

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова»**



На правах рукописи

ЛОГАЧЁВА Оксана Владимировна

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОЕНИЯ КОРОВ
ПЕРЕНОСНЫМИ ДОИЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ
С РЕГУЛЯТОРОМ ВАКУУМА**

**Специальность 05.20.01 –
«Технологии и средства механизации сельского хозяйства»**

**ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

**Научный руководитель:
кандидат технических наук,
доцент Спевак В.Я.**

Саратов 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ.....	2
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ИССЛЕДОВАНИЙ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ МАШИННОГО ДОЕНИЯ КОРОВ. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	10
1.1. Значение машинного доения коров и технологические особенности получения молока.....	10
1.2. Технологические особенности доильных аппаратов с регулируемым вакуумом.....	15
1.3. Классификация доильных аппаратов с регулируемыми режимами доения.....	49
1.4. Обзор теоретических исследований доильных аппаратов с регулируемым вакуумом.....	55
1.5. Цель и задачи исследований.....	66
1.6. Программа и общая методика исследований.....	68
Выводы по главе.....	70
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПЕРЕНОСНОГО ДОИЛЬНОГО АППАРАТА С РЕГУЛЯТОРОМ ВАКУУМА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО КОНСТРУКЦИОННО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ.....	71
2.1. Обоснование конструкционно-технологической схемы переносного доильного аппарата.....	71
2.2. Описание конструкционно-технологической схемы и принципа работы усовершенствованного доильного аппарата.....	73
2.3. Анализ процесса доения.....	75
2.4. Скорость наполнения межстенной камеры доильного стаканга при неустановившемся движении воздуха.....	89
Выводы по главе.....	95
3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА	

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПЕРЕНОСНОГО ДОИЛЬНОГО АППАРАТА С РЕГУЛЯТОРОМ ВАКУУМА	97
3.1. Устройство и принцип действия экспериментальной установки.....	97
3.2. Программа исследований.....	100
3.2.1. Задачи исследований.....	100
3.2.2. Программа проведения эксперимента.....	101
3.3. Методика обработки экспериментальных данных.....	104
Выводы по главе.....	109
4. РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА И ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕНОСНОГО ДОИЛЬНОГО АППАРАТА С РЕГУЛЯТОРОМ ВАКУУМА	111
4.1. Результаты проведения экспериментальных исследований.....	111
4.2. Результаты исследований влияния конструкционно-режимных параметров работы доильного аппарата с автоматически изменяемым вакуумметрическим давлением.....	113
Выводы по главе.....	124
5. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА ПЕРЕНОСНОГО ДОИЛЬНОГО АППАРАТА С РЕГУЛЯТОРОМ ВАКУУМА, ВНЕДРЕНИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	126
5.1. Производственная проверка и внедрение результатов исследований..	126
5.2. Экономическая оценка результатов исследований.....	133
5.2.1. Расчет показателей экономической эффективности за счет снижения затрат ручного труда.....	134
5.2.2. Лимитная цена экспериментального доильного аппарата.....	135
5.2.3. Повышение экономической эффективности доильного аппарата в зависимости от количества остаточного молока.....	136
5.2.4. Расчет экономической эффективности доильного аппарата	

с автоматическим регулированием вакуумметрического давления.....	137
Выводы по главе.....	138
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	140
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	142
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	157

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важных условий безопасности страны является повышение уровня обеспечения населения молочными продуктами питания за счет собственного производства.

Животноводство – одна из важнейших отраслей сельскохозяйственного производства, удовлетворяющее потребности населения в продуктах питания и обеспечивающих сырьем другие отрасли перерабатывающей промышленности. Одним из условий успешного развития животноводства является создание прочной кормовой базы, что приведет к увеличению количества и качества производимой продукции.

Большинство сельскохозяйственных предприятий и личных подсобных хозяйств имеют молочно-мясное направление, и основой их экономической деятельности является получение наибольшего количества высококачественного молока при наименьших финансовых затратах.

Существенное влияние на величину удоя и содержание жира в молоке помимо кормления также оказывает технология доения коров.

Повышение эффективности производства молока (продуктивность животного и качество продукции, производительность труда, затраты материальных и энергетических ресурсов, себестоимость) решающим образом зависит от уровня технического обеспечения технологий доения коров.

В настоящее время эффективность доения коров без вреда для их здоровья нельзя рассматривать без обеспечения качественного машинного сопровождения процесса доения [12, 76].

Правильная техника доения обеспечивает наиболее полное удаление молока из молочной цистерны в короткий срок. Нарушение технологии доения снижает молочную продуктивность коров, прежде всего жирность молока.

Одним из факторов, снижающих рентабельность ведения молочного животноводства, являются болезни молочной железы – маститы. Снижение рентабельности складывается из недополучения запланированного молока от больной маститом коровы (от 150 до 200 л на переболевшую корову), ухудшения

качества получаемого молока, больших финансовых затрат на лечение больной коровы, а при тяжелой форме болезни и от преждевременной выбраковки, особенно молодых коров, в результате атрофии и индурации вымени (до 30 % переболевших коров преждеременно сдается на мясоперерабатывающие предприятия после 2–3-й лактации) что приводит к удорожанию одного скотоместа.

Несмотря на признаки стабилизации, наметившиеся в настоящее время в экономике России, постоянно сохраняются стратегические угрозы будущему развитию молочного животноводства. Прежде всего, это связано с отсутствием необходимых научных исследований и разработок, и как следствие – эффективных машин и механизмов, в частности, для доения сельскохозяйственных животных. Поэтому успешные сельскохозяйственные производители и крупные агрофирмы ориентируются, главным образом, на предложения западных предприятий, выпускающих доильные установки [76, 145].

В соответствии с целью стратегии машинно-технологического обеспечения производства продукции животноводства перед аграрным сектором экономики России поставлен ряд задач, направленных на повышение эффективности животноводства за счет создания принципиально новой инженерно-технической базы отрасли и техники нового поколения.

В животноводстве важную роль отводят технологиям и системам доения крупного рогатого скота. Предусматривается разработка и освоение промышленностью России машин для получения, хранения и переработки молока высокого качества и в большем количестве [114].

При обосновании машин и оборудования технологического процесса получения молока необходимо учитывать весь комплекс операций – от подготовительных, основных и заключительных операций процесса доения до хранения и переработки, т. к. от этого во многом зависит качество получаемой продукции. Слабым звеном в этой цепочке операций являются операции подготовительные, заключительные и сам процесс доения, т. к. он во многом

определяет количество и качество получаемого молока, здоровье и продуктивность животных [87].

Изучению вопросов механизации указанных процессов в отечественной практике были посвящены многие работы коллективов научно-исследовательских и проектно-технологических институтов, ГСКБ, МИС, вузов и других организаций. Аналитические и экспериментальные исследования в этой области проводили Л.П. Карташов [72, 73], В.Ф. Королев [88, 89], И.Н. Краснов [90], В.Ф. Ужик [59, 148], П.И. Огородников [115], Ю.А. Цой [164], С.А. Соловьев [145], Л.П. Кормановский [87] и др. ученые и инженеры.

Данные исследования, несомненно, внесли весомый вклад в развитие аграрной науки, но до сих пор остаются вопросы, связанные с исследованием и разработкой высокоэффективных технических средств для выполнения технологического процесса доения коров. Это и послужило основанием для проведения новых исследований и предопределило выбор темы диссертационной работы.

Цель настоящей работы, поставленная на основании исследований литературных источников – повысить полноту выдаивания коров переносными доильными аппаратами с регулятором вакуума путем обоснования их конструкционно-режимных параметров.

В соответствии с поставленной целью определены следующие основные задачи исследований:

- разработать классификацию и обосновать перспективное направление в создании переносных доильных аппаратов со сбором молока в доильное ведро, связанное с режимом доения, регулируемым в соответствии с молокоотдачей коров;
- разработать и обосновать конструкционно-технологическую схему доильного аппарата со сбором молока в доильное ведро, осуществляющего регулирование глубины разряжения вакуума в подсосковой камере доильных стаканов;

- теоретически обосновать рабочий процесс доения предлагаемым доильным аппаратом с регулятором вакуума и его конструкционно-режимные параметры

- экспериментально исследовать влияние конструкционно-режимных параметров переносного доильного аппарата на полноту выдаивания коров;

- провести производственные испытания переносного доильного аппарата с регулятором вакуума и дать технико-экономическую оценку его использования.

Необходимо всесторонне рассмотреть процесс доения сельскохозяйственных животных, оптимизировать конструкционно-технологическую схему переносного доильного аппарата с регулятором вакуума, регулируемым в соответствии с молокоотдачей при доении коров. Предлагаемые технические средства соответствуют условиям и режимам доения коров.

Научная новизна исследований работы заключается в разработке классификации доильных аппаратов; конструкционно-технологической схемы переносного доильного аппарата с регулятором вакуума; получении теоретических и экспериментальных зависимостей для обоснования его рабочего процесса и разработке методики исследования конструкционно-режимных параметров переносных доильных аппаратов с регулятором вакуума.

Можно сделать вывод, что задача создания и внедрения переносного доильного аппарата с регулятором вакуума является весьма актуальной, имеет важное народнохозяйственное значение и требует вполне определенного решения.

На основании выполненных исследований литературных источников на защиту выносятся новая конструкционно-технологическая схема переносного доильного аппарата с регулятором вакуума и следующие научные теоретические исследования:

- обоснование основных конструкционно-режимных параметров предлагаемого доильного аппарата и соответствующие аналитические выражения;
- результаты экспериментальных исследований по изучению влияния выбранных факторов на критерий оптимизации переносного доильного аппарата с регулятором вакуума и обоснования его конструкционно-режимных параметров;

- уточненные и дополненные теоретические исследования для расчета переносного доильного аппарата с регулятором вакуума, регулируемым в соответствии с молокоотдачей, позволяющие определить параметры машины на стадии ее проектирования;
- результаты производственной проверки предложенного переносного доильного аппарата с регулятором вакуума и экономическая оценка результатов исследований.

ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ИССЛЕДОВАНИЙ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ МАШИННОГО ДОЕНИЯ КОРОВ. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Значение машинного доения коров и технологические особенности получения молока

Машинное доение – это процесс выведения молока из вымени коров и сбора его в доильную емкость при непосредственном контакте доильного аппарата с организмом животного. Оно позволяет снизить затраты труда и повысить его производительность по сравнению с ручным доением в 2–5 раз. Кроме того, машинное доение является основным процессом, влияющим как на качество, так и на количество получаемого молока. При любом способе его проведения необходимо учитывать особенности процесса молокоотдачи, приспособленность доильного аппарата к выполнению заданных технологических функций в комфортных для животных условиях [23].

Из способствующих возникновению мастита факторов главную опасность представляют нарушения, допускаемые животноводами в технологии машинного доения:

- 1) использование доильных агрегатов, переоборудованных с трехтактного режима работы на двухтактный (происходит «наползание» легких доильных стаканов и травмирование тканей вымени у основания соска);
- 2) большая растянутость вакуумной линии, приводящая к колебаниям вакуума;
- 3) непроведение дояркой преддоильной стимуляции молокоотдачи, в результате чего у коровы не происходит припуск молока;
- 4) использование дояркой при подготовке к доению загрязненной или холодной воды;
- 5) увеличение частоты пульсации доильных стаканов (происходит повреждение соска вследствие постоянного воздействия вакуума);
- 6) неполное выдаивание.

Неполное выдаивание – одна из причин заболевания коров маститами. Так, при опорожнении вымени на 73 % все подопытные коровы заболевали маститом, при опорожнении на 91 % – заболела половина поголовья. Маститы не возникали в том случае, если вымя опорожнялось на 96–98 %. Каждая переболевшая субклиническим маститом корова недодает 50–100 кг, клиническим – 350 кг молока за лактацию.

Положительный результат машинного доения коров зависит от многих причин, в том числе от реакции животных на него, квалификации дояра и качества технического оборудования. Скорость молокоотдачи характеризует реакцию коров на механизированное доение. Доение коров более совершенными машинами способствует повышению производительности труда дояра, сокращает потребность в ручном труде и гарантирует защиту организма животного от стрессов и повреждений, получение молока большего количества при высоком качестве.

Современная технология машинного доения коров предусматривает выполнение следующих операций:

- создание вакуума в воздушной системе доильной машины;
- подготовку вымени коров к доению;
- надевание доильных стаканов на соски;
- доение и транспортировку молока в накопительную емкость;
- снятие доильных стаканов с сосков.

В технологическом процессе машинного доения коров наиболее трудоемкие операции механизированы. Проведенные исследования показали, что наименее механизированными являются преддоильная подготовка вымени коров к доению, надевание и снятие доильных стаканов, в общем объеме занимающие от 15 до 20 % от всего времени доения [114, 149].

Современное развитие доильной техники предусматривает роботизированные доильные установки, в которых автоматизированы основные технологические операции:

- определение позиции сосков;

- проведение подготовительных операций (подмывание и массаж вымени);
- надевание доильных стаканов;
- машинное додаивание;
- снятие доильных стаканов.

Ведущие позиции в создании роботизированных доильных установок занимают Германия, Голландия, США и ряд других [116, 179].

Естественный способ извлечения молока из вымени коровы – это высасывание его телят, он достаточно прост. М.Л. Пейнович пришел к выводу, что акт сосания у телят состоит из двух фаз: выжимания (сосания) и отдыха. Фаза выжимания характеризуется максимальным положительным и максимальным отрицательным давлением. Процесс сосания коровы телят самый физиологически обоснованный, т. к. в процессе извлечения молока не происходит отрицательного воздействия на соски [117]. В процессе сосания теленок стимулирует вымя, воздействуя на него зеркалом носа. Попеременно сосет один из сосков, давая отдых другим. Доильного аппарата, работающего по принципу сосания телят, до настоящего времени создать не удалось [121].

Технологический процесс получения молока занимает до 35–40 % всех трудозатрат в молочном скотоводстве, и использование технических средств становится актуальным и необходимым. Инженеры и ученые пошли по пути имитации техническими устройствами процесса сосания коровы телят. Естественным механическим устройствам в начале этапа приручения скота у людей не было, поэтому люди научились доить коров вручную. Ручное доение коров повысило продуктивность и увеличило сроки лактационного периода по сравнению с подсосным периодом теленка. Технология ручного доения предусматривала два способа извлечения молока: доение щипком и кулаком, при этом ритмично и сильно сжимают сначала рецепторную зону основания соска, а затем весь сосок сверху вниз, выжимая молоко [95, 118].

Оператор поддерживает рефлекс молокоотдачи, меняя попеременно соски вымени, видоизменяет движения (как частоту, так и силу нажимов на сосок). Второй задачей дояра являлась скорость доения для наиболее полного извлечения

молока, так как процесс припуска молока скоротечен и занимает не более 5–6 минут. За это время гормон окситоцин, отвечающий за припуск молока в цистернах вымени, разрушается. Дояр на основе своего опыта и квалификации сам подбирает оптимальную силу и частоту сжатия соска, учитывая при этом фазу лактации и индивидуальные особенности вымени животного (тугодойность). Исследователи довольно полно изучили основные показатели ручного доения и выявили, что средняя скорость доения коров является основным недостатком. Кроме того, это тяжелый труд, ведущий к профессиональным заболеваниям рук работников. Продолжительность доения малопродуктивной коровы при ручном доении равна 6–9 минутам [12, 121, 160], а рефлекс молокоотдачи длится всего 4–6 минут, и доение коров становится затруднительно без дополнительного стимулирования. Для эффективности ручного доения важны величина разового удоя коровы, удобные размеры соска, большая емкость цистерны вымени.

Применение механических устройств для доения сельскохозяйственных животных значительно сокращает ручной труд. В настоящее время применяются различные машины для доения и прежде всего они отличаются способами поддержания рефлекса молокоотдачи на интенсивном уровне и его стимулирования. Основные факторы работы доильной машины – поддерживать рефлекс молокоотдачи и отводить молоко за счет разности давления под соском коровы и избыточного давления в вымени (по такому принципу работает большая часть доильных аппаратов). Кроме того, известны конструкции доильных аппаратов выжимающего действия (не нашли широкого применения) [88, 90].

Доильные машины выжимающего действия имитируют работу рук дояров, отличаются громоздкостью и сложностью конструкции, неудобством в эксплуатации. Вакуумные доильные аппараты при работе, кроме отвода молока, проводят массажные действия за счет такта сжатия [71, 90].

Машинное доение коров развивается уже более ста лет, и оно прочно вошло в практику повседневной жизни в молочном скотоводстве. Машинное доение коров подняло производительность труда, создало возможность обслуживания гораздо большего количества коров доярком по сравнению с ручным доением,

кроме того, значительно снизилась трудоемкость процесса. Внедрение доильных аппаратов позволило использовать важнейшую функцию вымени – выведение молока из всех четырех долей одновременно, что увеличило скорость молокоотдачи, снизило время доения, увеличило продуктивные характеристики коров [12, 160, 161].

Нужно отметить, что модернизация и конструирование новых устройств доильных аппаратов ведутся непрерывно, и до настоящего времени не созданы еще доильные машины, полностью отвечающие физиологии молочной железы коровы, создающие комфортность доения. Копирование машинами акта сосания теленка или ручного доения не позволяет полностью удовлетворять требованиям физиологии. В связи с этим необходимо в технологию доения внести научно обоснованные требования по конструкции доильного аппарата. Аппараты должны:

- легко и быстро обеспечивать открытие сфинктера соска;
- не подвергать соски чрезмерному сжатию;
- не вызывать раздражения;
- создавать вакуум и продолжительность такта сосания в соответствии с внутривыменным давлением и скоростью молокоотдачи;
- стимулировать истечение молока.

Доильные стаканы должны:

- подходить к соскам различных размеров, не напирать на вымя и не пережимать верхнее устье соскового канала;
- удерживаться на вымени без применения специальных приспособлений.

Доильная машина должна:

- быть простой в изготовлении и обслуживании;
- быть надежной в работе;
- не требовать ручной регулировки в процессе доения;
- обеспечивать возможность удобного визуального контроля за истечением молока из вымени;
- реагировать на изменения молокоотдачи коров.

Согласно литературным источникам современные доильные аппараты должны отвечать двум основным критериям:

- поддерживать интенсивность стимуляции молокоотдачи коров;
- обеспечивать безопасность доения [71, 114].

1.2 Технологические особенности доильных аппаратов с регулируемым вакуумом

В настоящее время разработаны разнообразные конструкции доильных аппаратов, отвечающие физиологическим особенностям животного, которым не присущи некоторые недостатки, присутствующие у серийно выпускаемых аппаратов, предложен ряд конструкций с рабочими параметрами, изменяемыми во время доения [4, 5, 10, 16, 145].

В существующем разнообразии предлагаемых доильных аппаратов можно выделить группы по изменению одного или нескольких настроечных параметров работы (изменение вакуумметрического давления в подсосковых камерах доильных стаканов, частоты пульсаций, смены соотношения тактов, длительности тактов и т. д.) [10, 119, 59].

В настоящее время известен широкий диапазон конструктивных решений по доильным аппаратам, работающим с изменяемым режимом доения, кроме того, применяется множество приспособлений, позволяющих решать задачи машинного доения коров через цель, объект и способы регулирования управляемых величин и типы устройств коллектора, пульсатора, доильных стаканов и т. д. Данные устройства позволяют в широких пределах регулировать атмосферный и вакуумметрические режимы в молочных и вакуумных магистралях, а также непосредственно в доильном аппарате [26, 97, 116, 128, 145].

Наибольшее количество трудов посвящено изучению изменяющейся величины вакуумметрического давления в камерах доильных стаканов, которое, по исследованиям многих ученых, должно соответствовать физиологическим требованиям коровы при комфортном доении и изменяться в зависимости от скорости и интенсивности молокоотдачи животного.

Согласно исследованиям и рекомендациям П.Е. Анисько предложен доильный аппарат, работающий в переменном вакуумном режиме, согласованном с интенсивностью молокоотдачи. Режим работы такого аппарата связан со скоростью молокоотдачи животного, что защищает вымя от негативных воздействий вакуумметрического давления, которое значительно влияет на здоровье и заболевания вымени коровы [6].

Подобные решения можно найти в работах Т.К. Городецкой [27], С.П. Лищинского, А.И. Фененко [103], П.И. Огородникова [116], Н.П. Проничева [128], Л.П. Карташова [145] и других исследователей.

