных трудов ГНУ ВНИИМЖ. – Подольск, 2009. – С. 66–73.

122. Бенова, Е.В. Динамическая модель автоматизированного доильного аппарата / Е.В.Бенова, Ю.В.Пахомов. – Механизация технологических процессов в животноводстве: технологии, машины, оборудование: сб. научных трудов ВНИПТИМЭСХ. – зерноград, 2009. – С. 66–73.

123. Дмитренко, С.А. Модель и характеристики энергосберегающей вакуумной системы питания доильных установок с грузовым регулятором: дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / Дмитренко Сергей Александрович. – зерноград, 2009. – 157 с.

124. Винников, И.К. Динамические процессы и передаточная функция струйно-сильфонного вакуумного устройства управления доением / И.К.Винников, С.А.Дмитренко, Ю.В.Пахомов. – Техника в сельском хозяйстве. – 2009. – №2. – С. 19–20.

125. Залманзон, Л.А. Теория элементов пневмоники / Л.А.Залманзон. – М.: Наука, 1969. – 507 с.

126. Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического регулирования / В.А.Бесекерский, Е.П.Попов. – М.: Наука, 1972. – 768 с.

127. Шавров, А.В. Автоматика / А.В.Шавров, А.П.Коломиец. – М.: Колос, 2000. – 264 с.

128. Винников, И.К. Совершенствование технологии доения коров в стойлах. / И.К.Винников, О.Н.Бахчевников, Ю.В.Пахомов. – Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – №5. – С. 21-25.

129. Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.В.Веденяпин. – М.: Колос, 1967. – 159 с.

130. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е.Гмурман. – М.: Высшая школа, 1977. – 479 с.

131. Кассандрова, О.Н. Обработка результатов наблюдений / О.Н.Кассандрова, В.В.Лебедев. – М.: Наука, 1970. – 104 с.

132. Овсянников, А.И. Основы опытного дела в животноводстве / А.И.Овсянников. – М.: Колос, 1976. – 303 с.

133. Правила машинного доения. – М.: ВО «Агропромиздат», 1989. – 41 с.

134. Драгайцев, В.И. Методика экономической оценки технологий и машин в сельском хозяйстве. / В.И.Драгайцев, Н.М.Морозов. – М.: ВНИИЭСХ, 2010. – 147 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2423822

ПЕРЕДВИЖНОЙ ДОИЛЬНЫЙ МОДУЛЬ

Патентообладатель(ли): *Государственное научное учреждение
"Всероссийский научно-исследовательский проектно-
технологический институт механизации и электрификации
сельского хозяйства" (ВНИПТИМЭСХ) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2010104406

Приоритет изобретения 08 февраля 2010 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Российской Федерации 20 июля 2011 г.

Срок действия патента истекает 08 февраля 2030 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной
собственности, патентам и товарным знакам



Б.П. Симонов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 423 822** (13) **C1**(51) МПК
A01J 500 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010104406/21, 08.02.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.02.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 08.02.2010

(45) Опубликовано: 20.07.2011 Бюл. № 20

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2071247 C1, 10.01.1997. GB 712760 A,
28.07.1954. GB 394530 A, 29.06.1933. DE
20318152 U1, 19.02.2004. WO 99/25177 A1,
27.05.1999. SU 104377 A, 01.01.1956.

Адрес для переписки:

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул.
Ленина, 14, ВНИПТИМЭСХ

(72) Автор(ы):

Винников Иван Кириллович (RU),
Кормановский Леонид Петрович (RU),
Бахчевников Олег Николаевич (RU),
Пахомов Юрий Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное научное учреждение
"Всероссийский научно-исследовательский
проектно-технологический институт
механизации и электрификации сельского
хозяйства" (ВНИПТИМЭСХ) (RU)**(54) ПЕРЕДВИЖНОЙ ДОИЛЬНЫЙ МОДУЛЬ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскому хозяйству. Передвижной доильный модуль содержит тележку 1 с колесами 2, рамой 3 и платформой 4, минимум один доильный аппарат 6 с доильными стаканами 9, пульсатором 10 и коллектором 8, вакуумным управляющим устройством 11, молочным 20 и вакуумным 22 шлангами и съемником доильных стаканов 14. Съемник 14 включает трубу 12, закрепленную на раме 3, вертикальную стойку 13, рычаг 15, шнур 16, шарниры 17 и вакуумный привод 18. Вертикальная стойка 13 установлена в трубе 12 с возможностью вращения в горизонтальной