Согласно исследованиям по эксплуатации доильных аппаратов, проведенным Л.П. Карташовым, В.Ф. Королевым, Э.П. Кокориной, А.Г. Лищинским, А.И. Тарасенко и другими учеными, и практическому опыту, применяемое доильное оборудование значительное время работает в обстановке плавающего, нестабильного вакуума [70, 82, 89, 97, 147].

А.В. Аксенов выяснил, что систематические колебания вакуумметрического давления снижают среднесуточные удои на 1,9–2,5 %, скорость молокоотдачи падает на 0,05...0,15 кг/мин, что вызывает субклинические маститы у коров [4]. По мнению Л.В. Куликова, колебания рабочего вакуума не должны превышать $\pm 1,5$ кПа [93].

Н.Н. Белянчиков, И.Д. Богдан, Т.З. Богдан, Л.П. Карташов отмечают в своих работах, что значительные колебания вакуумметрического давления в течение дойки приводят к некомфортному состоянию коровы, изменению стереотипа доения, к которому привыкло животное, торможению рефлекса молокоотдачи, увеличению затрат на доение, снижению продуктивности [10, 11, 74].

Исследовав характер изменения вакуумметрического давления в основных камерах доильных стаканов при изменяющихся факторах и механизмах поддержания заданного его уровня, С.П. Лищинский утверждает, что при такте сосания механизмы не могут поддерживать необходимых уровней вакуумметрического и атмосферного давления в исполнительном механизме доильного аппарата [97].

Исследования, проведенные А.Ф. Плященко, позволяют утверждать, что доильные аппараты способны за счет дополнительных устройств автоматически изменять величину вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов, создавать щадящий режим машинного доения коров, за счет чего улучшается физиологичность доения, снижается риск заболеваний вымени и уменьшается ручной додой (остаточное молоко) [119].

Профессор В.Ф. Ужик на основании своих исследований приводит данные о том, что снижение вакуумметрического давления в камерах доильных стаканов, уменьшая молокоотдачу до 0,2 кг/мин, в то же время позитивно сказывается на физиологическом состоянии вымени коровы, от чего понижается возможность заболеваний маститом не менее чем в 2 раза [59].

В соответствии с технологией извлечения молока применяются различные устройства для регулирования вакуумметрического давления которые имеют разнообразные схемы, способы и механизмы его реализации. А.Ф. Трофимов, Н.В. Барановский, А.С. Курак и Н.С. Курак считают изменение вакуумметрического давления в подсосковых камерах доильных стаканов в соответствии с молокоотдачей главным обстоятельством доения в щадящем режиме и предлагают такие конструктивные изменения в доильном аппарате, как регуляторы вакуума. Коромысло, с одной стороны которого молоколовушка, с другой противовес, вводят в молочный шланг и устанавливают между доильным аппаратом и молокопроводом. С помощью клапана регулятора, соединенного с молоколовушкой, происходит впуск воздуха, за счет чего изменяется вакуумметрическое давление в подсосковых камерах доильных стаканов в соответствии с изменением потока молока, что снижает негативное влияние вакуума на внутренние ткани, сосуды, нервные окончания вымени животного [57].

Известен датчик разработки США, чувствительный к изменению потока молока, содержащий полый корпус, поплавков и клапан [175]. Датчик устанавливается в молочной линии, ведущей к группе доильных стаканов, чтобы

отключить или существенно уменьшить подаваемое в них разрежение, когда прекращается или значительно уменьшается поток молока (рисунок 1.1).

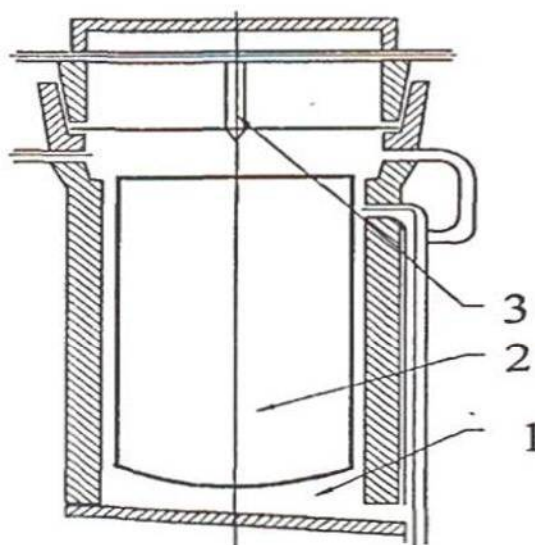


Рисунок 1.1 – Датчик потока молока:

1 – корпус; 2 – поплавок; 3 – клапан

Аналогичную конструкцию имеет автоматическое устройство ПНР (рисунок 1.2), отличительной особенностью которого является возможность отключения каждого доильного стакана доильного аппарата в отдельности по завершении доения соответствующей доли вымени [181].

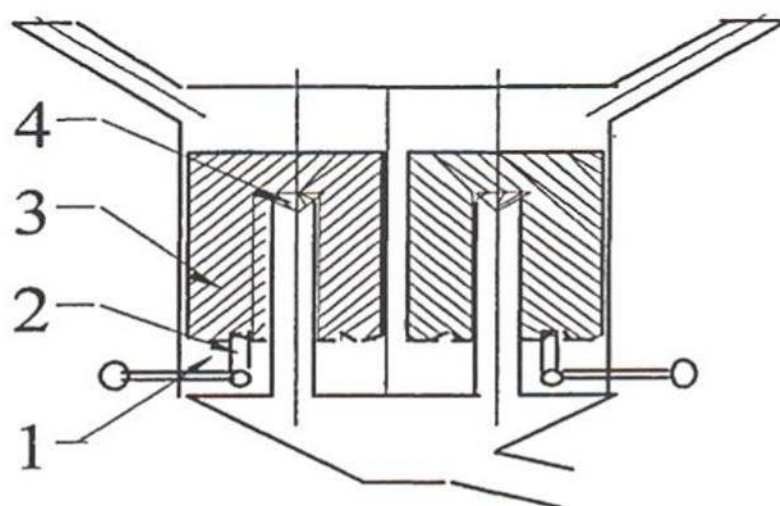


Рисунок 1.2 – Устройство отключения доильного

аппарата: 1 – молоколовушка; 2 – фиксаторы;

3 – поплавки; 4 – клапаны

Сходную конструкцию имеет устройство, запатентованное в Великобритании (рисунок 1.3) [176]. Датчик потока молока содержит камеру, в

которой расположен поплавок с клапаном. Для стекания молока из камеры в выходном отверстии в ее нижней части имеется дренажный канал. Между клапаном и поплавком предусмотрена связь, выбирающая свободный ход. Клапан может первоначально приподниматься.

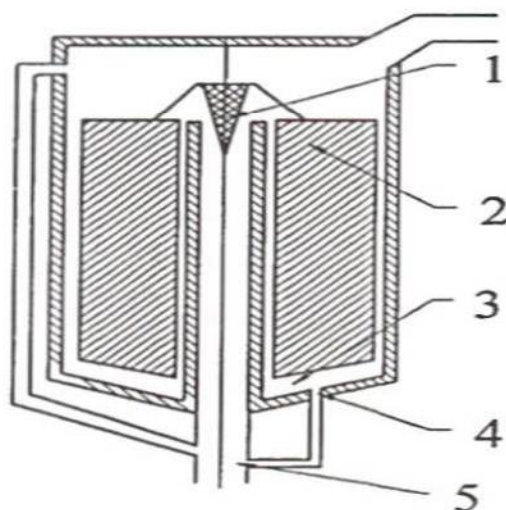


Рисунок 1.3 – Датчик потока молока: 1 – клапан; 2 – поплавок; 3 – камера; 4 – калиброванный канал; 5 –патрубок.

В ФГБОУ ВПО «Оренбургский ГАУ» П.И. Огородниковым, А.В. Аксеновым и А.Ф. Лазаревым предложен доильный аппарат с автоматическим регулированием величины вакуума. Молоколовушка выполняет здесь основную функцию регулятора. В зависимости от массы молоколовушки с молоком изменяется величина вакуума при работе доильного аппарата. Регулятор работает при минимальной величине вакуума 32...36 кПа, что, по утверждениям авторов, благоприятно влияет на физиологичность процесса доения [51].

П.И. Огородниковым предложено устройство, которое позволяет изменять режим доения за счет включения режима массажа сосков при интенсивном молоковыведении через переключатель (рисунок 1.4) [154].

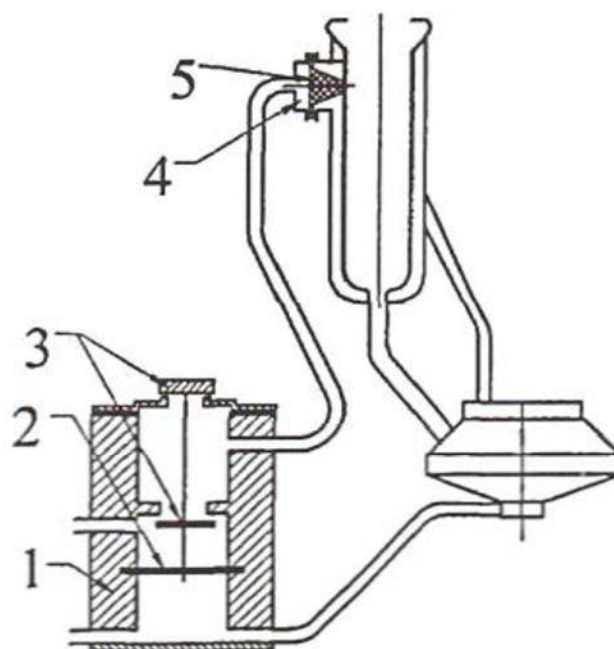


Рисунок 1.4 – Устройство для доения:

1 – переключатель; 2 – мембрана; 3 – клапан;
4 – дополнительная камера; 5 – массажный
элемент

Регулятор вакуума, разработанный З.В. Макаровской, обеспечивает физиологически рациональный перепад вакуума, который, по данным В.Ф. Королева [89], составляет $0,5 \dots 0,75h$ (h – номинальный вакуум) [97]. З.В. Макаровская отмечает, что снижение перепада ниже $0,5h$, вызывает прекращение истечения молока из вымени коровы. При этом регулятор обеспечивает плавное изменение вакуума в необходимом диапазоне [97].

Наличием датчика потока молока, выполненного в виде молокоприемной камеры с поплавком, который содержит калиброванный канал и управляющий патрубок, отличается устройство для доения (заявка № 3218005, ФРГ) (рисунок 1.5) [182]. Особенностью данной конструкции является возможность изменения вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов в зависимости от интенсивности молокоотдачи для каждого соска в отдельности.

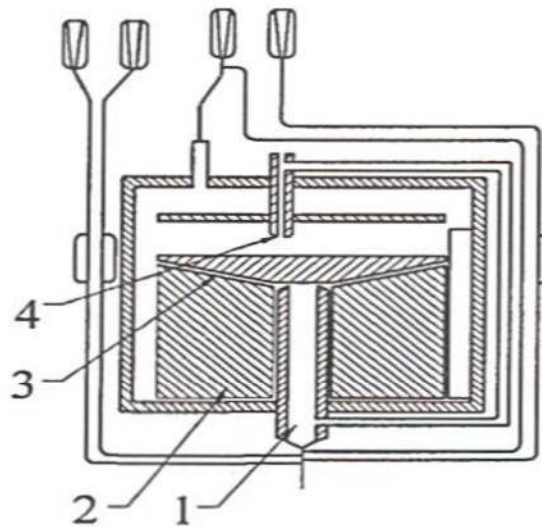


Рисунок 1.5 – Устройство для доения:

1 – сливной патрубок; 2 – поплавок;

3 – калиброванный канал;

4 – управляющий патрубок

Представленные регуляторы вакуума обеспечивают технологичность работы доильных аппаратов за счет дополнительно установленных устройств, связанных с молокоотдачей, т. е. количеством молока, проходящего через молоколовушку.

И.Н. Белянчиков разработал доильный аппарат, в котором регулирование вакуумметрического давления происходит из-за прохода воздуха в межстенные камеры доильных стаканов через регулируемое сечение канала и подсосковых камер доильного стакана, за счет чего изменяется величина вакуума в соответствии с интенсивностью потока молока [37].

Доильный аппарат, разработанный Н.Н. Викторовой, Н.Н. Тюхтиным и М. Пармановым (рисунок 1.6) [151], имеет датчик потока молока. Управление отключающим устройством осуществляет молокоприемная камера с поплавком. При прекращении молокоотдачи поплавок опускается в молокоприемной камере и открывает клапан, тем самым сообщая управляющую камеру пульсатора с атмосферой. Одновременно атмосферный воздух через патрубок поступает и в коллектор.

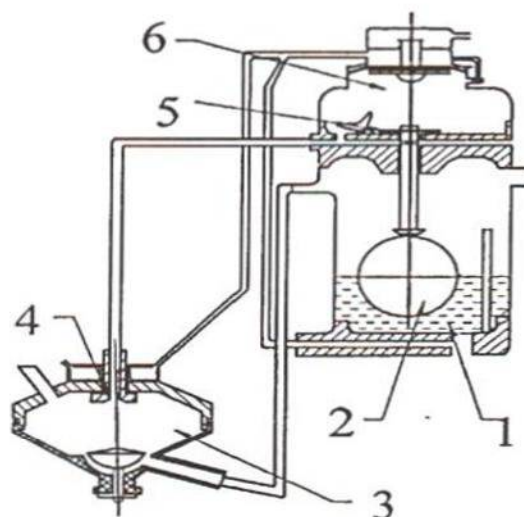


Рисунок – 1.6. Доильный аппарат:

- 1 – молокоприемная камера;
- 2 – поплавок; 3 – коллектор;
- 4 – патрубок; 5 – клапан;
- 6 – управляющая камера.

В.Ф. Ужик и В.В. Прокофьев предложили другую конструкцию доильного аппарата, в котором регулирование вакуумметрического давления осуществляется за счет подачи атмосферного воздуха. Доильный аппарат содержит доильные стаканы и коллектор с камерами, каждая из которых имеет камеру управления, соединенную отверстием с атмосферой. Камера управления поддерживает низкий (стимулирующий) вакуум в подсосковых камерах и в межстенных камерах доильных стаканов при количестве поступающего молока не более 0,05 кг/мин, с увеличением молокоотдачи (увеличением поступления молока свыше 0,05 кг/мин) повышается вакуумметрическое давление до номинальной величины 50 кПа. Это благотворно влияет на весь процесс доения [58].

Изобретение, разработанное О.Я. Стренгевицем и Я.Я. Розенбергом (рисунок 1.7) [158], исключает отрицательное воздействие вакуума на вымя за счет датчика потока молока, имеющего молоколовушку с поплавком, и пульсатора содержащего пульсоусилитель. При нижнем положении поплавка клапан ограничивает поступление вакуума в подсосковые камеры доильных стаканов, а золотник сообщает управляющую камеру пульсоусилителя с

атмосферой, в результате чего в межстенных камерах доильных стаканов устанавливается атмосферное давление, сжимающее соски.

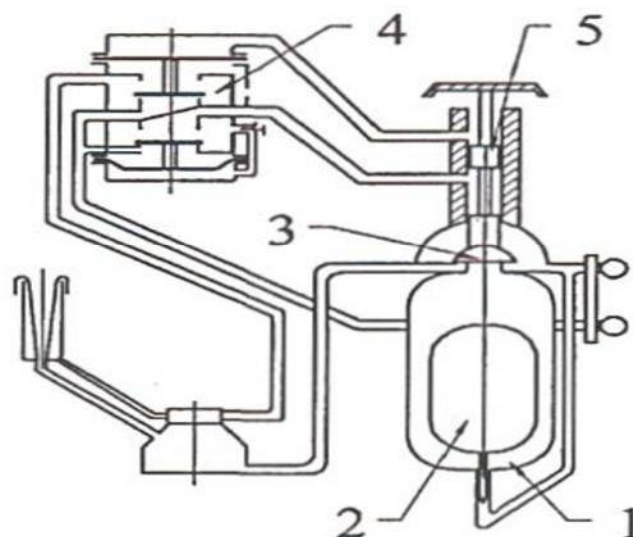


Рисунок 1.7 – Устройство для управления процессом доения: 1 – молоколовушка; 2 – поплавков; 3 – клапан; 4 – пульсоусилитель; 5 – золотник

Вызывает интерес конструкция, предложенная В.Л. Дриго, Н.К. Михайленко, Н.А. Остапенко и осуществленная ими в предлагаемом доильном аппарате, где вакуумметрическое давление регулировалось пропорционально молокоотдаче. Поставленная задача решается с помощью дифференциального клапана, установленного в молочном шланге. При величине номинально установленного вакуума в 54 кПа вакуум под соском в такте сосания изменяется от 28 до 48 кПа. Конструкция позволяет даже при снижении вакуума под соском до 22 кПа (при интенсивности потока молока 0,4 кг/мин) удерживать аппарат на сосках [63].

Молоколовушки с поплавками для каждой доли вымени коров являются основной составной частью пульсоколлектора конструкции Г.Р. Винтерле (рисунок 1.8) [132]. Данное устройство обеспечивает изменение вакуумного режима под соском животного в зависимости от интенсивности потока молока.

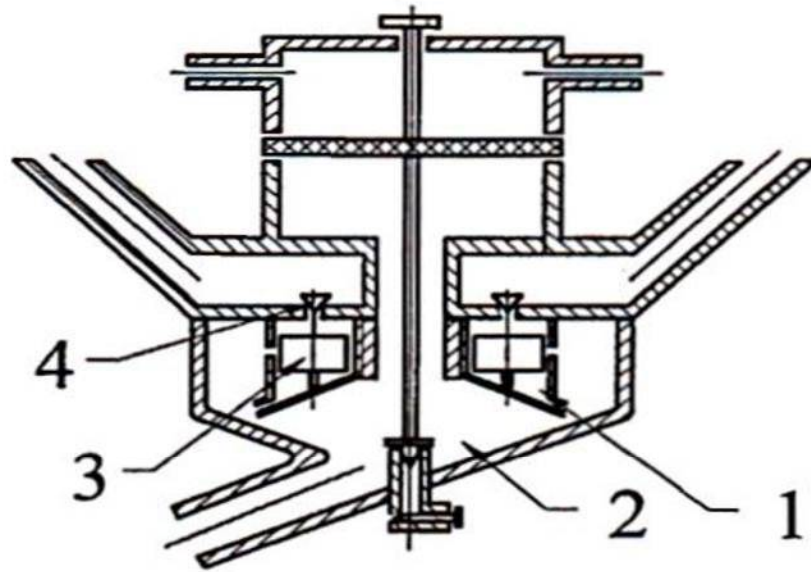


Рисунок 1.8 – Пульсоколлектор: 1 – молоколовушка; 2 – молокоприемная камера; 3 – поплавки; 4 – клапан

Работает пульсоколлектор следующим образом. Вакуум, проникая в молокоприемную камеру, распространяется в молоколовушку и далее через калиброванную щель, образованную клапаном, в подсосковую камеру доильного стакана. При этом установится пониженный вакуум, обеспечивающий безвредное воздействие на сосок. После наступления молокоотдачи достаточной интенсивности поплавки всплывают в молоколовушке и открывают клапан. В результате этого увеличивается отсос воздуха из подсосковой камеры доильного стакана и в ней устанавливается номинальный вакуум. При снижении интенсивности потока молока поплавки опускаются и происходит обратное переключение.

Однако следует заметить, что многие ученые обращают внимание не только на возможность регулирования вакуумметрического давления в подсосковых камерах доильных стаканов с помощью различных устройств (регуляторов, молоколовушек и т. п.), но и на изменение вакуума в межстенных камерах доильных стаканов.

В доильном аппарате, предложенном С.Ф. Вельчо, В.Т. Головань, А.М. Янко, регулирование давления в межстенных камерах доильных стаканов происходит с помощью дополнительного пульсатора, который имеет

управляющую камеру переменного вакуума. Большим недостатком предложенного устройства является сложность в настраивании аппарата на оптимальный режим работы, однако при правильных режимах обеспечивается эффективное доение [45].

В.В. Герасимчук разработал доильный аппарат, конструкция которого обеспечивает изменение соотношения и частоты пульсаций пульсатора, а также отключение доильного аппарата по завершении процесса доения (рисунок 1.9) [47]. Для этого он содержит молоколовушку с трубкой и управляющую мембрану, связанную со стержнем мембраны пульсатора.

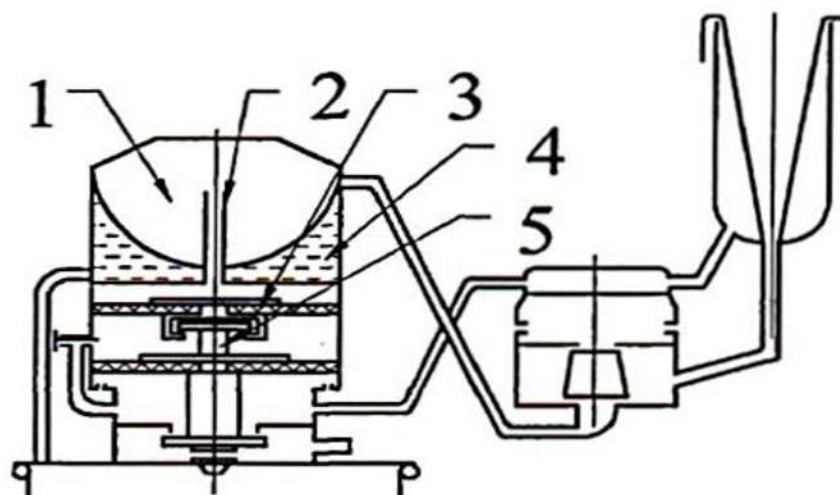


Рисунок 1.9 – Доильный аппарат: 1 – молоколовушка; 2 – трубка; 3 – мембрана; 4 – молоковоздушная смесь; 5 – стержень

В конструкции доильного аппарата с регулируемой величиной вакуума в межстенных камерах доильного стакана авторов Б.Ф. Нечитайло, А.С. Коломиец, В.И. Калинбет и Н.В. Нечитайло изменение вакуума происходит за счет изменения объема сиффона, представляющего собой гофрированную емкость. Это приводит к плавному изменению силы сжатия соска животного [50].

На принципе использования молоколовушек с поплавками основана конструкция коллектора доильного аппарата, разработанная Б.Ф. Нечитайло (рисунок 1.10), отличающаяся от предыдущего устройства тем, что регулировка вакуума ведется по каждой доле вымени отдельно [84, 85].

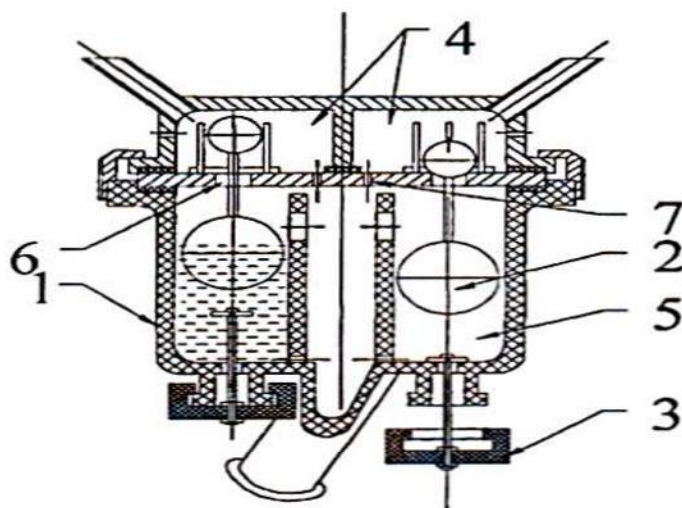


Рисунок 1.10 – Коллектор доильного аппарата: 1 – корпус; 2 – поплавки; 3 – кнопки; 4, 5 – молокоприемные камеры; 6, 7 – отверстия

Коллектор работает в автоматическом режиме. При прекращении молокоотдачи уровень в молоколовушке понижается за счет истечения его из отверстия. Отверстия служат для предотвращения спадания доильных стаканов. Они в совокупности с атмосферными отверстиями поддерживают в подсосковой камере доильного стакана вакуум в диапазоне 12...25 кПа.

М.К. Базаров, В.А. Дриго, В.И. Ломакин и П.И. Огородников решают задачу снижения негативного влияния вакуума путем создания определенной величины перепада вакуума в межстенной камере доильного аппарата. Основным регулирующим элементом в доильном аппарате является регулятор вакуума, установленный в рассечку трубопровода переменного вакуума [41].

В доильном аппарате (рисунок 1.11) [56], предложенном В.М. Севериным, В.Н. Тернюком, А.И. Пластюком и А.М. Губаревым, датчик выполнен в виде конической чаши с калиброванными сливными отверстиями. Вертикально расположенный и подпружиненный цилиндр с чашей на поршне является регулятором расхода воздуха.

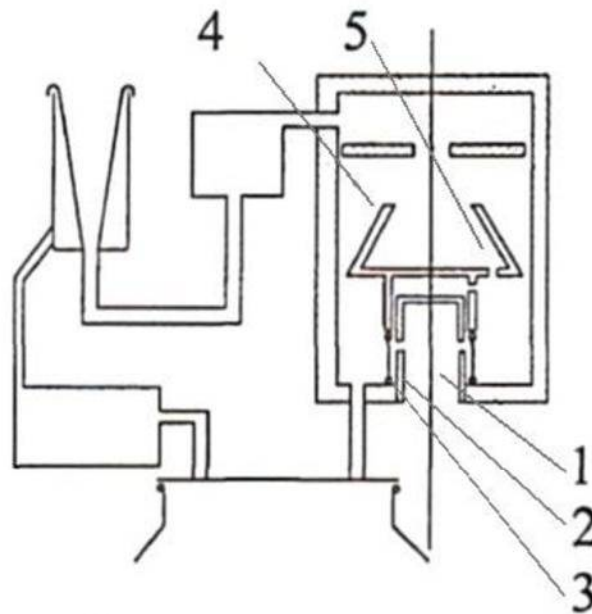


Рисунок 1.11 – Доильный аппарат:

1 – выступ; 2 – поршень; 3 – пружина;
4 – чаша; 5 – сливные отверстия

При подключении доильного аппарата за счет поступления воздуха устанавливается пониженный вакуум. При наступлении молокоотдачи молоко поступает в чашу, которая, преодолевая сопротивление пружины, опускается и цилиндрическим выступом закрывает отверстие для подачи воздуха. Вакуум возрастает до номинального значения. При прекращении поступления молока в подсосковых камерах доильных стаканов снова устанавливается пониженный вакуум.

Из физиологии животного и обоснования процесса молоковыведения известно, что необходимо в процессе доения проводить стимуляцию соска и оказывать воздействие на нервные окончания сосков вымени. Это всегда приводит к лучшей молокоотдаче. Но не все доильные аппараты могут влиять на рецепторы вымени сосков, и основные действия, приводящие к выше названному процессу, это регулирование числа пульсаций (времени, отводимого на одно действие) и соотношение тактов (сосание, сжатие, отдых).

В.Ф. Королев предложил доильный аппарат, имеющий пульсатор, который в широких пределах изменяет степень периодического сжатия сосковой резины. С увеличением молокоотдачи интенсивность пульсаций уменьшается, за счет чего

значительно ускоряется доение в момент, который является наиболее целесообразным с физиологической точки зрения [38].

Доильный аппарат С.Я. Горма, В.Ф. Королева и В.П. Ларина с целью изменения тактов сосания и сжатия работает в зависимости от молокоотдачи (рисунок 1.12) [48].

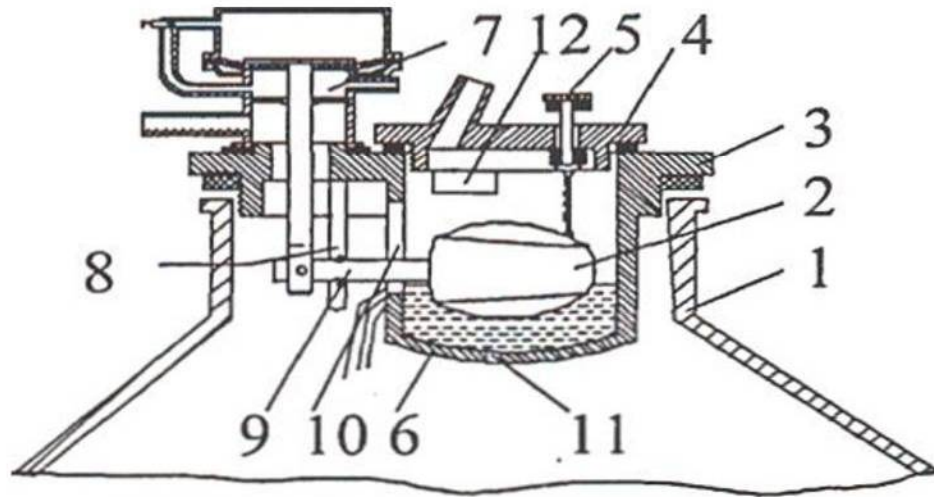


Рисунок 1.12 – Доильный аппарат: 1 – молоколовушка; 2 – поплавок; 3 – крышка; 4 – фланец; 5 – фиксатор; 6 – поплавковая камера; 7 – пульсатор; 8 – упор; 9 – рычаг; 10, 11, 12 – отверстия

Как было сказано выше, на процессе доения негативно сказывается изменение вакуумметрического давления, так как происходят колебания вакуума в вакуумпроводе и изменяется частота пульсаций доильного аппарата. Для автоматического поддержания этой частоты А.А. Скраманис предложил другую конструкцию пульсатора. Он состоит из камеры переменного давления, гибкой мембраны и камеры постоянного вакуума. В случае уменьшения вакуума в вакуумпроводе частота пульсаций увеличивается, при увеличении происходит самоустанавливание заданного числа пульсаций [131].

Принципиально иную конструкцию устройства для управления процессом доения предложили М.А. Левин (рисунок 1.13); оно снабжено приспособлением для снижения вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов [157].

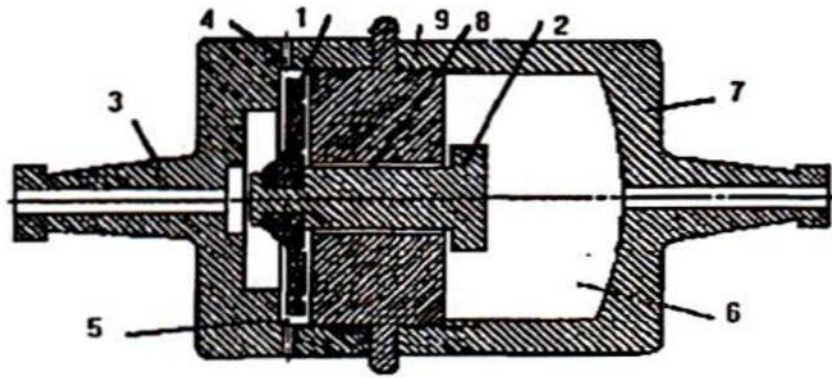


Рисунок 1.13 – Устройство для управления процессом доения: 1 – диафрагма; 2 – клапан; 3, 7 – цилиндры; 4, 8 – отверстия; 5, 6 – дополнительные камеры; 9 – перегородка

Диафрагма с клапаном установлена в цилиндрах, где выполнены атмосферные отверстия. При тактах сосания диафрагма перемещает клапан, который разобщает камеру атмосферного давления с камерой переменного давления. При тактах сжатия диафрагма с клапаном переместится к цилиндру и воздух через отверстия поступит в пневмопровод и в коллектор, снижая тем самым давление в подсосковых камерах доильных стаканов.

Г.Е. Литман, Н.А. Петухов, В.В. Маркин доказали, что за счет периодического поступления атмосферного воздуха снижается вакуум в межстенных камерах доильных стаканов, при этом сосковая резина в доильном аппарате плотнее облегает сосок, что способствует улучшению процесса доения и защищает сосок от вакуума [156].

Для улучшения процесса доения за счет снижения величины разрежения при снижении молокоотдачи И.К. Винниковым разработан доильный аппарат (рисунок 1.14), который снабжен струйным датчиком потока молока [46].

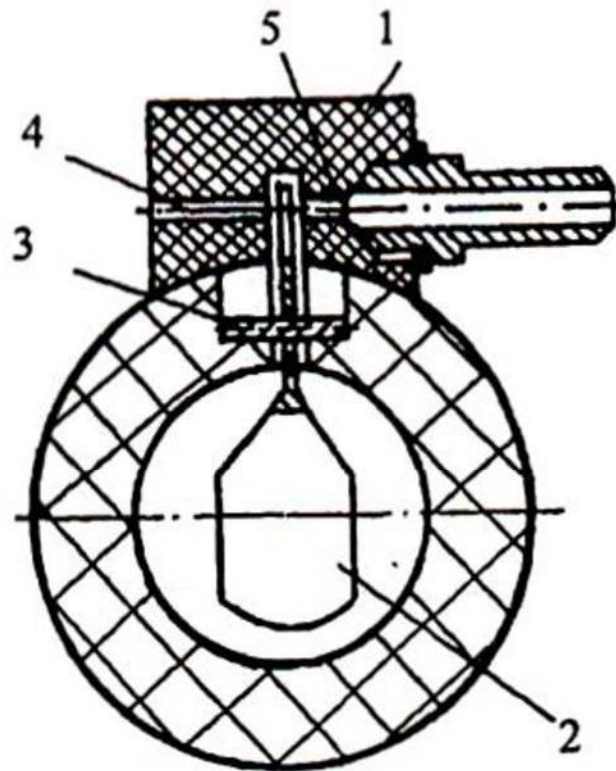


Рисунок 1.14 – Струйный датчик

потока молока: 1 – корпус;

2 – рассекаТЕЛЬ; 3 – ось; 4, 5 – сопла

Он состоит из подвижно установленного на оси двушлепного лепестка рассекающего, свободное плечо которого выполнено в виде заслонки, установленной в молочной трубке или на выходе из нее, и сопел.

Многие исследователи работают в направлении создания конструкций доильных аппаратов, позволяющих осуществлять более эффективно процесс молоковыведения за счет изменения продолжительности тактов сосания и сжатия. Их изменение можно проводить как одновременно, так и отдельно. Доильный аппарат, предложенный В.Г. Зайцевым и В.П. Зайцевой (рисунок 1.15), способен изменять длительность такта сжатия в зависимости от объема порций поступающего молока в процессе доения [152].

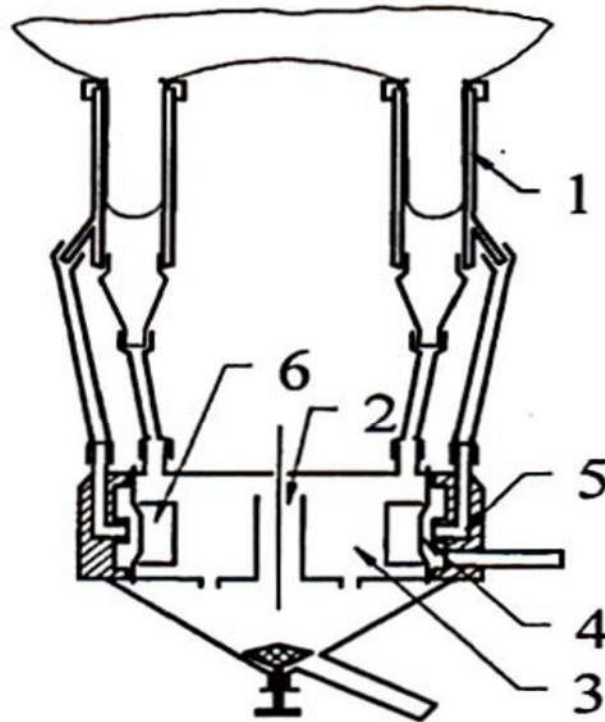


Рисунок 1.15 – Устройство для доения: 1 – доильные стаканы; 2 – коллектор; 3 – молокоприемные камеры; 4 – регулятор; 5 – патрубок

При молоковыведении выше заданного уровня интенсивности режим доения переводится в непрерывный отсос из данной доли вымени.

Одной из проблем машинного доения является строение вымени коровы, а именно разное количество молока в передних и задних долях. Это приводит к тому, что в процессе доения передние доли выдаиваются быстрее, чем задние. Отсутствие молока в передних долях ведет к негативному воздействию вакуума на сосок коровы. Вакуум проникает через сфинктер и разрывает сосуды, приводя к маститу. Решение этой проблемы видится в конструкции доильных аппаратов, работающих в режиме попарного выдаивания передних и задних долей вымени, причем время доения передних долей не должно превышать времени выдаивания задних [34, 35].

В конструкции доильного аппарата, разработанного Т.М. Асадовым, Н.П. Белянчиковым, Р.Т. Халиловым и З.А. Гусейновым, изменяется соотношение

тактов за счет регулируемого дросселя с каналом между камерой переменного вакуума пульсатора и управляющей камерой коллектора [40]. Они учли, что изменение соотношения тактов непосредственно отражается на отсасывающей способности доильного аппарата и его действии на физиологичность доения, здоровье вымени и продуктивность животных.

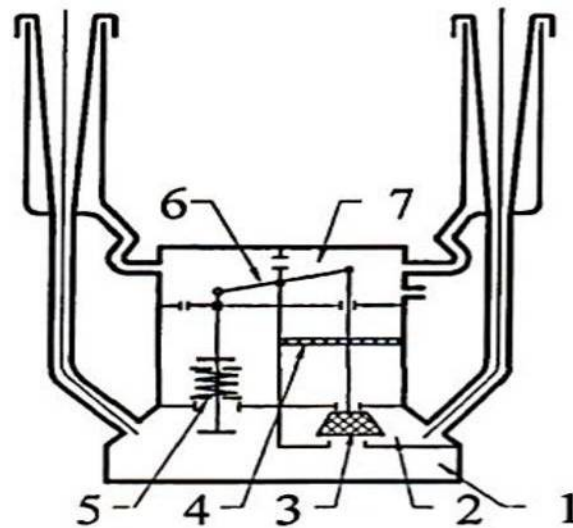


Рисунок 1.16 – Доильный аппарат:

- 1 – молокоприемная камера;
- 2 – камера переменного вакуума;
- 3, 6 – клапан; 4 – мембрана;
- 5 – отверстие; 7 – дополнительная камера

Несколько иная конструкция доильного аппарата Р.Т. Халилова, М.П. Мехтиева и Г.З. Зайналова [62]. В этом аппарате обеспечивается одновременное выдаивание передних и задних долей вымени (рисунок 1.16).

Достигают этого путем перевода одной пары доильных стаканов на трехтактный режим доения при одновременном увеличении частоты пульсаций для другой.

Процесс доения с изменением соотношения тактов предусмотрен в устройстве Р.Т. Халилова и П.Л. Воликова (рисунок 1.17).

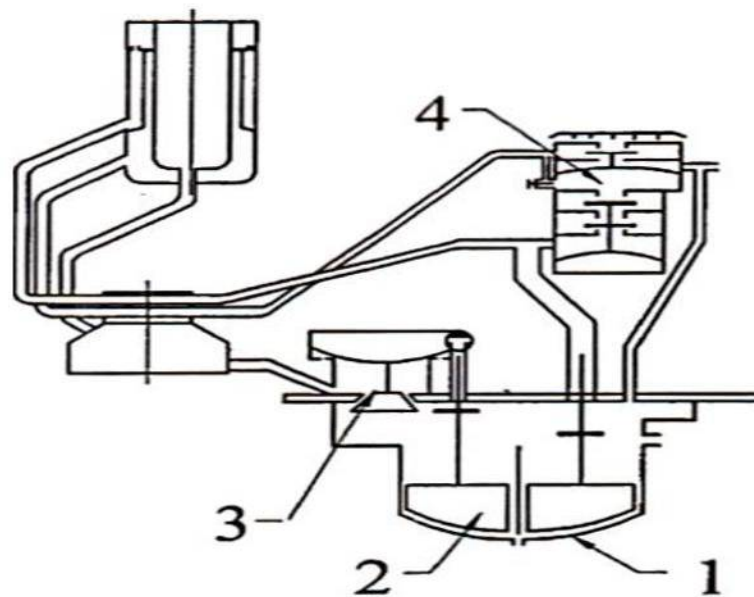


Рисунок 1.17 – Устройство для доения:

1 – молокоприемная камера; 2 – поплавок;

3 – коллектор; 4 – пульсатор

Процесс осуществляется за счет содержащегося в доильном аппарате датчика потока молока в виде молокоприемной камеры с двумя поплавками, обеспечивающего в комплексе с основным коллектором и мембранно-клапанным механизмом пульсатора изменение соотношения тактов в зависимости от интенсивности потока молока, а также отключение доильного аппарата по завершении процесса доения [60].