плоскости. Рычаг 15 съемника доильных стаканов 14 соединен шнуром 16 с подвесной частью 7 доильного аппарата 6. Рычаг 15 имеет возможность поворота в вертикальной плоскости на двух шарнирах 17, один из которых соединен с вертикальной стойкой 13 непосредственно, а другой - через вакуумный привод 18. Изобретение обеспечивает повышение производительности труда оператора в процессе доения коров в стойлах, увеличивает количество доильных аппаратов, обслуживаемых оператором, упрощает конструкцию и эксплуатацию автоматизированных доильных аппаратов. 2 ил.

RU 2 4 2 3 8 2 2 C 1

RU 2 4 2 3 8 2 2 C 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2440716

ДВУХРЕЖИМНЫЙ ДОИЛЬНЫЙ АППАРАТ

Патентообладатель(ли): *Государственное научное учреждение
"Всероссийский научно-исследовательский и проектно-
технологический институт механизации и электрификации сельского
хозяйства" (ВНИИТИМЭСХ) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2010108555

Приоритет изобретения **09 марта 2010 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Российской Федерации **27 января 2012 г.**

Срок действия патента истекает **09 марта 2030 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU**⁽¹¹⁾ **2 440 716**⁽¹³⁾ **C2**(51) МПК
A01J 5/00 (2006.01)**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2010108555/13, 09.03.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.03.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.03.2010

(43) Дата публикации заявки: 20.09.2011 Бюл. № 26

(45) Опубликовано: 27.01.2012 Бюл. № 3

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2363150 C1, 10.08.2009. GB 1545676 A,
10.05.1979. CA 1051366 A1, 27.03.1979. RU
2257707 C1, 10.08.2005. WO 2005022986 A1,
17.03.2005.

Адрес для переписки:

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул.
Ленина, 14, ВНИПТИМЭСХ

(72) Автор(ы):

Винников Иван Кириллович (RU),
Пахомов Юрий Викторович (RU),
Бахчевников Олег Николаевич (RU),
Коваленко Алексей Владимирович (RU),
Шелушнина Ирина Александровна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное научное учреждение
"Всероссийский научно-исследовательский и
проектно-технологический институт
механизации и электрификации сельского
хозяйства" (ВНИПТИМЭСХ) (RU)**(54) ДВУХРЕЖИМНЫЙ ДООИЛЬНЫЙ АППАРАТ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскому хозяйству. Предложенный двухрежимный доильный аппарат содержит доильные стаканы 8, шланги, молочные трубки, штуцеры, пульсатор 12 и коллектор 1, соединенные между собой каналом переменного вакуума 19, вакуумное управляющее устройство 20 с переключателем команд, два вакуумных логических элемента «ИЛИ». Пульсатор включает управляющую камеру 14, коллектор - управляющую 4 и распределительную 2 камеры. Переключатель команд содержит корпус 21 с камерами постоянного вакуума 29 и атмосферы 30 и

плунжер 22 с каналами и штуцерами и первый вакуумный логический элемент «ИЛИ» 16. Второй вакуумный логический элемент «ИЛИ» 6 установлен на входе управляющей камеры 4 коллектора 1, один из входов которого соединен с каналом переменного вакуума 19 доильного аппарата, а другой - через один из штуцеров 23 и канал плунжера 22 связан с камерой постоянного вакуума 29 или атмосферы 30 переключателя команд вакуумного управляющего устройства 20 в зависимости от положения плунжера 22. Изобретение обеспечивает повышение надежности и эффективности работы доильного аппарата. 2 ил.