Одно из устройств для управления процессом доения – является электрический датчик интенсивности потока молока. Это устройство предложили В.И. Грицаенко, А.А. Задорожный, М.В. Кизлык, В.В. Ковалев и Г.Д. Гайдамак. В их конструкции при большей интенсивности потока молока увеличивается такт сосания, а при уменьшении потока молока такт сосания уменьшается [156].

Известно устройство, разработанное в Великобритании, Франции и ФРГ, обеспечивающее уменьшение вакуума в межстенной камере доильных стаканов при снижении интенсивности потока молока ниже определенного значения

(рисунок 1.18) [178, 180, 183]. Для этого молоколовушка содержит поплавок с электромагнитом, взаимодействующим с реле при нижнем положении поплавка.

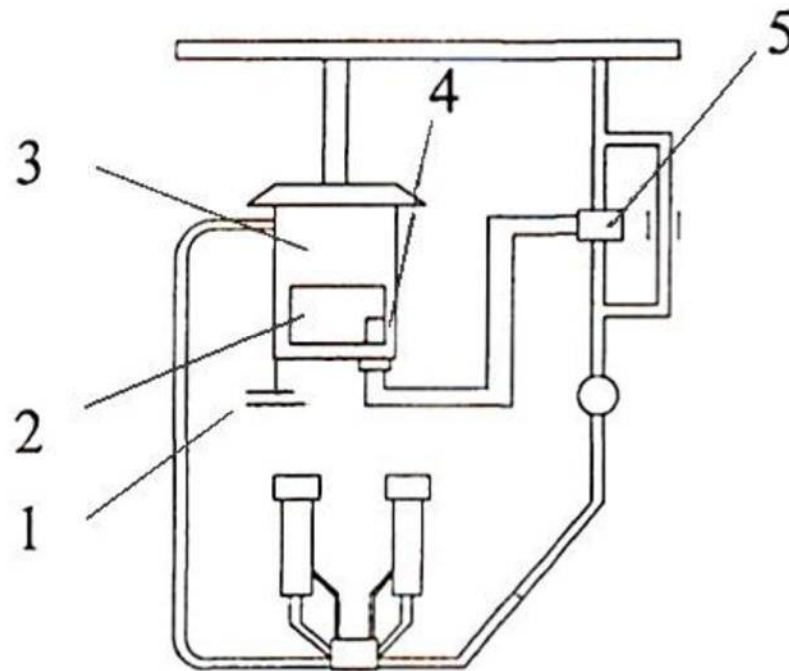


Рисунок 1.18 – Устройство для управления процессом доения: 1 – электромагнит; 2 – поплавок; 3 – молоколовушка; 4 – реле; 5 – клапан

При недостаточной интенсивности молокоотдачи поплавок находится в нижнем положении и контакты реле замкнуты. При этом вакуум в межстенные камеры доильных стаканов поступает через редукционный клапан, обеспечивающий его снижение до заданной величины. При увеличении потока молока, поплавок всплывает, реле размыкается и открывается отсечный клапан, создавая оптимальный вакуум доения. При снижении интенсивности молокоотдачи происходит обратное переключение.

Доильный аппарат, предложенный М.К. Базаровым, П.И. Огородниковым, В.И. Ломакиным и В.И. Горбуновым, отличается от рассмотренных конструкций тем, что над пульсатором доильного аппарата установлен автоматический регулятор такта сосания. В процессе доения при увеличении уровня молокоотдачи изменяется отсасывающая способность доильного аппарата за счет

одновременного изменения длительности такта сосания и величины вакуума под соском животного [42]. Стоит отметить, что такой доильный аппарат имеет свои преимущества, особенно при высокой продуктивности молочного стада. Физиологическая особенность молокоотдачи в том, что процесс отдачи молока продолжается в среднем 4–5 мин. При высокой молокоотдаче длительность технологического процесса доения превышает физиологически обоснованное время. При невысокой продуктивности животных такой доильный аппарат теряет свою актуальность.

Другую конструкцию доильного аппарата предлагают Р.Т. Халилов, П.Л. Воликов и Э.А. Вердиев. Они поставили дополнительный коллектор, что дало возможность увеличить такт сосания относительно такта сжатия в период активной молокоотдачи. Дополнительный коллектор работает за счет установки поплавкового механизма в крышке доильного аппарата [61].

Заслуживает внимания осуществление непрерывного отсоса при увеличении молокоотдачи. В этом случае, как утверждает ряд ученых, нет необходимости проведения дополнительного энергичного массажа рецепторов соска. Ряд инженеров предложили конструкции доильных аппаратов, работающих в распорядке автоматического перехода со штатного режима доения на непрерывный отсос [16, 24]. Вместе с тем следует отметить, что такие доильные аппараты имеют недостатки, один из них: они не учитывают низкую продуктивность молочного стада.

Широкое распространение получили конструкции доильных аппаратов, в которых используются поплавковые устройства, регулирующие вакуумметрическое давление в камерах доильных стаканов.

Молоколовушку с поплавком содержит устройство доильного аппарата, разработанное А.И. Зеленцовым, А.Г. Сыроватка и Р.В. Талинским (рисунок 1.19) [150]. По окончании доения молоко перестает поступать в молоколовушку. Поплавок вместе с клапаном и золотником переключателя опускается вниз. При этом вакуум распространяется в управляющую камеру, в результате чего молокоприемная камера коллектора сообщается с атмосферой.

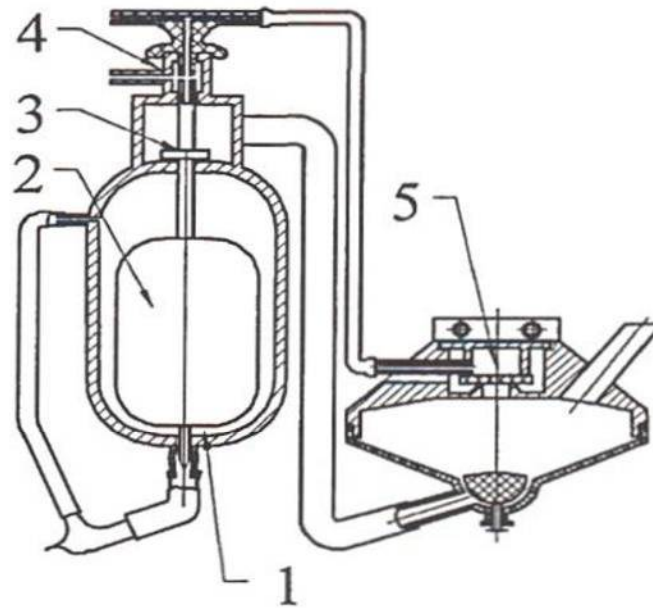


Рисунок 1.19 – Устройство для автоматического отключения доильного аппарата: 1 – молоколовушка; 2 – поплавок; 3 – клапан; 4 – переключатель; 5 – управляющая камера

Другая конструкция доильного аппарата предложена Н.Н. Белянчиковым. При увеличении интенсивности молокоотдачи увеличивается количество молока, поступающего в емкость, происходит автоматическое переключение доильного аппарата на длительный такт сосания, в противном случае – на режим трехтактного доения. Основным переключающим элементом является поплавковый датчик, установленный на крышке емкости и имеющий контактное устройство, включающее цепь электромагнита, установленного на крышке пульсатора, якорем которого служит стержень якоря переключателя [43]. Недостатком такого устройства, на наш взгляд, является сложность конструкции, заключающая в использовании не только механических средств регулирования, но и электрических составляющих вследствие чего встает необходимость обеспечения питания устройства.

Аналогичный способ перехода на непрерывный отсос предложил В.М. Радоманский. На крышке доильного аппарата установлено устройство для изменения режима работы доильного аппарата в зависимости от молокоотдачи.

Датчик устройства представляет молоколовушку со сливным калиброванным отверстием, а управляющим механизмом является пульсатор [55].

Устройство, запатентованное С.Л. Буковской, И.А. Ромашкевичем, В.М. Федоровым, А.С. Щербой (рисунок 1.20) [44], обеспечивает изменение вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов в зависимости от молокоотдачи.

Датчик потока молока состоит из молоколовушки с поплавком. Поплавок снабжен цилиндрическим выступом и установлен на полом стержне, сообщаемом с источником вакуума. В нижнем положении поплавок вакуум в молоколовушку поступает через калиброванное отверстие в полом стержне. При этом в подсосковых камерах устанавливается пониженный вакуум. После припуска молока поплавок всплывает в молоколовушке и открывает поперечное отверстие в полом стержне, что приводит к увеличению отсоса воздуха и установлению в подсосковых камерах доильных стаканов номинального разрежения.

Обратное переключение происходит при снижении молокоотдачи и опускании поплавка.

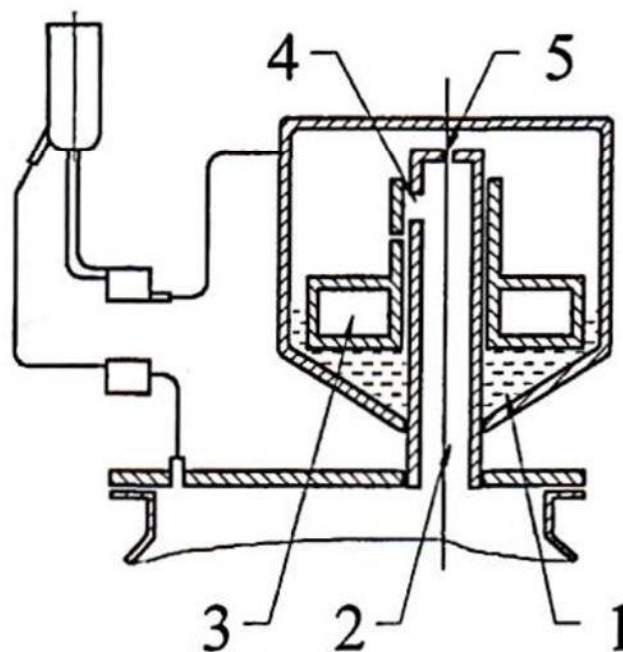


Рисунок 1.20 – Доильный аппарат:

1 – молоколовушка; 2 – стержень;
3 – поплавок; 4, 5 – калиброванные
отверстия

В конструкции С.Я. Горма изменен пульсатор. Перевод доильного аппарата с трехтактного режима работы на двухтактный осуществляется вручную, рукояткой, фиксирующей клапаны пульсатора в крайних положениях [43, 25, 26]. Недостаток такой конструкции существенен, так как требуется визуальное наблюдение за процессом доения, что не всегда осуществимо в условиях массового производства на крупных животноводческих предприятиях.

Особое место отводится доильным аппаратам, способным работать в соответствии с индивидуальными особенностями животных, учитывающим физиологическое состояние, скорость и темп молокоотдачи. Такие доильные аппараты способны изменять одновременно несколько рабочих параметров.

Интересное решение проблемы путем выравнивания вакуума в межстенной и подсосковой камерах доильных стаканов при бурной молокоотдаче нашли в своей авторской разработке Б.Ф. Нечитайло и Н.В. Нечитайло. Они предложили коллектор доильного аппарата (рисунок 1.21) [83], обеспечивающий улучшение процесса доения.

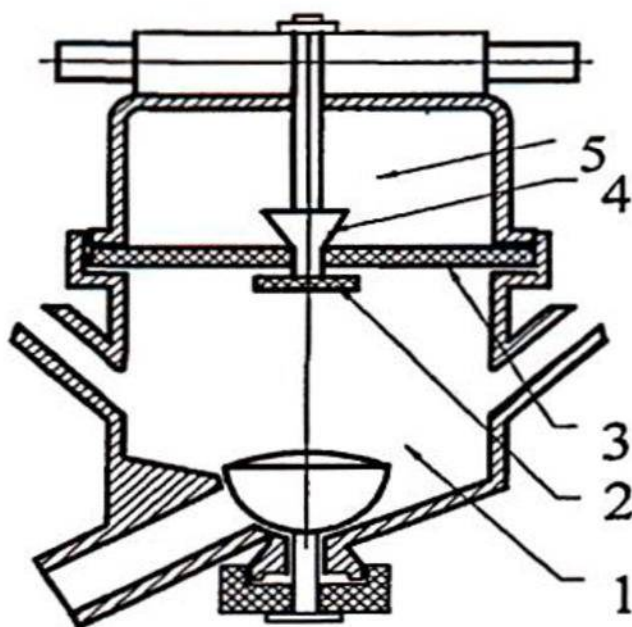


Рисунок 1.21 – Коллектор доильного аппарата: 1 – секция постоянного вакуума; 2 – пластина; 3 – мембрана; 4 – отверстие; 5 – секция переменного вакуума

Интерес вызывает доильный аппарат, разработанный Н.Н. Белянчиковым, где оптимальная скорость выведения молока и безопасное доение достигаются с помощью пульсоколлектора и регулятора расхода воздуха, которые кинематически связаны с датчиком интенсивности молокоотдачи. Создаваемый перепад давлений определяет соотношение тактов пульсоколлектора, и доильный аппарат действует в двух режимах: «часто и сильно» (при этом под соском животного минимальный вакуум и максимальное соотношение тактов) и «редко и слабо» [37].

Еще одной серьезной проблемой в процессе доения при использовании доильных аппаратов является быстрое сжатие и распрямление сосковой резины, что приводит к выбросу молока из подсосковой камеры доильного стакана в цистерну вымени в такте сжатия. Для решения этого вопроса многие инженеры предлагают применять режимы работы с плавными переходными процессами.

Доильный аппарат, запатентованный в США, имеет коллектор, выполненный в виде молоколовушки с поплавком, который штоком связан с клапаном (рисунок 1.22) [177].

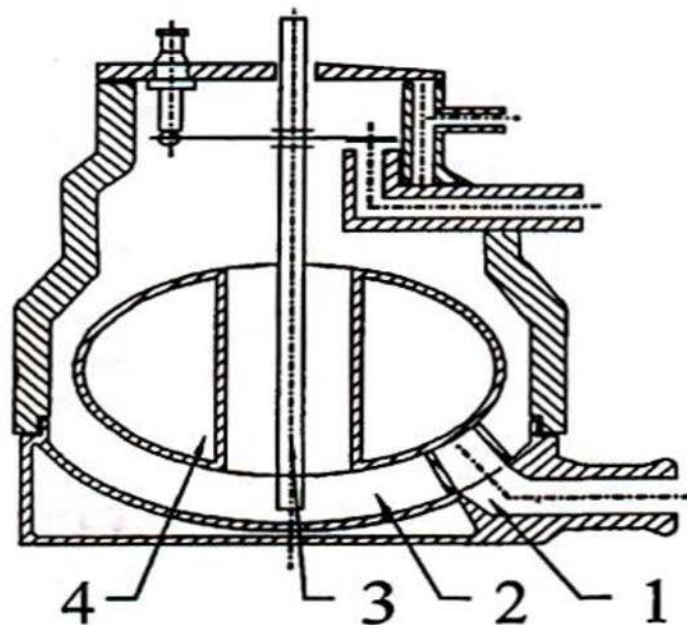


Рисунок 1.22 – Коллектор доильного аппарата: 1 – сливной патрубок; 2 – молоколовушка; 3 – шток; 4 – поплавок

При недостаточной интенсивности молокоотдачи поплавок находится в молоколовушке в нижнем положении, в камерах доильных стаканов пониженный вакуум. При возрастании потока молока поплавок всплывает, открывается клапан, увеличивая отсос воздуха из подсосковых и межстенных камер доильных стаканов. Обратное переключение на стимулирующий вакуум происходит при снижении интенсивности потока молока и опускании поплавка в молоколовушке.

В доильном аппарате А.М. Андрианова и В.И. Рьикова днище молочной камеры коллектора установлено с возможностью возвратно-поступательного перемещения по высоте и подпружинено с наружной стороны, что обеспечивает изменение объема молочной камеры [39]. Такая конструкция во время такта сжатия начинает сдавливать сосковую резину у основания соска сверху вниз, выдавливая тем самым молоко в молокопровод. Еще одним положительным моментом такого доильного аппарата является усиленная стимуляция соска, что способствует более полному выдаиванию коров.

В доильном аппарате патент РФ № 120845 [133] регулятор коллектора изменяет вакуумметрическое давление в межстенных камерах доильных стаканов в зависимости от молокоотдачи за счет клапана, соединенного через шток с мембраной (рисунок 1.23).

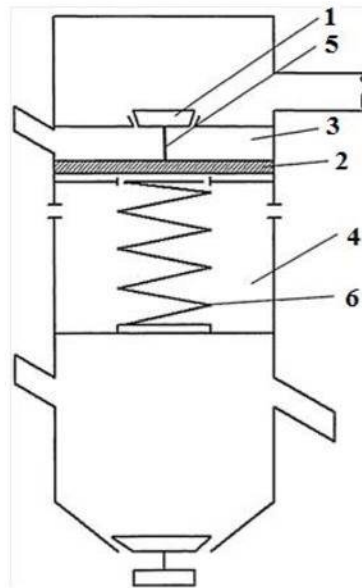


Рисунок 1.23 – Регулятор коллектора доильного аппарата: 1 – клапан; 2 – мембрана; 3 – камера переменного вакуума; 4 – камера постоянного атмосферного давления; 5 – шток; 6 – пружина

Данная конструкция стимулирует молокоотдачу, так как постепенно воздействует на сосок животного в такте сжатия, исключается резкий переход с такта сосания на такт сжатия, за счет плавного сжатия соска струя молока поступающего в вымя коровы не причиняет ей особого беспокойства [133].

Отличительной особенностью доильного аппарата, разработанного Л.В. Даниленко и В.П. Запорожцем (рисунок 1.24) [49], является наличие чувствительного элемента, с помощью которого регулируется вакуумный режим в подсосковых камерах доильных стаканов. В молокопроводе между коллектором и молокосборником расположена полая камера, в которой находится чувствительный элемент, включающий емкость с калиброванным отверстием, которая жестко связана с двуплечим рычагом, соединенным с устройством для автоматического регулирования режима работы аппарата.

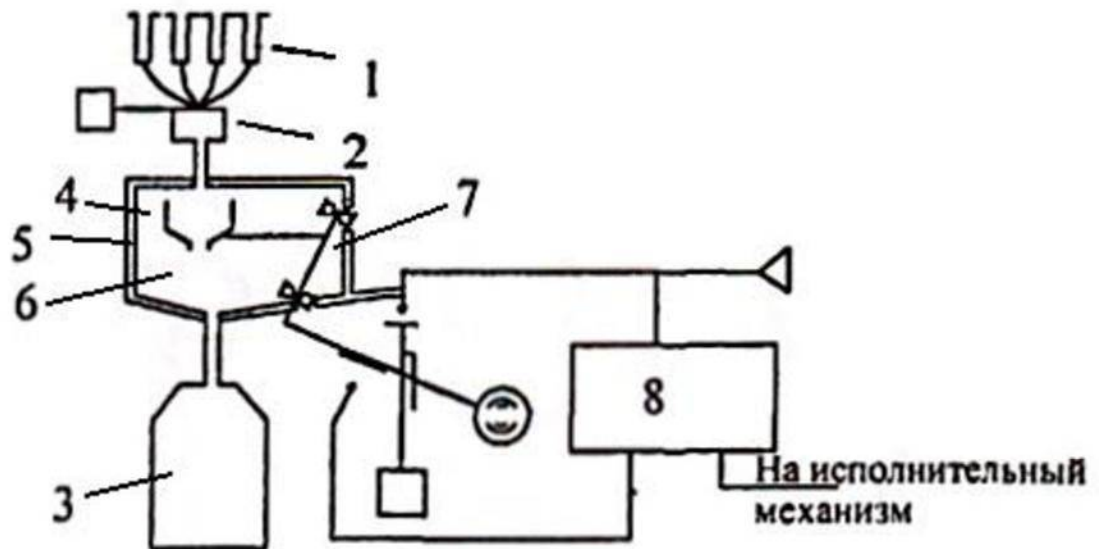


Рисунок 1.24 – Доильный аппарат: 1 – доильные стаканы; 2 – коллектор; 3 – молокосборник; 4 – пульсатор; 5 – полая камера; 6 – емкость; 7 – рычаг; 8 – регулятор

Эта же задача решается в конструкции, которую предложили В.О. Чернышев, Л.С. Лившиц, М.И. Полуянов и И.А. Ромашкевич. Дроссельный клапан в данном случае устанавливается в рассечку гибкой трубки, соединяющей межстенные камеры доильных стаканов для задних долей вымени с камерой переменного вакуума коллектора [36].

Автоматическое снижение вакуума при такте сжатия и при снижении молокоотдачи обеспечивает коллектор доильного аппарата, разработанный И.Д. Ступаком, Э.В. Ланиным и В.С. Климиком (рисунок 1.25) [55]. Автоматическое уменьшение вакуума в подсосковом пространстве при такте сжатия и при холостом доении благоприятно сказывается на здоровье животного, так как заболевание маститом уменьшается.

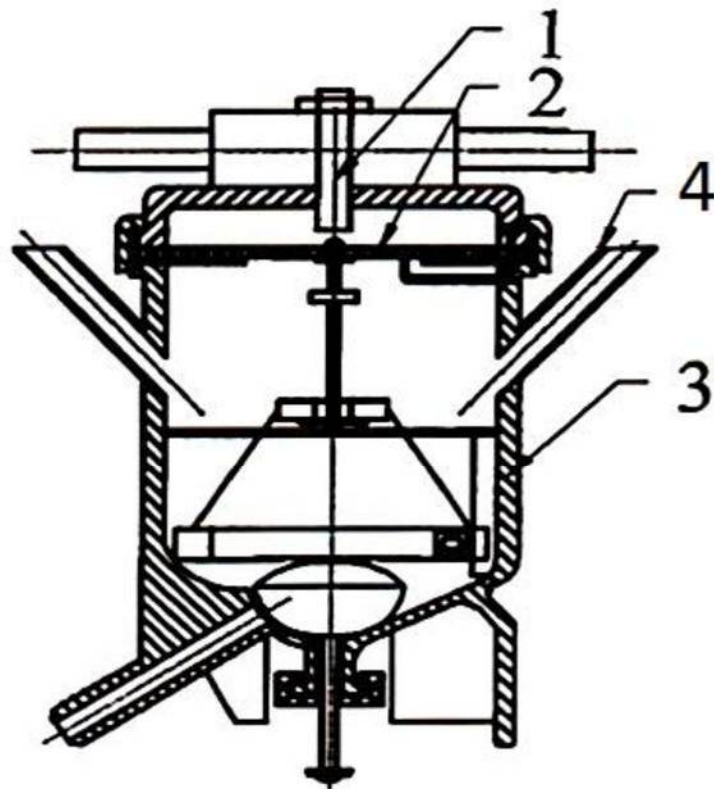


Рисунок 1.25 – Коллектор доильного аппарата: 1 – клапан; 2 – молокосборная камера; 3 – камера низкого вакуума; 4 – молочные трубки

Улучшение процесса доения за счет подсоса воздуха в подсосовые камеры доильных стаканов в конце доения обеспечивает устройство для управления процессом доения (рисунок 1.26) [155]. Оно содержит поплавков с запорной иглой и стержень с системой каналов. Работает устройство следующим образом. Перед началом доения стержень, клапан и поплавков устанавливают в верхнее положение. Молоко начинает поступать, и часть его выливается через калиброванное отверстие во втулке. При интенсивной молокоотдаче поплавков всплывает и поднимает клапан выше. Основной поток молока вытекает через штуцер, в молокопровод. По окончании интенсивной молокоотдачи молоко выводится только через калиброванное отверстие втулки. Поплавков, запорная игла, стержень и клапан опускаются. В результате упомянутого перемещения закрывается клапан, прекращая подачу вакуума в молочную камеру, и воздух по

стержню через отверстие попадает в молочную камеру и подсосковые пространства доильных стаканов.

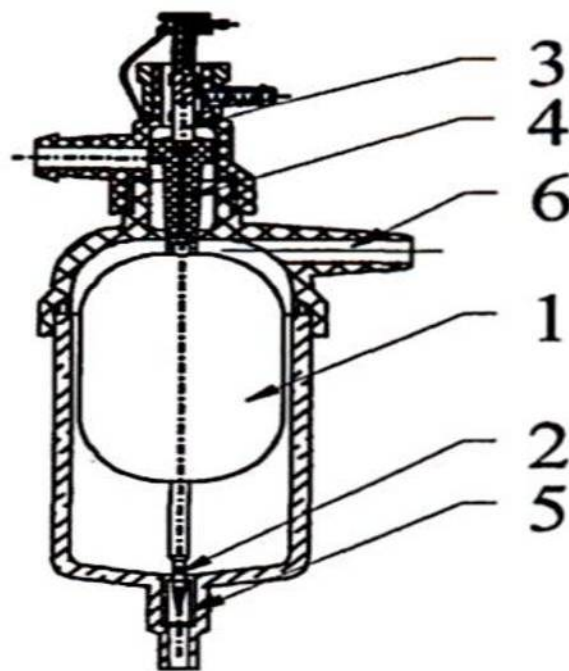


Рисунок 1.26 – Устройство для управления процессом доения:

- 1 – поплавок; 2 – запорная игла;
- 3 – стержень; 4 – клапан;
- 5 – втулка; 6 – штуцер

В отличие от предыдущего, доильный аппарат, разработанный Н.Н. Пасечниковым, В.И. Хайловым и А.А.Золотовым, содержит датчик расхода молока, выполненный в виде дроссельной диафрагмы, установленной в молокоотводящем патрубке (рисунок 1.27) [52]. Доильные стаканы надевают на вымя животного, вакуум распространяется в подсосковое пространство и одновременно в камеру пульсоколлектора. Происходит такт сжатия. Вакуум нарастает до определенного уровня, и мембранно-клапанный механизм переключается в нижнее положение. Наступает такт сосания. Скорость наполнения и опорожнения управляющей камеры зависит от прогиба мембраны.

При большом прогибе мембраны скорость наполнения увеличивается, а скорость опорожнения уменьшается. Прогиб мембраны зависит от расхода молока.

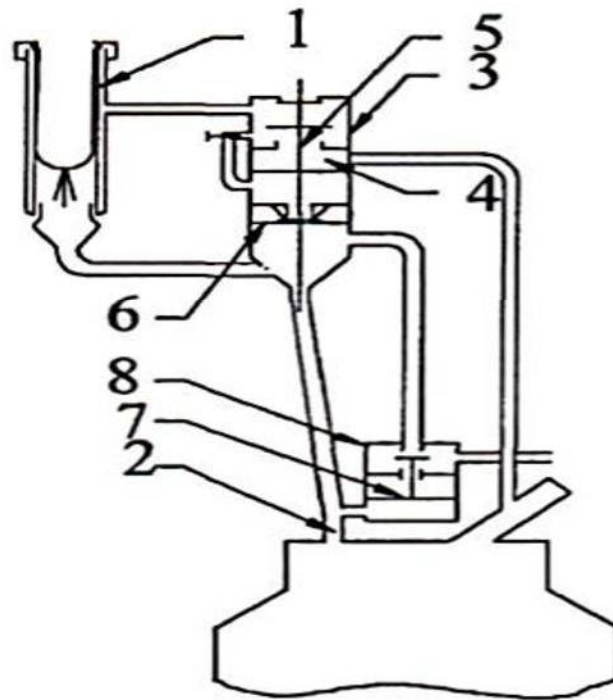


Рисунок 1.27 – Доильный аппарат:

1 – доильные стаканы; 2 – патрубок;

3 – пульсоколлектор; 4 – камера пульсатора;

5 – клапан; 6, 7 – мембрана; 8 – пневмокамера

Одной из успешных разработок в области машинного доения коров является мобильная доильная установка (MMU) Bosio компании DeLaval (рисунок 1.28).

Мобильная доильная установка (MMU) Bosio компании DeLaval проста в использовании и является надежным доильным оборудованием. Производитель гарантирует полное выдаивание, снижение затрат труда и экономию времени, что позволяет улучшить качество молока.

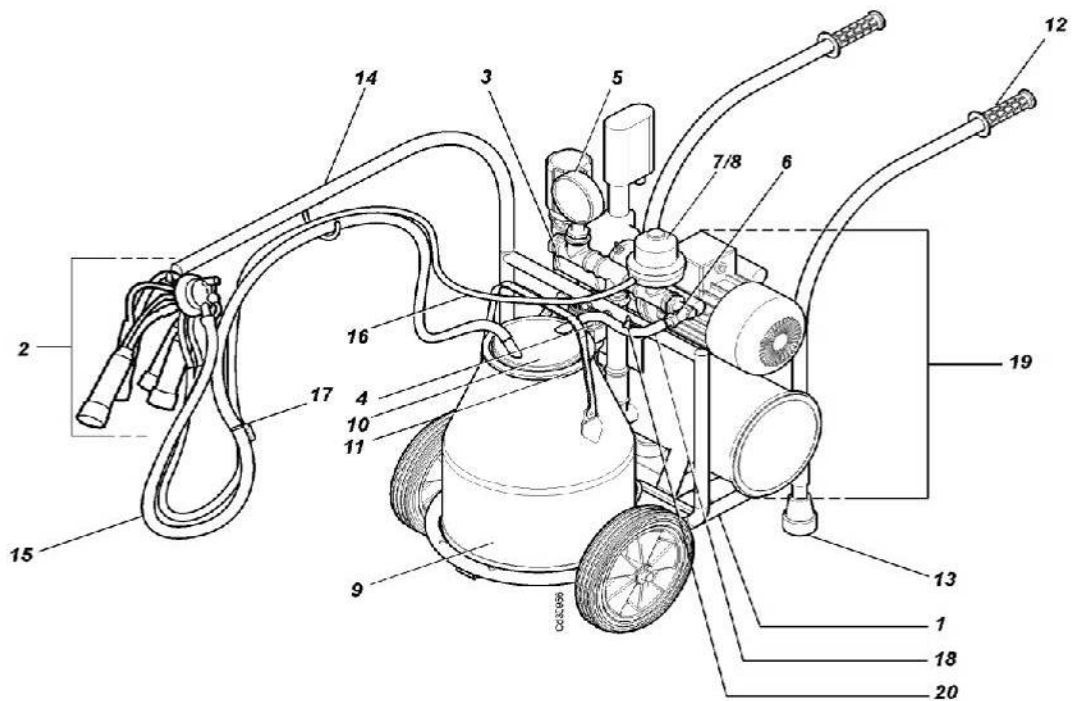


Рисунок 1.28 – Мобильная доильная установка (ММУ) Bosio компании DeLaval: 1 – тележка; 2 – подвесная часть MC11; 3 – коллектор; 4 – регулятор вакуума; 5 – вакуумметр; 6 – вакуумный патрубок; 7 – пульсатор AP22; 8 – переходник пульсатора; 9 – ведро 25 л; 10 – крышка ведра; 11 – уплотнительное кольцо крышки ведра; 12 – резиновый наконечник на ручке; 13 – резиновая ножка; 14 – рычаг подвесной части; 15 – молокопровод; 16 – одинарный вакуумпровод; 17 – зажим трубки; 18 – воздушная импульсная трубка; 19 – вакуумный блок; 20 – запорный клапан

К недостаткам мобильной доильной установки (ММУ) Bosio компании DeLaval следует отнести несоответствие вакуумметрического давления в подсосковых камерах доильных стаканов физиологическим требованиям коровы. Изменение частоты пульсаций в процессе доения не соответствует необходимым режимам доения.

Анализ известных конструкций доильных аппаратов показывает, что при их эксплуатации осуществляется жесткий режим работы, т. е. вакуумметрическое давление изменяется скачкообразно, с жесткими переходными процессами от одного уровня на другой. Зачастую регулирование работы заключается в том,

чтобы в начале и в конце доения установить минимальную величину рабочего вакуума, удерживающую доильные стаканы на сосках вымени животного, что положительно сказывается на здоровье вымени животного.

Несинхронное изменение вакуума в межстенных и подсосковых камерах доильных стаканов приводит к вредному воздействию сосковой резины и вакуума на внутреннюю полость соска. Кроме того, изменение рабочих параметров доильного аппарата приводит к изменению режима его работы (уменьшению или увеличению тактов сосания и сжатия), а также изменению длительности переходных процессов. Резкие переходы от такта сосания к такту сжатия сильно тормозят рефлекс молокоотдачи, что приводит к резкому снижению продуктивности коров и заболеваниям вымени животных.

На основании обзора различных конструктивных схем было проведено обобщение факторов влияющих на работу доильных аппаратов, выявлены преимущества и недостатки которые обобщили в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Обзор конструкций доильных аппаратов с изменяемым режимом работы

Схема	Преимущества	Недостатки
Изменение величины вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов	Повышается интенсивность молокоотдачи. Уменьшается количество остаточного молока. Оказывается благоприятное воздействие на поверхностно-тканевые структуры	Резкое изменение вакуума приводит к раздражению молочной железы и вызывает заболевание маститом. Изменение вакуума не всегда адекватно изменению молокоотдачи
Изменение величины вакуума в межстенных камерах доильных стаканов	Предотвращается наполнение доильных стаканов на соски. Уменьшается вредное воздействие вакуума на сосок. Повышенный вакуум лучше воздействует на соски в такт сжатия	При такте сжатия наблюдается выброс молока в цистерну вымени. Меньшая стимуляция рефлекса молокоотдачи при доении
Изменение частоты пульсаций доильного аппарата	Повышается производительность доильного аппарата. Уменьшается время фактического доения животных	Увеличивается расход воздуха при увеличении частоты пульсаций. Временно снижаются удои. Интенсивность сжатия сосковой резины снижается в 2–3 раза

Продолжение Таблицы 1.1

Изменение такта сосания при работе доильного аппарата	Сокращается время доения при увеличении продолжительности. Повышается молочная продуктивность при увеличении такта во время интенсивной молокоотдачи	Высокое разрежение, действующее в подсосковой камере, способствует наполнению доильных стаканов на соски. Разрежение в подсосковой камере вызывает гиперемию сосков
Изменение такта сжатия при работе доильного аппарата	Лучше вызывается рефлекс молокоотдачи. Усиливается массирующее воздействие сосковой резины на соски	При увеличении такта сжатия нарушается кровообращение. Наблюдается остаточная деформация сосков и гиперемия при продолжительном такте сжатия
Изменение соотношения тактов в доильном аппарате	Повышается скорость доения животного. Более полное выдаивание молока из каждой четверти. Обеспечивается разная интенсивность доения передних и задних долей вымени	Резкое изменение соотношения тактов при колебаниях вакуума. Изменение интенсивности потока молоковыведения при смене соотношения тактов. Нельзя обеспечить полное копирование кривой молокоотдачи для группы животных
Автоматический переход с трехтактного режима доения на двухтактный (непрерывный отсос) или наоборот	Уменьшается время выдаивания коровы. Оказывается активное воздействие на весь сосок в целом в течение всего процесса доения	При непрерывном отсосе постоянный вакуум вызывает острую гиперемию сосков. Чаще возникают раздражения, воспаления сосков приводящие к их ороговению
Осуществление плавного перехода от такта сосания к сжатию	Позволяет повысить интенсивность молоковыведения при плавном переходе. Снижается количество остаточного молока в вымени животного после доения. Стимулирует кровообращение в соске	Резкое изменение приводит к выбросу остаточного молока в цистерну вымени. Резкая смена тактов приводит к снижению производительности доильного аппарата. Плавное изменение приводит к постепенному сжатию

Таким образом, прежде чем приступить к конструированию доильных аппаратов, необходимо, прежде всего, изучить влияние всех параметров

машинного доения, влияющих на процесс молокоотдачи. Затем смоделировать режимы работы доильного аппарата, исключив все негативные факторы, влияющие на процесс молоковыведения и молокоотдачи. После этого можно заложить этот режим работы в предлагаемую конструкцию.

1.3 Классификация доильных аппаратов с регулируемыми режимами доения

Разнообразие существующих конструкций доильных аппаратов объясняется поиском наиболее рационального решения, которое наиболее полно отвечало бы зоотехническим, технико-экономическим требованиям и физиологии животного [3, 108].

Классификацию доильных аппаратов можно произвести по следующим характерным признакам (рисунок 1.29):

- 1) способу извлечения молока;
- 2) конструкции исполнительного механизма;
- 3) принципу работы аппарата;
- 4) характеру доения;
- 5) способу сбора молока;
- 6) конструкции коллектора;
- 7) конструкции пульсатора;
- 8) режиму доения.

По способу извлечения молока доильные аппараты бывают отсасывающего и выжимающего типов.

Наибольшее распространение получил отсасывающий тип аппарата, работа которого основана на разности давлений в вымени животного и подсосковой камере доильного стакана. Его конструкция проста и надежна.

Выжимающие аппараты копируют ручное доение, выдавливают молоко из сосков вымени.

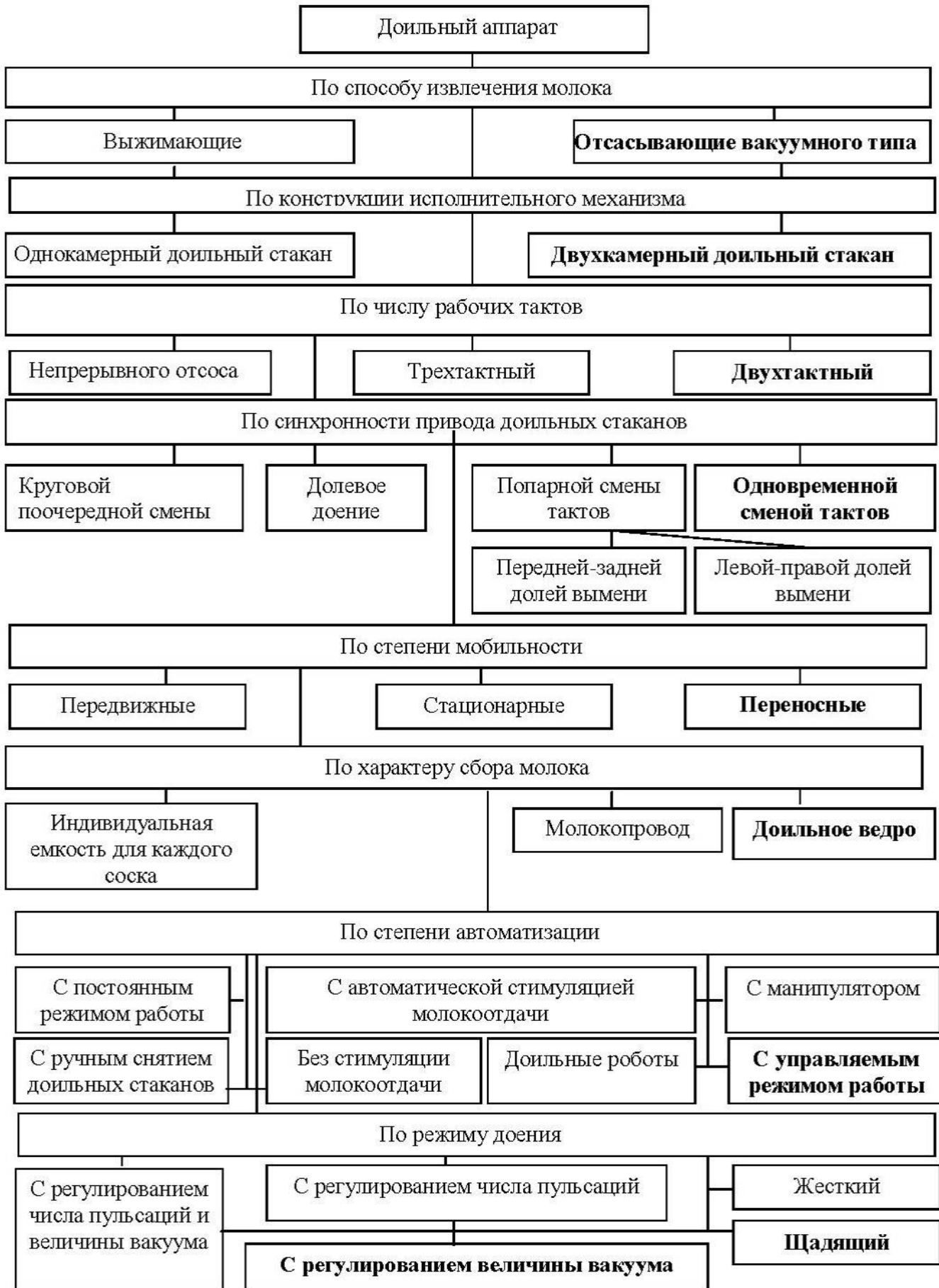


Рисунок 1.29 – Классификация доильных аппаратов

Однако значительным недостатком таких стаканов является отсутствие такта сжатия, что нарушает кровообращение в сосках вымени животного, не всегда обеспечивается быстрое выдаивание, так как сфинктер соска при такте сосания в некоторых случаях не может открываться полностью из-за сжатия его с боков при слишком сильном засасывании в конусообразный стакан.