RU 2 4 4 0 7 1 6 C 2

RU 2 4 4 0 7 1 6 C 2

Приложение Б

Российская академия сельскохозяйственных наук
Государственное научное учреждение
Северо-Кавказский научно-исследовательский институт
животноводства

СПРАВКА

об использовании материалов диссертации
научного сотрудника ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии
Бахчевникова Олега Николаевича

ГНУ СКНИИЖ Россельхозакадемии приняты к использованию технология автоматизированного доения коров в стойлах двухрежимным двух-трехтактным доильным аппаратом, изложенная в «Технологическом регламенте автоматизированного доения коров. / И.К.Винников, О.Н.Бахчевников, Ю.В.Пахомов, И.А.Шелушина. // Зерноград: СКНИИМЭСХ, 2011. – С.47» и в «Организационно-технологическом проекте автоматизированной системы устойчивого производства молока. / И.К.Винников, О.Б.Забродина, О.Н.Бахчевников, Е.В.Бенова, Ю.В.Пахомов, И.А.Шелушина. // Зерноград: СКНИИМЭСХ, 2011. – С.87», и результаты последних исследований научного сотрудника ГНУ СКНИИМЭСХ Бахчевникова О.Н., изложенные в его диссертационной работе «Модели, характеристики и параметры вакуумных пульсаторов стойловых доильных автоматов. – Зерноград, 2013. – С.162».

Материалы используются в разрабатываемом «Организационно-технологическом проекте системы устойчивого производства питьевого молока в санаторно-курортных зонах Краснодарского края (на основе модернизации доения)».

Заведующий отделом скотоводства,
доктор с.-х. наук, профессор

В.Т.Головань

Подпись В.Т.Голован заверяю.
Ученый секретарь института

В.Н.Богданенко



ОАО «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение»



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«АЗОВСКИЙ ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ЗАВОД»

ул. Промышленная, 5, г. Азов, Ростовской обл., Россия, 346780
Тел. (86342) 4-07-67, тел./факс 5-27-99 E-mail: volna.aomz@mail.ru.
ОКПО: 07539340, ОГРН: 1046140009530, ИНН: 6140022069, КПП: 614001001

JOINT STOCK COMPANY «AZOVSKIY OPTIKO-MEKHANICHESKIY ZAVOD»

5, Promyshlennaya St., Azov, Rostov region, Russia, 346780

Phone: +7 (86342) 4-07-67
Fax: +7(86342) 5-27-99

СПРАВКА

об использовании материалов диссертационной работы
научного сотрудника ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии
Бахчевникова Олега Николаевича
в ОАО «Азовский оптико-механический завод»

ОАО «Азовский оптико-механический завод» от ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии принята к использованию техническая документация: техническое описание, паспорт, технические условия и техническое задание на разработку на «Автоматизированный двухрежимный двух-трехтактный доильный аппарат АДД-2/3 с вакуумным управляемым пульсатором», подготовленная по результатам диссертационной работы «Модели, характеристики и параметры вакуумных пульсаторов стойловых доильных автоматов» научного сотрудника ГНУ СКНИИМЭСХ Бахчевникова О.Н.

Материалы будут использованы при доработке конструкторской документации на доильный аппарат АДД-2/3 с вакуумным управляемым пульсатором

Главный конструктор



Л.Л.Четвериков

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ФГУП

«Экспериментальное»

Россельхозакадемии


Н.Н. Коломийцев

« » 2013 г.



А К Т

производственной проверки управляемого двух-трехтактного доильного аппарата с управляемым пульсатором

Мы, нижеподписавшиеся, зав. отделом механизации животноводства ГНУ СКНИИМЭСХ канд. техн. наук С.В.Брагинец, научный сотрудник О.Н. Бахчевников, бригадир МТФ Сёмиков А.Л. составили настоящий акт в том, что в период с 01.11.2013 г. по 07.11.2013 г. при доении непосредственно в стойлах коровника молочно-товарной фермы ФГУП «Экспериментальное» Зерноградского района Ростовской области была проведена производственная проверка управляемого двух-трехтактного доильного аппарата, включавшего управляемый пульсатор. Управляемый доильный аппарат использовался в составе передвижного доильного модуля, включавшего тележку, доильное ведро, датчик интенсивности потока молока и пневмо-механический сьемник доильных стаканов.