Вследствие этого у коров наблюдается неполное выдаивание (необходимость ручного додоя), кроме того, необходимо иметь несколько комплектов доильных стаканов различного размера к каждому доильному аппарату, чтобы охватить машинным доением большинство коров, имеющих соски разных размеров.

Доильные стаканы второго типа имеют две камеры: межстенную и подсосковую, что позволяет ускорить процесс доения, можно обойтись одним комплектом доильных стаканов к каждому аппарату, так как сосковая резина в некоторых пределах автоматически приспособляется к соскам различных размеров. К недостаткам двухкамерных доильных стаканов можно отнести то, что во время такта сосания несколько нарушается кровообращение в сосках, которое не всегда восстанавливается полностью во время такта сжатия. За период доения происходит большое удлинение сосков, а доильные стаканы напозают на основания сосков вымени коров. Из-за этого сообщение соска с цистерной вымени нарушается, и доение прерывается преждевременно, что обуславливает неполное выдаивание молока у коров. Внутренняя ткань соска у его основания нередко повреждается, в результате чего возможно заболевание коров маститом, возникает необходимость не допускать передержки доильных стаканов на сосках вымени коров, так как работа аппарата вхолостую особенно вредна и вызывает заболевания вымени (попытки устранить эти недостатки подбором оптимальных параметров не всегда достигают цели).

По принципу работы различают двухтактный, трехтактный аппараты и аппараты непрерывного отсасывания. Двухтактный доильный аппарат обеспечивает такт сосания и такт сжатия, вследствие чего процесс доения протекает быстрее. Главным недостатком аппарата этого типа является отсутствие

такта отдыха, что приводит к напозванию доильных стаканов на основания сосков вымени, «сухому доению», заболеванию вымени коров [17].

Трехтактный доильный аппарат имеет такт отдыха, вследствие чего отрицательные свойства двухтактных доильных аппаратов сведены к минимуму. Главными недостатками такого аппарата являются уменьшение длительности цикла доения на 30 %, создание более высокого разрежения в подсосковой камере доильных стаканов, необходимого для удержания доильных стаканов на вымени, что в случае передержки доильных стаканов на сосках вымени животных («сухом доении») вызывает мастит.

Доильный аппарат непрерывного действия характеризуется высокой скоростью извлечения молока, но негативное воздействие вакуума на соски животных является его основным недостатком [23].

По характеру доения доильные аппараты бывают одновременного, попарного и долевого доения. При одновременном доении все соски вымени выдаиваются одновременно. Для успешного применения таких аппаратов необходимо подбирать животных с равномерным развитием всех долей вымени, иначе происходит «сухое доение» плохо развитых долей вымени коровы.

При попарном доении передние и задние или правые и левые доли вымени выдаиваются поочередно. Такой характер доения благоприятен при переводе с ручного доения коров на механическое, доение протекает с меньшими нагрузками на вымени животного, кроме того, такие аппараты успешно применяются для определения пригодности животных к машинному доению. Недостатком является сложность конструкции пульсатора, что снижает его надежность в работе и увеличивает стоимость доильного аппарата и время доения.

При долевым доением каждый сосок выдаивается отдельно, аппараты данного типа не нашли широкого распространения из-за сложной конструкции пульсатора и жестких режимов доения, сложности обслуживания и контроля процесса доения.

При сборе выдоенного молока доильные аппараты могут подавать его в доильное ведро, в подвижную емкость, в молокопровод, а также отдельно от каждого соска в индивидуальную емкость. Большого значения этот признак в

процессе доения животных не имеет, однако имеют место существенные различия в трудоемкости. Более трудоемким является сбор молока в доильное ведро.

По конструкции коллектора доильные аппараты бывают двухкамерные и четырехкамерные. Двухкамерный коллектор не обеспечивает такта отдыха, что отрицательно влияет на здоровье животных, однако процесс доения в таких аппаратах протекает ускоренно, что повышает их производительность.

Четырехкамерный коллектор обеспечивает такт отдыха, что благоприятно влияет на здоровье и продуктивность животных, но увеличение времени доения не всегда обеспечивает полное выдаивание животных.

По конструкции пульсатора доильные аппараты делят на поршневые, мембранные, двухмембранные, электромагнитные, шариковые, вибропульсаторы.

Поршневые пульсаторы просты по конструкции, но постоянно нуждаются в надлежащем уходе и особенно смазке.

Мембранные пульсаторы бывают одноклапанными и двухклапанными. Одноклапанные пульсаторы применяются в двухтактных доильных аппаратах и являются самыми распространенными из-за простоты конструкции и надежности в работе. Двухклапанные устройства этого назначения применяются в трехтактных доильных аппаратах, но они громоздки по конструкции и ненадежны в работе, т. к. при подключении пульсатора к вакуумпроводу часто происходит деформирование клапана из-за возникновения в нем внутренних напряжений, что вызывает перекося плоскостей клапана.

Электромагнитные пульсаторы действуют от постоянного или переменного электрического тока напряжением 12 В, что создает трудности в подаче электрической энергии.

Шариковые пульсаторы устанавливаются для каждого доильного стакана отдельно и применяются при долевом доении.

Применение вибропульсаторов сокращает затраты ручного труда на доение, уменьшает заболевание коров маститом. Недостатками такого пульсатора является снижение продуктивности и средней жирности молока коров за лактацию из-за отсутствия достаточного эффекта стимуляции молочной железы при доении.

Двухмембранные пульсаторы сложны и громоздки по конструкции, но часто применяются в качестве главного пульсатора, устанавливаемого стационарно на трубопроводе постоянного вакуума.

Из всего разнообразия конструкций пульсаторов наибольшее распространение получили мембранные пульсаторы как более простые по конструкции и надежные в работе.

По режиму работы доильные аппараты подразделяют на установки с жестким и щадящим режимами доения.

Жесткий режим обуславливается неизменностью величины вакуума и частоты пульсаций во время всего процесса доения. Жесткий режим доения не допускает передержки доильных стаканов после окончания процесса молокоотдачи, иначе неизбежны заболевания вымени, наползание доильных стаканов на основания сосков, негативное воздействие на нервные окончания, приводящее к неполному выдаиванию.

Щадящий режим предусматривает регулирование частоты пульсаций, изменение глубины вакуума в подсосковой камере доильных стаканов или регулирование числа пульсаций и вакуума. Щадящий режим извлечения молока с регулированием числа пульсаций предусматривает изменение частоты воздействия на соски животного, учитывающее величину молокоотдачи. В таких аппаратах отсутствуют недостатки аппаратов с жестким режимом доения. Однако конструкция аппарата с регулированием числа пульсаций и вакуума в подсосковой камере требует создания дополнительных механизмов и устройств для обеспечения такой работы.

Доильные аппараты с регулированием величины вакуума в подсосковой камере доильных стаканов наиболее полно отвечают физиологии и скорости молокоотдачи, конструктивно легко исполнимы, не требуют излишних средств контроля и регулирования. При их использовании снижается повреждение сосков (язвочки, раны), уменьшается наползание доильных стаканов на основание сосков вымени. При недостаточном количестве или полном отсутствии молока в вымени животных к окончанию процесса доения воздействие вакуума на мягкие

ткани молочной железы максимально безопасно, что позволяет избежать «сухого доения» и заболевания коров маститом, допускает кратковременную передержку доильных стаканов на сосках коров после полного их выдаивания без вреда для здоровья животных.

Исходя из предлагаемой классификации при конструировании доильных аппаратов необходимо, чтобы они соответствовали следующим оптимальным признакам:

- по способу извлечения молока – отсасывающего типа;
- по конструкции исполнительного механизма – двухкамерные доильные стаканы;
- по принципу работы аппарата – двухтактный;
- по характеру доения – одновременное;
- по способу сбора молока – доильное ведро;
- по конструкции коллектора – двухкамерный;
- по конструкции пульсатора – мембранный, одноклапанный;
- по режиму доения – щадящий, с регулированием вакуума в подсосковой камере.

1.4 Обзор теоретических исследований доильных аппаратов с регулируемым вакуумом

Многие ученые занимались теоретическими исследованиями в области работы доильных аппаратов с регулируемым вакуумом. Проведенные работы посвящались изменению вакуумметрического давления в камерах доильных стаканов, пульсаторе, коллекторе, регулированию числа пульсаций.

И.К. Винников [17] в докторской диссертации исследовал мембранные, струйные, струйно-мембранные, клапанные и мембранно-клапанные элементы промышленной пневмоавтоматики, что позволило обосновать логически полную вакуумную ветвь, способную реализовать на вакууме при $P_{\text{лм}} = 50$ кПа $P_{\text{подн}} = 35$ кПа все операции алгебры логики. Автор теоретически обосновал элементную

базу разработанных вакуумных формирователей сигналов, пневмодатчиков, вакуумных пневмопроводов, вакуумпроводов и линий связи, составляющих функционально полную техническую базу автоматизации доения, на основании которой могут быть построены логические устройства любой сложности. Им были получены формулы расчета продуктивности коров $Q_{\text{п}}$, кг/мин:

$$Q_{\text{п}} = \left(\frac{Q + 1,02^{t \cdot 165}}{417 \cdot 10^{-5} t^{0,148} e^{0,00349t}} \right)^{1,0469}, \quad (1.1)$$

где $t_{\text{д}} = \max(t_1)$ – время доения коровы, с;

$V_0 = \frac{g_0}{t}$ – средняя скорость молоковыведения, кг/мин;

Q – прогнозируемая продуктивность (305 дн.).

М.Л. Гордиевских [23] свою докторскую диссертацию посветил вопросу повышения эффективности машинного доения путем совершенствования технологического процесса и технических средств учета текущих физиологических потребностей животных. Был разработан и теоретически обоснован кольцевой первичный преобразователь сигнала, позволяющий регулировать величину вакуумметрического давления в камерах доильных стаканов F :

$$F = \frac{t_{\text{сос}} - (t_1 + t_2 + \dots + t_n)}{t_{\text{сос}}} \cdot 100 \cdot \%, \quad (1.2)$$

где $t_1, t_2, \dots, t_n$ – периоды времени, при которых происходило увеличение до критической зоны;

$t_{\text{сос}}$ – общее время такта «сосание».

В интервале потока 200...550 г/мин датчик способен осуществлять дискретный контроль заданного предела интенсивности выведения молока с точность до 10 %. Автором был обоснован способ защиты молочной железы от воздействия высокого вакуума: снижение разрежения до 40...41 кПа в межстенных камерах доильных стаканов – при интенсивности выведения молока менее 200...220 г/мин и микропульсации сосковой резины с частотой 7...8 Гц.

Н.Г. Анисимов, М.Л. Гордиевских [24] теоретически обосновали эффективность применения устройства начала и окончания доения коров. В этой работе обоснованы режимы доения, изменение вакуумметрического давления в зависимости от молокоотдачи животного.

Докторская диссертация В.Н. Шулятьева [169] посвящена вопросу повышения эффективности функционирования нагнетателей-преобразователей технологических линий и технических средств в молочном скотоводстве. Им получена формула диаметра парового канала d_n , м

$$d_n = \frac{4klS_{op}(t_{z1} - t_{x1})E_1\sqrt{2(k+1)}}{d_{tp}N_tL\rho_nV_n^{xp}}, \quad (1.3)$$

где d_{tp} – диаметр трубки;

ρ_n – плотность пара;

V_n^{xp} – скорость звука;

k – показатель адиабаты;

t_{z1}, t_{x1} – разность температур;

E_1 – тепловая эффективность установки;

k – общий коэффициент теплопередач.

Исследованиями доказано, что установка в каждой ветви молокопровода дополнительных ресиверов вместимостью 0,04 м³ по обе стороны разделителей способствовала стабилизации вакуумного режима доильной установки, коэффициент вариации и вариационный размах флуктуаций разрежения общего процесса уменьшались почти в два раза. Был сделан вывод, что стабилизация вакуумного режима и коррекция его предельной величины на уровне 49 кПа исключают появление новых случаев воспаления вымени у животных.

А.А. Попов [120] в кандидатской диссертации разработал и исследовал аналитические зависимости между поперечной деформацией сосковой резины и конструктивными параметрами доильного аппарата, позволяющие выявить характер взаимодействия доильного стакана и соска вымени коровы. Формула силы, действующей на сосок коровы от вакуумметрического давления F_g , Н:

$$F_{\sigma} = P_{\text{раб}} \pi \left(d_2 h - \left(\frac{\pi d_k^2}{4} \right) \right), \quad (1.4)$$

где $P_{\text{раб}}$ – рабочая величина вакуума, Па;

d_2 – внутренний диаметр подвижной части гильзы, м;

h – высота подвижной части гильзы, м;

d_k – диаметр клапана, м.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями установлены основные конструктивные и режимные параметры стимулирующего доильного аппарата.

Одна из задач кандидатская диссертация О.Н. Бахчевникова [9] заключалась в определении характеристик и параметров вакуумных пульсаторов для стойловых доильных автоматов. Им доказано, что любой вакуумный пульсатор доильного аппарата, являющийся автоматическим устройством, работающим по алгоритму, самонастраивающимся 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. Получены выражения для определения времени такта сосания, времени такта сжатия и времени цикла работы пульсатора

$$t_1 = T \ln \frac{1 - P_{\text{оп}}}{1 - P_{\text{сп}}}; \quad (1.5)$$

$$t_2 = T \ln \frac{P_{\text{сп}}}{P_{\text{оп}}}; \quad (1.6)$$

$$T_{\text{ц}} = T \ln \left(\frac{P_{\text{сп}}}{P_{\text{оп}}} \frac{1 - P_{\text{оп}}}{1 - P_{\text{сп}}} \right), \quad (1.7)$$

где $P_{\text{оп}}$ – величина вакуума отпуска по нисходящей экспоненте;

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

Было 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., частоту пульсаций от 1,6 до 0,8 Гц и величину вакуума под соском до

величины вакуума питания. Установлено, что запаздывание сигнала от коллектора к пульсатору в управляющей камере коллектора изменяется от 0 до 0,03 с, а его постоянная величина от 0,1 до 0,13 с не оказывает влияния на процесс доения.

А.Г. Свиридов [140] в диссертационной работе «Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров гидравлического контура доильного аппарата автоматизированной доильной установки» получил формулу для определения потери давления на преодоление сил трения

$$\Delta p_{\text{тр}} = \frac{8\lambda Q_{\text{см}}^2 \rho_{\text{см}}}{\pi^2 d^5 \left(1 - \frac{\varphi - 1 + \sqrt{(\varphi - 1)^2 + 4\varphi^2}}{2\varphi} \right)}, \quad (1.8)$$

где λ – коэффициент Дарси;

l – длина трубопровода;

$Q_{\text{см}}$ – объемный расход смеси;

$\rho_{\text{см}}$ – плотность смеси;

d – внутренний диаметр трубопровода;

φ – коэффициент истинного газосодержания смеси.

Среднее значение интенсивности потока молока на участке доильный стакан – коллектор составляет 0,852 кг/мин, хотя максимальная интенсивность у отдельных особей достигает 1,890 кг/мин; установлена положительная корреляция между удоем и интенсивностью молокоотдачи коров как по долям вымени, так и по вымени в целом; получены данные для участка доильный стакан – коллектор, а также для участка коллектор – молокоприемное устройство, интенсивность потока молока достаточно точно описывается эмпирическими уравнениями.

В ходе исследований им было установлено, что при постоянном вакуумметрическом давлении в магистрали $P_{\text{в}} = 30$ кПа и изменении диаметра калиброванного отверстия клапанного механизма от 1,0 до 2,0 мм расход воздуха через него возрастает от 4,1 до 16,2 л/мин. Зависимость расхода воздуха через калиброванное отверстие от его диаметра при работе установки достаточно точно описывается полиномом третьего порядка. При изменении диаметра

калиброванного отверстия от 1,0 до 2,0 мм при установившемся вакуумметрическом давлении $P_v = 40$ кПа расход воздуха возрастает от 2,1 до 2,8 л/мин. Кроме того, было установлено, что при изменении массового расхода смеси от 0,125 до 0,75 кг/мин (при $P_v = 50$ кПа, $d_k = 1,4$ мм, $d_{мтр} = 8$ мм) на участке доильный стакан – молочная трубка перепад давления будет увеличиваться от 419 до 637 Па; при изменении массового расхода молока от 0,1 до 3,0 кг/мин (при $P_v = 50$ кПа, $d_k = 1,8$ мм, $d_{мтр} = 8$ мм, $d_{мш} = 14$ мм) на участке коллектор – молочный шланг перепад давления будет увеличиваться от 3420 до 4900 Па соответственно. Автор доказал, что полученные зависимости достаточно точно описываются теоретическими и экспериментальными уравнениями.

В диссертационной работе И.Ю. Игнаткина [67] были проведены теоретические исследования и установлено, что изменение вакуума в молокопроводе в пределах 37...55 кПа незначительно влияет на погрешность измерения, сохраняя ее значения в пределах ± 2 %, при этом величина колебаний вакуумметрического давления в самом устройстве соответствует требованиям ГОСТ 28545–90 (ИСО 5703–83) и не превышает ± 2 %. Получено выражение для определения динамического передаточного коэффициента

$$K_d = \frac{t_c n \mu F \sqrt{2gH}}{\Delta \omega}, \quad (1.9)$$

где n – критическое количество тактов работы доильного аппарата;

t_c – продолжительность такта сосания,

μ – коэффициент расхода сливного отверстия;

H – уровень наполнения приемной камеры;

F – площадь сливного отверстия;

$\Delta \omega$ – объем транспортируемой молоковоздушной пробки.

Им, кроме того, проведен двухфакторный эксперимент, обработка полученных данных, корреляционный и регрессионный анализы, получено уравнение, отражающее зависимость погрешности учета от интенсивности молокоотдачи и величины вакуумметрического давления в молокопроводе.

О.А. Чехунов [167] в диссертационной работе «Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров доильного аппарата с однокамерными

доильными стаканами» провел исследования и получил следующие результаты: теоретическое предположение о зависимости величины вакуумметрического давления, необходимого для удержания подвесной части доильного аппарата, от ее массы для различных начальных диаметров сосков справедливо и при изменении массы подвесной части доильного аппарата в пределах 1 до 3 кг; для начальных диаметров сосков с 28 до 18 мм величина вакуумметрического давления возрастает от 2,1 до 20,3 кПа; при увеличении перепада давлений от 5 до 55 кПа и уменьшении диаметра впускного отверстия от 1 до 0,5 мм время поступления воздуха возрастает в пределах от $0,38 \cdot 10^{-3}$ до $12,74 \cdot 10^{-3}$ с; при увеличении диаметра впускного отверстия в клапане коллектора от 1,5 до 2,75 мм и длины отверстий для откачки воздуха от 1,75 до 3 мм, при снижении перепада давлений в камере управления коллектора и соединительном патрубке от 55 до 5 кПа время поступления воздуха уменьшается с $19,9 \cdot 10^{-3}$ до $0,85 \cdot 10^{-3}$ с, а время откачки воздуха с $3,44 \cdot 10^{-3}$ до $0,54 \cdot 10^{-3}$ с.