Управляемый двух-трехтактный доильный аппарат, включающий управляемый пульсатор, был разработан в ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии с использованием результатов исследований научного сотрудника О.Н. Бахчевникова.

Целью проверки являлась проверка работоспособности доильного аппарата в реальных условиях эксплуатации на молочно-товарной ферме.

Обслуживаемое поголовье – 30 коров черно-пестрой породы, средней продуктивностью 4-5 тыс.кг молока в год, доение двухразовое.

В результате проверки установлено, что управляемый доильный аппарат позволяет получить более высокую скорость выведения молока в процессе доения животных, по сравнению с аппаратом, работающим в постоянном режиме. При разовом удое по группе 5,7 кг животные выдаивались за 3,5-4,0 мин, со средней скоростью молоковыведения 1,9 кг/мин. Изменение режима работы управляемого аппарата при снижении интенсивности молокоотдачи оказывает стимулирующее воздействие на вымя животного. Это подтверждается изменением интенсивности *молокоотдачи в конце доения, которое наблюдается при переходе на трехтактный режим работы, в ходе которого осуществляется додаивание.

В процессе доения благодаря применению управляемого сигналами датчика молоковыведения пульсатора обеспечивалось изменение парамет-

ров аппарата (частота пульсаций и соотношение тактов) при изменении интенсивности молокоотдачи. При увеличении интенсивности молокоотдачи наблюдалось снижение частоты пульсаций и изменение соотношения тактов за счет увеличения продолжительности такта сосания. При снижении интенсивности молокоотдачи наблюдалось увеличение частоты пульсаций и изменение соотношения тактов за счет уменьшения продолжительности такта сосания.

За время производственной проверки управляемого доильного аппарата было установлено, что он прост и надежен в работе, стабильно выполняет функции начального массажа вымени, контроля за процессом доения, обеспечивает быстрое и полное выдаивание в двухтактном режиме, додаивание (в трехтактном режиме), своевременное отключение в конце доения и снятие доильных стаканов. При использовании аппарата не было зафиксировано случаев передержки доильных стаканов на вымени коров и травмирования его вакуумом. Полнота выдаивания коров аппаратом, проверяемая путем проведения ручного дооя, составила 99%.

Использование управляемого доильного аппарата позволило устранить ручные и машинно-ручные операции додаивания и отключения аппарата.

На основании проведенной производственной проверки комиссия считает:

1. Управляемый двух-трехтактный доильный аппарат с управляемым пульсатором простым и надежным в работе, стабильно выполняющим возложенные на него функции.

2. Используемые в опытных образцах доильного аппарата узлы, изготовленные в условиях несерийного производства, иногда допускали прососы воздуха.

3. После устранения отмеченных недостатков управляемый двух-трехтактный доильный аппарат с управляемым пульсатором может быть представлен на МИС для проведения государственных испытаний.

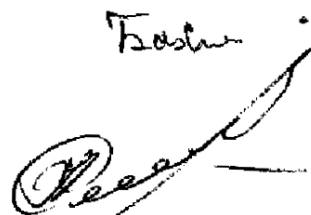
Зав. отделом механизации
животноводства ГНУ СКНИИМЭСХ

 С.В. Брагинец

Науч. сотрудник отдела
механизации животноводства
ГНУ СКНИИМЭСХ

 О.Н. Бахчевников

Бригадир МТФ
ФГУП «Экспериментальное»

 А.Л. Семиков

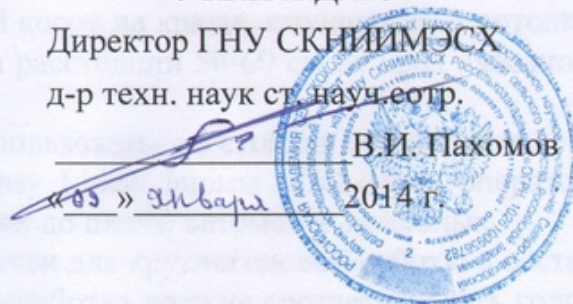
Приложение В

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ГНУ СКНИИМЭСХ
д-р техн. наук ст. науч. сотр.

В.И. Пахомов

2014 г.



«ЗООТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ НА АВТОМАТ СТОЙЛОВЫЙ ДОИЛЬНЫЙ» (ПРОЕКТ)

1. Назначение

1.1. Автомат стойловый доильный (автомат доильный, автомат) предназначен для машинного доения коров (после надевания вручную на соски вымени доильных стаканов), контроля за процессом доения, массажа вымени, своевременного додаивания, отключения от вакуума, снятия и выведения подвесной части доильного аппарата из-под вымени коров после окончания выдаивания на отечественных доильных установках всех типов, включая стойловые и пастбищные.

2. Место в системе машин

2.1. Вместо манипулятора МД-Ф-1 для станочных доильных установок УДА-8 «Тандем» и УДА-16 «Елочка» – позиции Ж1.6.17 С.М. на 1981-1990 гг. Ч. II и Ж1.5.07 С.М. на 1986-1995 гг. Ч. II.

2.2. Для стойловых доильных установок автомат доильный предлагается впервые.

3. Зона применения

3.1. Автомат доильный предназначен для применения на отечественных доильных установках всех типов, включая стойловые и пастбищные, во всех регионах Российской Федерации.

3.2. Ориентировочная потребность – 10 тыс. комплектов в год.

4. Завод-изготовитель

4.1. ОАО «Азовский оптико-механический завод» (АОМЗ).

5. Условия работы

5.1. Автомат доильный для работы в стойлах или в доильных станках размещается на доильных установках как серийный доильный аппарат, на автоматизированных доильных установках УДА-8 «Тандем» и УДА-16 «Елочка» – вместо манипуляторов МД-Ф-1.

5.2. Гофровый пневмосъемник подвесной части автомата перед доением подвешивается в стойлах между парой коров на крюке, опущенном с потолка на высоту 1,8-2,0 м от уровня пола на расстоянии 50-60 см от края навозной канавки.

5.3. Автомат доильный может использоваться в стойлах совместно с легкой транспортной системой типа «Easy Line» фирмы «DeLaval», оператор при этом должен обслуживать в стойлах до шести автоматов доильных.

5.4. Автомат доильный предназначен для круглогодичной работы в составе доильной установки, его годовая выработка должна соответствовать годовой выработке доильной установки, с которой он скомплектован.

5.5. Автомат доильный предназначен для доения коров с годовой продуктивностью не ниже 3000 кг, соответствующих требованиям «Правил машинного доения коров».

5.6. Промывку и дезинфекцию поверхностей автомата доильного, соприкасающихся с молоком, осуществлять с применением моющих и дезинфицирующих средств в соответствии с «Правилами машинного доения коров» и «Санитарными правилами по уходу за доильными установками и молочной посудой, контролю их санитарного состояния и санитарного качества молока».

6. Качественные показатели технологического процесса

6.1. Автомат доильный должен работать в четырех режимах:

6.1.1. Основной – комбинированный режим с плавно изменяющимися параметрами в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения с переключением на двухтактный режим при бурном молоковыведении (800-1000 г/мин) и автоматическим отключением после машинного додаивания в конце доения в трехтактном режиме при снижении молоковыведения до 200 г/мин.

6.1.2. При включённом управляющем устройстве и отсутствии аналогового сигнала датчика автомат доильный должен работать в двух-трехтактном режиме с изменяющейся скачком средней действующей величиной вакуума под соском, в конце доения после машинного додаивания отключается автоматически.

6.1.3. При включённом фиксированном нижнем положении управляющего устройства автомат доильный должен работать в трехтактном режиме с плавно изменяющимися параметрами в зависимости от интенсивности молочного потока, отключение ручное.