Получено аналитическое выражение для определения расхода воздуха через впускное отверстие пневмоклапана

$$Q_{\text{во}} = \frac{\pi d_{\text{во}}^4}{128 \mu_0 l_{\text{во}}} (p_0 - p_{\text{рк}}), \quad (1.10)$$

где $d_{\text{во}}$ – приведенный диаметр впускного отверстия;

$l_{\text{во}}$ – длина впускного отверстия;

μ_0 – динамическая вязкость воздуха;

$p_{\text{рк}}$ – текущее значение вакуумметрического давления в рабочей камере;

p_0 – атмосферное давление.

Получены также аналитические выражения диаметра впускного клапана, скорости поступления и откачки воздуха

$$d_{\text{во}} = \sqrt{\frac{128 \mu_0 l_{\text{во}} V}{\pi (p_0 - p_{\text{во}})}}; \quad (1.11)$$

$$g_{\text{пос}} = \frac{\pi l_{\text{пр.пос}}^4}{128 \mu_0 l_{\text{пос}}} (p_0 - p_{\text{пос}}); \quad (1.12)$$

$$\vartheta_{\text{отк}} = \frac{\pi d_{\text{пр.отк}}^4}{128 \mu_0 l_{\text{отк}}} (p_{\text{отк}} - p_{\text{в}}), \quad (1.13)$$

где $p_0, p_{\text{в}}$ – атмосферное и вакуумметрическое давление;

$l_{\text{пос}}, l_{\text{отк}}$ – длина отверстий для вакуумметрического давления при поступлении и откачке воздуха;

$d_{\text{пр.пос}}, d_{\text{пр.отк}}$ – приведенный диаметр отверстия соответственно для поступления и откачки воздуха.

И.В. Крючкова [91] в кандидатской диссертации «Исследование и разработка доильного аппарата с автоматическим изменением вакуумметрического давления» сделала вывод, что одним из значимых факторов, влияющих на полноту и скорость выдаивания животного, является переменное вакуумметрическое давление, варьированием которого, в соответствии с интенсивностью молокоотдачи животного, в интервале от 28 до 52 кПа достигается максимальный положительный эффект посредством улучшения качественных показателей машинного доения. Формулу расчета отсасывающей способности аппарата можно представить в виде

$$Q_a = \alpha f_c \sqrt{\frac{2g}{\mu\gamma}} \cdot H_p, \quad (1.14)$$

где α – относительная длительность такта сосания;

f_c – среднее значение площади сечения сфинктера, принимаемое постоянной величиной;

μ – среднее значение коэффициента сопротивления сфинктера;

γ – удельный вес молока;

g – ускорение силы тяжести;

H_p – величина вакуума в подсосковом пространстве доильного стакана.

Получена формула изменения вакуумметрического давления под соском

$$H_p = H_{\min} + Q(t) \frac{H_{\max} - H_{\min}}{Q_{\max}}, \quad (1.15)$$

где $Q_{\max}$ – максимальная скорость молокоотдачи.

И.В. Крючкова получила ряд аналитических выражений, которые позволяют уточнить зависимости величины наползания доильного стакана на сосок вымени коровы при работе по предлагаемому режиму как от величины

прогиба сосковой резины, так и от величины вакуумметрического давления в подсосковых пространствах, размеров соска вымени животного и конструктивных особенностей регулятора. В ходе экспериментальных исследований автор подтвердил основные рабочие параметры: ход клапана (совместно с молоколовушкой) – 7 мм; величина калиброванного отверстия в молоколовушке – 6 мм; объем молоколовушки – 1,9 см³; пределы изменения вакуумметрического давления в подсосковых камерах доильных стаканов в начале и конце доения – 30 кПа, в период интенсивной молокоотдачи животного – 50 кПа. Время запаздывания изменения величины вакуумметрического давления в подсосковых камерах доильных стаканов по отношению к изменению количества молока в молоколовушке составило менее 21 с.

В работе Р.С. Куспакова [94] «Разработка и исследование доильного аппарата с плавными переходными процессами» были определены зоны изменения времени переходных процессов. Обоснована необходимость создания способа доения животных, при котором обеспечивается плавный переход от такта сосания к такту сжатия, а сам такт сжатия сведен до 2 %. Новый способ машинного доения предполагал расчет вакуум-регулятора и коллектора доильного аппарата, их геометрических размеров и конфигурации, в результате чего были получены соответствующие зависимости. Получено уравнение скорости как функции только одного переменного давления:

$$W = \sqrt{\frac{2gk}{k-1}} \cdot c^{\frac{1}{k}} \cdot \sqrt{p_a^{\frac{k-1}{k}} \cdot p^{\frac{k-1}{k}}}, \quad (1.16)$$

где g – ускорение свободного падения;

k – показатель адиабатного процесса;

p_a – атмосферное давление;

p – вакуумметрическое давление.

Проведенный расчет многофакторного эксперимента позволил оптимизировать конструктивные и режимные параметры доильного аппарата (площадь проходного сечения клапана регулирующего устройства $f = 8,52 \cdot 10^{-6}$ м²; объем переменной камеры регулирующего устройства $V_n = 2,25 \cdot 10^{-3}$ м³; величины

вакуумметрического давления в межстенной камере доильного стакана $P_m = 44,14$ кПа.

А.А. Назин [111] в диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук «Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров доильного аппарата с управляемым режимом доения» сделал вывод о перспективности направления развития средств механизации доения коров путем создания доильного аппарата с управляемым режимом доения в зависимости от интенсивности потока молока. Были получены теоретические зависимости изменения вакуумметрического давления от площади поперечного сечения клапана, находящегося под действием атмосферного давления; эти зависимости достаточно точно описываются соответственно полиномами четвертого и пятого порядков. При этом время переключения на заданный режим доения (при котором устанавливается заданная величина разрежения в камере коллектора) составит

$$t_n = \frac{\pi b (R^2 - r^2)}{S_0 \sqrt{2g \left(h_m + \frac{p_0 - p_1}{\rho g} \right)}}, \quad (1.17)$$

где b – высота лопасти;

R – больший радиус рабочего колеса;

r – меньший радиус рабочего колеса;

S_0 – площадь поперечного сечения соска вымени;

h_m – высота подъема клапана;

p_0 – давление молока в вымени животного;

p_1 – давление молока при выходе из соска.

Тогда вертикальное перемещение клапана составит

$$h = \frac{\pi b g' (R^2 - r^2)}{S_0 \sqrt{2g \left(h_m + \frac{p_0 - p_1}{\rho g} \right)}}, \quad (1.18)$$

где g' – скорость перемещения клапана.

Доказано, что при увеличении площади поперечного сечения клапана от $1 \cdot 10^{-3}$ до $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ и угла подъема винтовой линии опоры скольжения от 0 до $1,39$ рад изменяется величина вакуума. Получена формула поверхности клапана для обеспечения линейной зависимости между перемещением клапана и давлением в

управляющей камере коллектора. Теоретически получены выражения перемещения клапана на высоту от 0 до $4 \cdot 10^{-3}$ м, при этом вакуум возрастает от 29 до 50,4 кПа по закону, описываемому линейным уравнением.

Проведенный анализ теоретических исследований в области изменения вакуумметрического давления в подсосковых камерах доильных стаканов показывает, что не все вопросы до конца исследованы и необходимы дальнейшие работы в этом направлении.

На основании теоретического обзора можно выдвинуть предположение в протекании технологического процесса предполагаемой конструкции переносного доильного аппарата с регулятором вакуума (рисунок 1.30) [14].

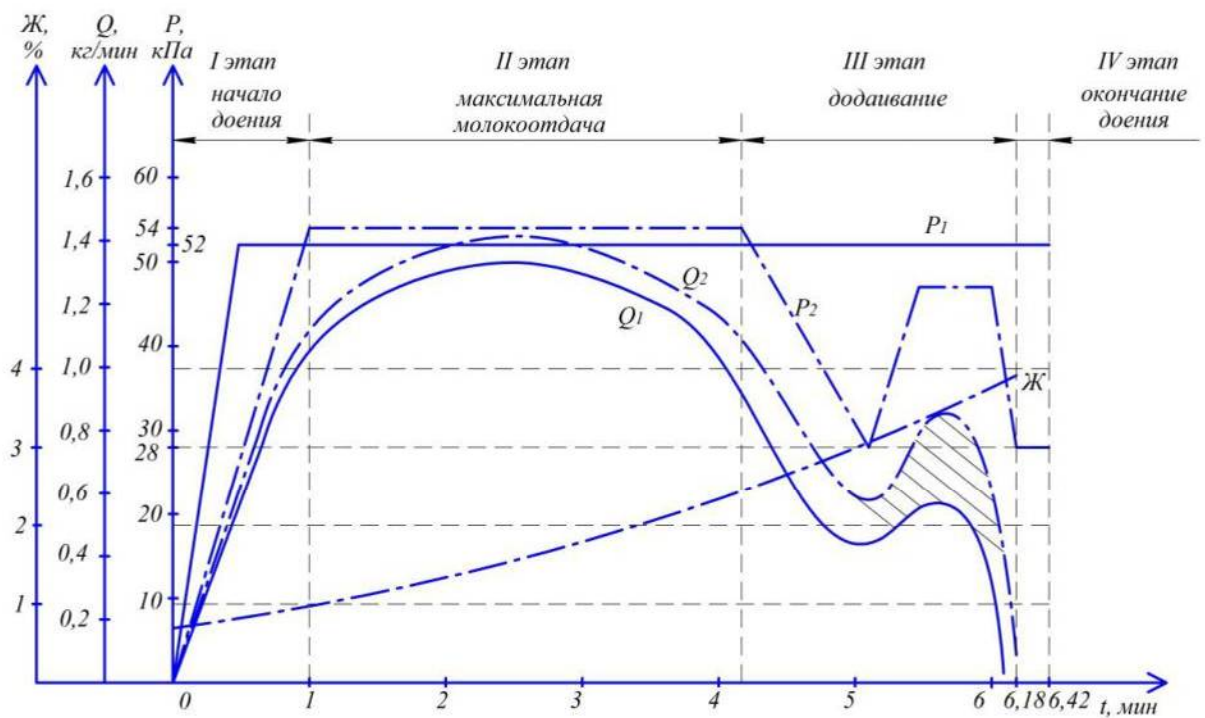


Рисунок 1.30 – Изменение вакуумметрического давления, молокоотдачи, жирности молока от времени доения: $Q_{\max}$ – максимальная молокоотдача; $Q_{\text{отк}}$ – молокоотдача, при которой происходит открытие золотника выхода молока;

- – вакуумметрическое давление в доильном аппарате АДУ-1, P_1
- - - - - – вакуумметрическое давление в предполагаемом образце, P_2 ;
- – молокоотдача в доильном аппарате АДУ-1, Q_1 ;
- - - - - – молокоотдача в предполагаемом образце, Q_2 ;
- - - - - – жирность молока, $Ж$.

1.5 Цель и задачи исследований

В современных условиях, когда количество и качество получаемого молока влияет на рентабельность и себестоимость производимой продукции, перспективным направлением в практике доения сельскохозяйственных животных (коров) является применение доильных аппаратов с регулируемым вакуумом. При этом доение коров проводится с учетом основного показателя в процессе получения молока – скорости молокоотдачи. Однако существующие средства механизации технологического процесса доения коров не всегда учитывают эту особенность – скорость молокоотдачи, они негативно воздействуют на вымя животного, высокий вакуум в подсосковой камере доильных стаканов в начале и конце доения приводит к заболеваниям вымени, торможению рефлекса молокоотдачи вследствие болевых ощущений и т. д. [99, 142].

Анализ состояния механизации процесса доения коров показал, что на существующих молочнотоварных фермах используется значительное количество разнообразных по конструкции доильных аппаратов, однако лишь некоторые из них способны выдаивать животных согласно физиологическим особенностям, скорости молокоотдачи, и совсем немногие из них способны выдерживать требования сохранения здоровья вымени коров, поддержания рефлекса молокоотдачи. Наиболее перспективным типом таких машин является доильный аппарат с регулируемым вакуумом, где изменение вакуумметрического давления в подсосковой камере доильных стаканов происходит в соответствии с молокоотдачей, сведено до минимума негативное действия вакуума при передержке доильных стаканов по окончании доения. Простота и надежность выгодно отличают доильные аппараты с регулируемым вакуумом доения от других конструкций доильных аппаратов [101, 116].

Имеющиеся в настоящее время на молочнотоварных фермах доильные аппараты типа «Майга», «Импульс». АДУ, производство которых освоено нашей промышленностью, не отвечают требованиям физиологии животных, негативно

вливают на процесс молокоотдачи, травмируют сосок вымени коровы, приводят к различным заболеваниям вымени и тормозят рефлекс молокоотдачи [99].

Рядом научных учреждений, конструкторскими бюро, аспирантами, специалистами и рационализаторами хозяйств сделаны довольно успешные попытки в создании опытных и серийных образцов доильных аппаратов с регулируемым режимом доения коров. Однако следует отметить, что у всех серийно выпускаемых доильных аппаратов есть один серьезный недостаток: они не учитывают скорость извлечения молока из вымени животного в процессе доения, не регулируют воздействие вакуума на сосок вымени коровы.

Перспективным направлением по совершенствованию технологического процесса при применении переносных доильных аппаратов со сбором молока в доильное ведро является установка на них дополнительного устройства по регулированию вакуумметрического давления в подсосковой камере доильных стаканов в зависимости от молокоотдачи [128, 142].

Общим недостатком ранее исследованных устройств по регулированию вакуумметрического давления в подсосковой камере доильных стаканов в зависимости от молокоотдачи является неадекватность реагирования их на изменяющиеся характеристики потока молока.

Все эти и другие отмеченные выше недостатки отрицательно влияют на качественные и количественные показатели в процессе получения продукции – молока.

На основании исследований литературных источников поставлена цель настоящей работы – повысить полноту выдаивания коров переносными доильными аппаратами с регулятором вакуума путем обоснования их конструкционно-режимных параметров.

В соответствии с поставленной целью определены следующие основные задачи исследований:

- разработать классификацию и обосновать перспективное направление в создании переносных доильных аппаратов со сбором молока в доильное ведро,

связанное с режимом доения, регулируемым в соответствии с молокоотдачей коров;

- разработать и обосновать конструкционно-технологическую схему доильного аппарата со сбором молока в доильное ведро, осуществляющего регулирование глубины разрежения вакуума в подсосковой камере доильных стаканов;

- теоретически обосновать рабочий процесс доения предлагаемым доильным аппаратом с регулятором вакуума и его конструкционно-режимные параметры;

- экспериментально исследовать влияние конструкционно-режимных параметров переносного доильного аппарата на полноту выдаивания коров;

- провести производственные испытания переносного доильного аппарата с регулятором вакуума и дать технико-экономическую оценку его использования.

1.6 Программа и общая методика исследований

Для решения поставленных в работе задач необходимо реализовать комплексный метод исследований.

Комплексный метод исследований будет включать в себя разработку теоретических предпосылок, их экспериментальную проверку в лабораторных и производственных условиях, а также экономическую оценку результатов внедрения исследований [2, 33, 96, 136, 146].

С учетом рекомендаций И.А. Листопада [96] и А.А. Спиридонова, Н.Г. Васильева [146] программа комплексных исследований может быть представлена схемой, отражающей основные этапы решения задач, их очередность и взаимосвязь (рисунок 1.31).

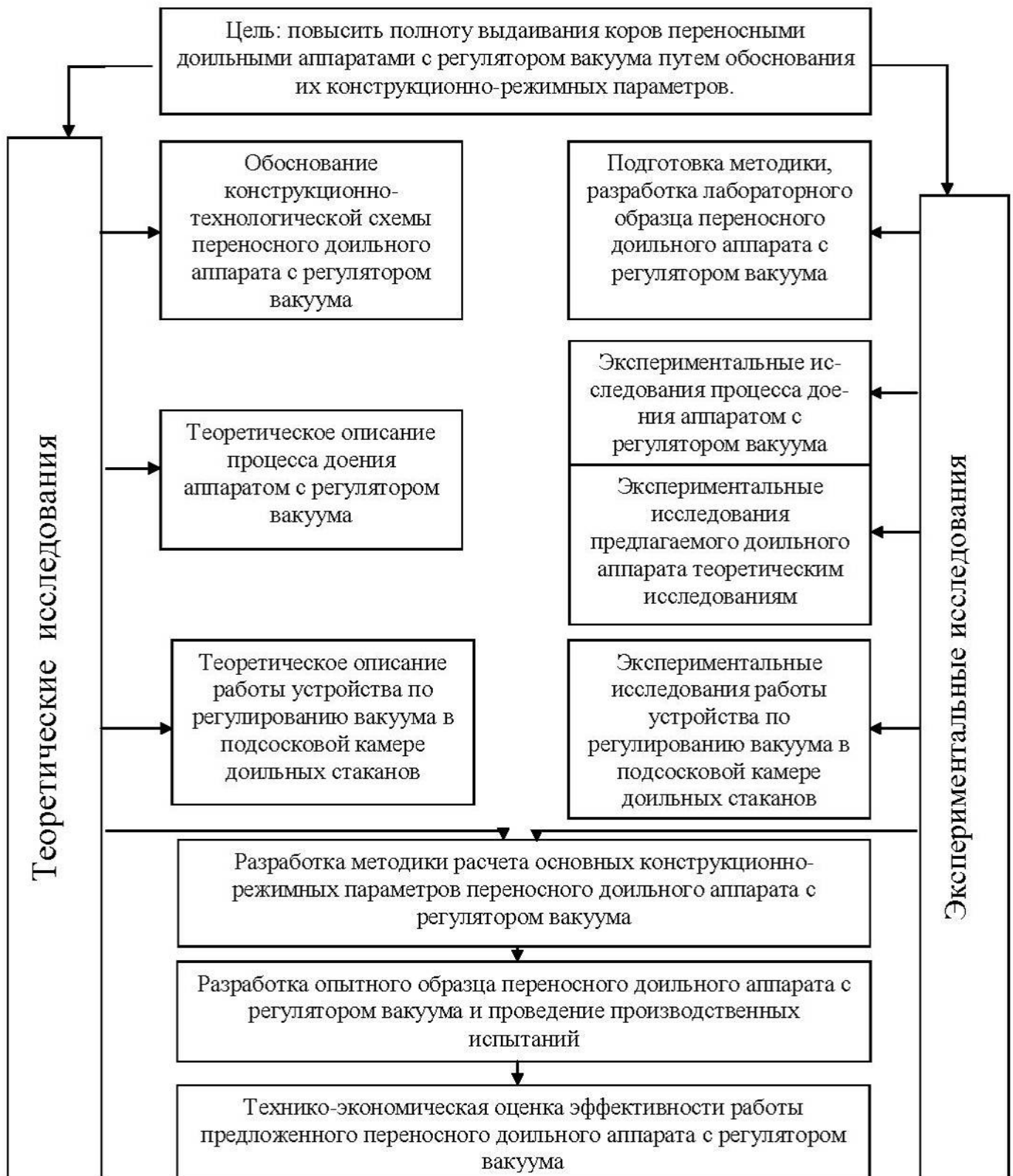


Рисунок 1.31 – Схема проведения исследований

Методологическую основу исследований составили методы системного анализа и математической статистики. Аналитическое описание технологических процессов выполнялось с использованием законов и методов классической

механики, гидравлики и математического анализа. Исследования проводились с использованием известных и вновь разработанных приборов и методик. Обработка экспериментальных исследований осуществлялась на ПЭВМ с использованием программ Mathcad 12, КОМПАС 3D LT V12, Excel.

Для проведения экспериментальных исследований в лабораторных и производственных условиях разработаны общие и частные методики.

Выводы по главе

1. На основе анализа существующих конструкций доильных аппаратов разработана их классификация и определено перспективное направление в разработке переносного доильного аппарата с регулятором вакуума.

2. В результате анализа теоретических исследований работы доильных аппаратов с регулируемым вакуумом, выдвинуто предположение о режимах доения коровы в соответствии с молокоотдачей.

3. На основании анализа литературных источников были поставлены цель и задачи исследований по совершенствованию конструкции переносного доильного аппарата с регулятором вакуума.