6.1.4. При отсутствии датчика, управляющего устройством и съемника автомат доильный должен работать в двухтактном режиме с ручным включением, выключением и снятием.

6.2. При работе автомата доильного в режимах 6.1.1 и 6.1.3 его основные параметры, в зависимости от интенсивности и фазы молоковыведения, должны плавно изменяться в физиологически обоснованных пределах: соотношение тактов от 1:1 до 4:1, частота пульсаций от 2,2 до 1,2 Гц и величина вакуума под соском – $(0,5-0,8)P_{\text{пит}}$ и далее скачком до $P_{\text{пит}}$.

6.3. Автомат доильный должен обеспечивать безопасное «количество вакуума» при «сухом доении» коров не за счет снижения его величины под со-

ском, как в системах «Duovac», а за счет сокращения длительности такта сосания в трехтактном цикле его работы, соответствующего увеличению такта отдыха и своевременного отключения и снятия доильных стаканов, чтобы «количество вакуума» $W = \lambda \cdot P \cdot t$, действующего при этом на незащищенные молоком внутренние ткани сосков и вымени, не превышало опасных значений: в начале доения $W_n \leq 3 \cdot 10^3$ кПа·с, в конце $W_k \leq 1,5 \cdot 10^3$ кПа·с (P – величина рабочего вакуума, кПа, λ – доля такта сосания в трехтактном цикле работы аппарата, t – время, с).

6.4. Автомат доильный должен обеспечить чистоту выдаивания с остаточным молоком в среднем 200 г на корову, более 80% коров в стаде должны иметь контрольный додой менее 200 г.

6.5. Для обеспечения своевременного припуска молока и требуемой полноты выдаивания автомат доильный в начальной и заключительной фазах доения должен проводить массаж сосков и вымени, работая в трехтактном режиме. Если интенсивность молоковыведения через 60 с после подключения не достигнет 800-1000 г/мин, автомат должен подать сигнал или автоматически отключиться и вывести подвесную часть из-под вымени коровы.

6.6. Машинное додаивание в трехтактном режиме должно начинаться при снижении интенсивности молоковыведения до 400 г/мин и продолжаться не более 60 с, «сухое доение» при этом не должно превышать 30 с.

6.7. Автомат доильный при снижении интенсивности молоковыведения до 200 г/мин и менее должен автоматически отключаться, снимать доильные стаканы с сосков вымени и выводить подвесную часть из-под вымени коровы.

6.8. При доении в стойлах количество коров больных маститом в стаде не должно превышать 5% (как при ручном доении).

7. Техничко-эксплуатационные требования и показатели, регулирующие надежность

7.1. После надевания доильных стаканов на соски вручную массаж, заданный режим доения, машинное додаивание, отключение, снятие и вывод подвесной части из-под вымени должны осуществляться автоматически.

7.2. Вакуумный привод и управление работой автомата доильного должны обеспечиваться вакуумной системой доильной установки.

7.3. Монтаж автомата на доильной установке должен производиться без ее конструктивных изменений.

7.4. Конструкция автомата доильного не должна препятствовать возможности визуального контроля за процессом молоковыведения.

7.5. Автомат доильный должен соответствовать требованиям пунктов 3.4, 3.19, 3.22 по ГОСТ 11730-79 «Установки доильные. Общие технические условия».

7.6. Автомат доильный должен соответствовать требованиям ГОСТ 28545-90 (ИСО 5707-83) «Установки доильные. Конструкция и техническая характеристика».

7.7. Автомат стойловый доильный должен создаваться на базе отечественных серийных комплектующих (трехтактный доильный аппарат ДА-3М «Вол-

га», пульсатор ДД4-1 или АДУ-1, пневмодатчик манипулятора МД-Ф-1, пластмассовые, резинотехнические и прочие изделия), степень унификации – не ниже 0,85.

7.8. Конструкция автомата доильного и его комплектация в сочетании с доильной установкой должны обеспечивать возможность доения коров в неавтоматическом режиме.

7.9. Качество промывки и дезинфекции поверхностей узлов и деталей автомата доильного, соприкасающихся с молоком, должно соответствовать требованиям действующих «Правил машинного доения коров» и «Санитарных правил по уходу за доильными установками и молочной посудой, контролю их санитарного состояния и санитарного качества молока».

7.10. Конструкция автомата доильного должна позволять проводить его качественную циркуляционную промывку совместно с доильной установкой без увеличения затрат труда на ежедневное обслуживание.

7.11. В процессе доения количество случаев спадания с сосков доильных стаканов автомата не должно превышать количества случаев спадания стаканов неавтоматизированных доильных аппаратов.

7.12. Конструкция автомата доильного должна предотвращать попадание загрязнений в молокопроводящие пути при случайном спадании с сосков доильных стаканов.

7.13. Автомат доильный не должен препятствовать входу и выходу коров в доильный станок, доступу оператора к вымени и переходам оператора между станками и коровами.

7.14. Автомат стойловый доильный должен удовлетворять требованиям ГОСТ 12.2.042-91 ССБТ «Машины и технологическое оборудование для животноводства и кормопроизводства. Общие требования безопасности», а также требованиям «Правил техники безопасности в животноводстве».

7.15. Во исполнение Постановления Правительства РФ от 06.02.1993г. №105 «О новых нормах предельно допустимых нагрузок для женщин при подъеме и перемещении тяжестей» для транспортировки молока и доильной аппаратуры при доении коров в стойлах необходимо предусмотреть возможность использования наземных и подвесных транспортных средств типа «Easy Line».

7.16. Масса автомата доильного не должна превышать массу трехтактного доильного аппарата ДА-3М «Волга» больше, чем на 25% массы его основной комплектации.

7.17. Узлы и детали автомата доильного должны иметь антикоррозионное покрытие или быть изготовлены из коррозионностойких материалов.

7.18. Срок службы автомата стойлового доильного – 7 лет.

7.19. Коэффициент готовности – не менее 0,99.

7.20. Коэффициент технического использования – не менее 0,98.

8. Экономические требования

8.1. За базовый вариант принята технология машинного доения коров в стойлах: надевание доильных стаканов на соски коров, контроль за процессом доения, машинное додаивание и снятие доильных стаканов вручную.

8.2. Снижение затрат труда на доение при использовании автомата доильного:

всего – не менее 30%,

дояра – не менее 40%.

8.3. Лимитная стоимость автомата доильного – двойная стоимость аппарата ДА-3М «Волга».

8.4. Годовой экономический эффект в расчете на один автомат доильный стойловый (минимальный) – 3 тыс. руб.

8.5. Снижение эксплуатационных затрат в расчете на один автомат доильный – не менее 25%.

8.6. Срок окупаемости в расчете на один автомат доильный – не более 1 года.

9. Срок действия зоотехнических требований

9.1. Срок действия настоящих зоотехнических требований – 5 лет со дня утверждения.

9.2. Проект зоотехнических требований разработан в отделе механизации животноводства ГНУ СКНИИМЭСХ при участии докт. техн. наук профессора кафедры «Процессы и машины в агробизнесе» Ставропольского ГАУ И.К.Винникова. Зоотехническая и физиологическая оценка автомата стойлового доильного проведена отделом скотоводства Северо-Кавказского НИИ животноводства (ГНУ СКНИИЖ) под руководством зав. отделом канд. биологических наук докт. сельскохозяйственных наук В.Т.Голованя.

Профессор кафедры «Процессы и машины
в агробизнесе» Ставропольского ГАУ
докт. техн. наук



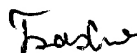
И.К.Винников

Ст. научный сотрудник отдела
механизации животноводства
канд. техн. наук



Е.В.Бенова

Научный сотрудник отдела
механизации животноводства



О.Н.Бахчевников

Зав. отделом
механизации животноводства
ГНУ СКНИИМЭСХ
канд. техн. наук



С.В.Брагинец