ГЛАВА 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПЕРЕНОСНОГО ДОИЛЬНОГО АППАРАТА С РЕГУЛЯТОРОМ ВАКУУМА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО КОНСТРУКЦИОННО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ

2.1. Обоснование конструкционно-технологической схемы переносного доильного аппарата

Воздействия на организм коров при доении машинным способом должны быть стереотипными и направленными на стимулирование припуска молока без патологических последствий для молочной железы. Приспособления для извлечения молока, появившиеся в начале XIX века в виде доильной трубки (1836 г.), совершенствовались до выжималок молока из соска с применением вальцов (лопастей) или подушечек с желобками. В дальнейшем они уступили место устройствам, действующим на принципе отсасывания, которые применялись в виде простого доильного чехла, надеваемого на вымя коровы (1851 г.), или резиновых чашечек для каждого соска (1860–1897 гг.), а также доильных стаканов в однокамерном и двухкамерном исполнениях (1903 г.). В дальнейшем конструкции доильных аппаратов, работающих на принципе разности давлений в вымени коровы и в подсосковой камере доильных стаканов, непрерывно совершенствуются вплоть до сегодняшнего дня.

Дальнейшая модернизация конструкции доильных машин выдвигает необходимость проведения теоретических и экспериментальных исследований. Так, оптимальность физиологического соответствия воздействия на соски вымени будет считаться достигнутой, если рабочий вакуум при такте сосания стимулирует молокоотдачу без патологических явлений.

В настоящее время большинство фирм, производящих доильные установки с молокопроводом, направляют свое внимание на достижение следующих целей:

- улучшение качества получаемого молока за счет обеспечения минимального воздействия на него, применения новых современных материалов,

создания эффективных систем промывки, дезинфицирующих и моющих средств, систем фильтрации и охлаждения молока в потоке;

– повышение молочной продуктивности коров и снижение их заболеваемости маститом путем совершенствования режимов доения, обеспечения стабильного вакуумного режима, контроля и автоматизации подготовительных и заключительных операций доения и способов стимуляции.

Доильные аппараты, выпускаемые в России и за рубежом, не вполне совершенны и не отвечают физиологии доения животных, что приводит к значительному недобору молока, преждевременному запуску коров и заболеваемости их маститом, получению молока с содержанием большого количества соматических клеток, бактерий, вирусов и т. д. Поэтому без усовершенствования доильных аппаратов и всего молочного оборудования производство экологически чистого продукта невозможно.

В настоящее время почти для 8 млн коров в России применяют доильные аппараты устаревших конструкций. Средняя продуктивная жизнь коровы составляет всего 2,5–3 года, вместо 6–8 лет по физиологическим показателям. Дойное стадо стремительно вырождается и требует замены 50 % за один год. Чтобы остановить выбраковку коров, достаточно увеличить продолжительность их продуцирования хотя бы в среднем до 3,5 лет, создав для них более щадящие условия содержания и доения.

В настоящее время главную угрозу здоровью и продуцированию коров представляет заболевание вымени – мастит. Основная причина этого заболевания – несовершенный, устаревший, предельно изношенный парк доильных аппаратов, который вынужденно работает на форсированных режимах вакуумметрического давления, дополнительно травмируя и мучая животных. Всё это сопровождается перерасходом электроэнергии и лишними материальными затратами.

2.2 Описание конструктивно-технологической схемы и принципа работы усовершенствованного доильного аппарата

В связи с вышеизложенным нами была поставлена техническая задача по созданию конструкции доильного аппарата с регулируемой величиной

вакуумметрического давления в подсосковых камерах доильных стаканов в соответствии с молокоотдачей животного, новизна которого защищена патентом на полезную модель 130787 (рисунок 2.1).

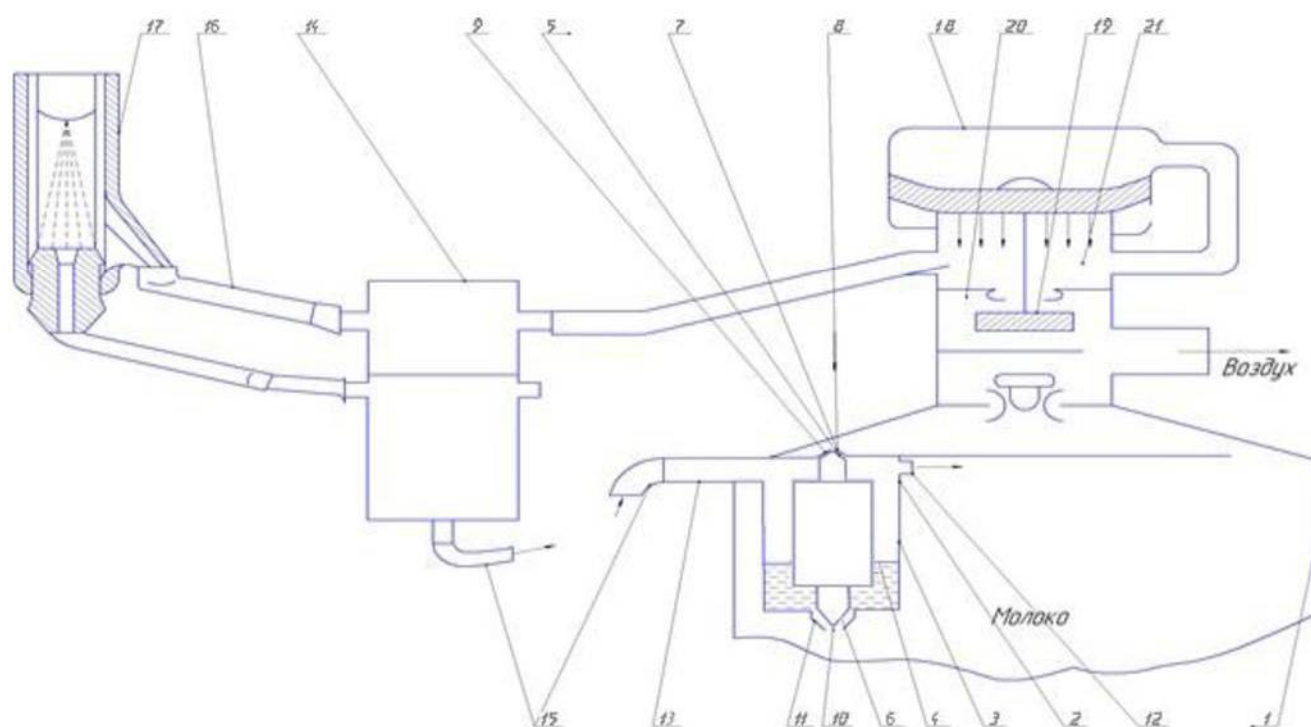


Рисунок 2.1 – Доильный аппарат с регулятором вакуума (Патент на полезную модель 130787):

1 – доильное ведро; 2 – регулятор вакуума; 3 – корпус; 4 – поплавок; 5 – верхняя игла; 6 – нижняя игла; 7 – проходное сечение; 8 – калиброванный канал для поступления атмосферного воздуха; 9 – головка штуцера; 10 – отверстие выхода молока; 11 – золотник потока молока; 12 – золотник регулятора вакуума; 13 – штуцер входа молока; 14 – коллектор; 15 – молочный патрубок; 16 – вакуумный шланг; 17 – доильный стакан; 18 – пульсатор; 19 – клапан; 20 – камера постоянного вакуума; 21 – камера переменного вакуума.

Предлагаемое устройство работает следующим образом [54]: при подключении аппарата к линии номинального вакуума 54 кПа вакуум распространяется в доильное ведро 1, регулятор вакуума 2, пульсатор 18. При попадании вакуума в камеру постоянного вакуума 20 пульсатора 18 клапан пульсатора 19 опускается, вакуум переходит в камеру переменного вакуума 21

пульсатора 18 и далее по вакуумному шлангу 16 в межстенную камеру доильных стаканов 17. В то же время вакуум через доильное ведро 1 и золотник регулятора вакуума 12 регулятора вакуума 2, через штуцер входа молока 13 проникает в коллектор и далее в подсосковую камеру доильных стаканов 17. Так как в регуляторе вакуума 2 отсутствует молоко, то поплавков 4 находится в крайнем нижнем положении, перекрывая золотник регулирования потока молока 11 и открывая калиброванный канал для поступления атмосферного воздуха 8. При этом в регулятор вакуума 2 попадает атмосферное давление, которое снижает величину вакуума в подсосковой камере доильных стаканов 17 до минимальной величины 28 кПа. В процессе доения молоко попадает через молочный патрубок 15 в корпус 3 регулятора вакуума 2 и поднимает поплавок 4, тем самым регулируя величину открытия золотника потока молока 11 и закрытия золотника 8 впуска воздуха. Количество воздуха, попадающего в регулятор вакуума 2, прямо пропорционально положению поплавка 4 в корпусе 3, а его положение зависит от количества молока проходящего через регулятор вакуума 2. В связи с этим с увеличением молокоотдачи поплавок 4 поднимается, тем самым нижней иглой 6 регулирует отверстие выхода молока 10, а верхней иглой 5 регулирует проходное сечение 7 для попадания атмосферного воздуха, регулируя вакуумметрическое давление от 28 кПа в начале доения до 54 кПа при максимальной молокоотдаче. При снижении молокоотдачи поплавок 4 опускается вниз, тем самым уменьшая проходное сечение 7 для попадания атмосферного воздуха и, снижая вакуумметрическое давление в подсосковой камере доильных стаканов 17. Величина вакуума снижается с 54 кПа до 28 кПа в соответствии с молокоотдачей.

Данная конструкция предлагаемого доильного аппарата (приложение А) позволит выполнить поставленную задачу по обеспечению регулирования вакуума в соответствии с молокоотдачей.

2.3 Анализ процесса доения

В настоящее время существуют разнообразные конструкции доильных машин, среди которых наибольшее распространение получили аппараты,

создающие вакуумметрическое давление для извлечения молока. Основной проблемой реализации процесса извлечения молока из вымени при машинном доении является отрицательное воздействие доильных аппаратов на молочную железу животного. Большинство хозяйств используют доильные аппараты с постоянным режимом работы, с неизменяемым вакуумметрическим давлением (рисунок 2.2).

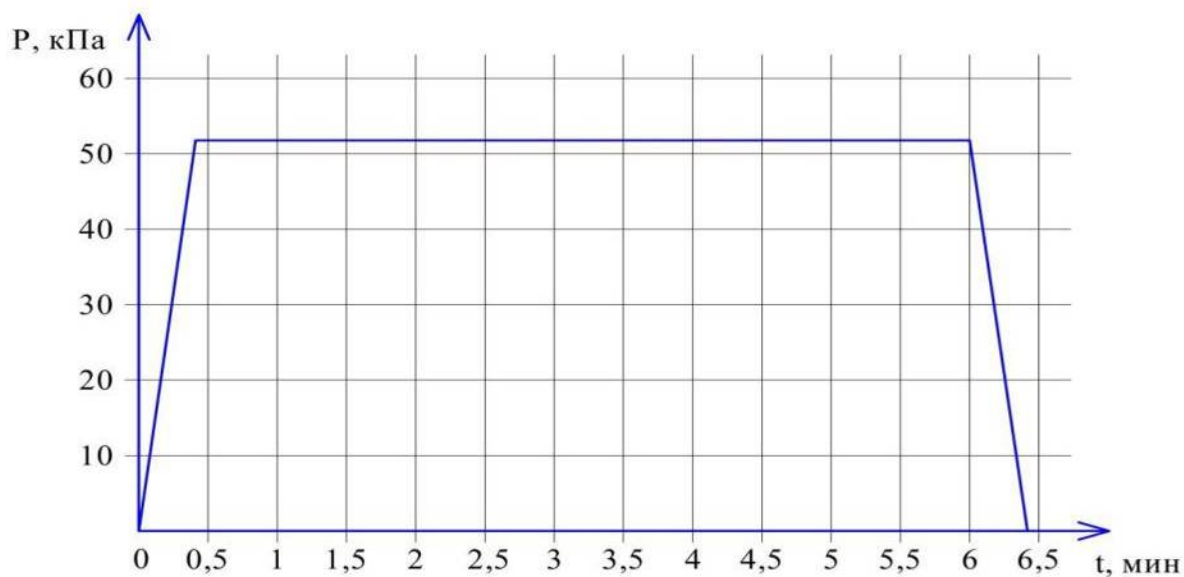


Рисунок 2.2 – График изменения вакуума в течение процесса доения доильным аппаратом АДУ-1:

p – вакуумметрическое давление, кПа;

t – время доения, мин

Качество работы современных доильных аппаратов определяется, в основном, интенсивностью стимуляции, воспроизводящей нейрогормональный рефлекс молокоотдачи, и безопасностью доения. Эти машины значительно сокращают затраты труда, однако при неумелом обращении они дают отрицательные результаты: возникают массовые заболевания коров маститом, снижается удой, ухудшается качество молока, животные преждевременно уходят в запуск. Неадекватность действия исполнительной системы, технологических и технических параметров физиологическим требованиям наносит ущерб

животноводческим хозяйствам, при заболевании коров маститом происходит существенное снижение качества и количества получаемой продукции [127].

Из рисунка 2.2 видно, что на протяжении всего времени доения в подсосковой камере доильного стакана обеспечивается постоянное вакуумметрическое давление. Это негативно сказывается на здоровье животного. Для того чтобы обезопасить корову от болевых ощущений и заболеваний вымени, предлагается в ведро доильного аппарата установить регулятор вакуума поплавокового типа, который будет изменять вакуумметрическое давление в подсосковых камерах доильных стаканов в зависимости от молокоотдачи.

Рассмотрим график молокоотдачи (рисунок 2.3) [15].

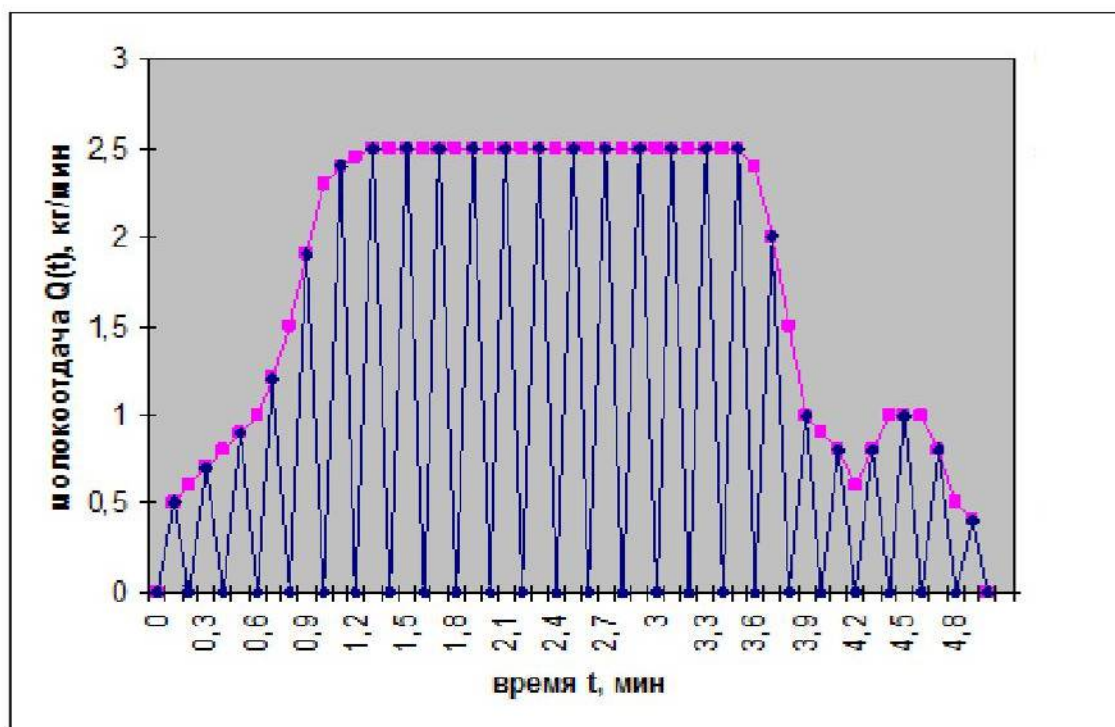


Рисунок 2.3 – График зависимости молокоотдачи от времени доения

Из графика видно, что на протяжении процесса доения молокоотдача не постоянна, поэтому для каждого момента времени необходимо создавать определенный вакуум, который будет соответствовать количеству молока, поступающего в доильное ведро [107].

Подача молока, из-за особенности работы доильного аппарата, имеет пульсирующий характер – с частотой $\approx 1,3$ Гц (рисунок 2.3). Уже на малом

расстоянии от сосков под действием сил трения и турбулентного перемешивания поток является неустановившимся, с переменной подачей $Q_o(t)$, который имеет вид, в интервале времени $t=0-t_{\max}$ молокоотдача растет, достигая максимума, в дальнейшем стабилизируется, а затем постепенно снижается. Ко времени $t=T$ процесс отдачи молока прекращается. Для повышения эффективности механического доения, как известно, желательно в подсосковых камерах доильных стаканов увеличивать вакуумметрическое давление постепенно, чтобы оно достигло наивысшего значения к моменту начала максимальной молокоотдачи (рисунок 1.30, 2.4).

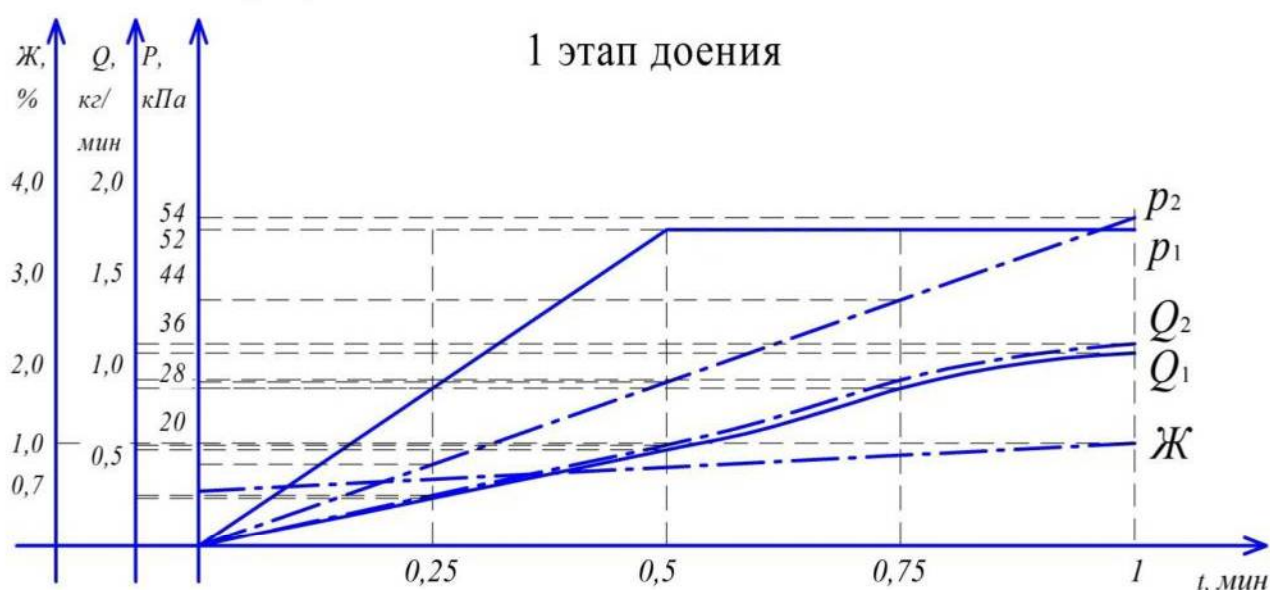


Рисунок 2.4 – График изменения вакуумметрического давления в зависимости от молокоотдачи в начале доения: p_1 – вакуумметрическое давление в доильном аппарате АДУ-1, кПа; p_2 – вакуумметрическое давление в доильном аппарате с регулятором вакуума, кПа; Q_1 – молокоотдача при доении доильным аппаратом АДУ-1, кг/мин; Q_2 – молокоотдача при доении доильным аппаратом с регулятором вакуума, кг/мин; $Ж$ – жирность молока.

В нашем случае это достигается установкой регулятора вакуума (рисунок 2.5) [107].

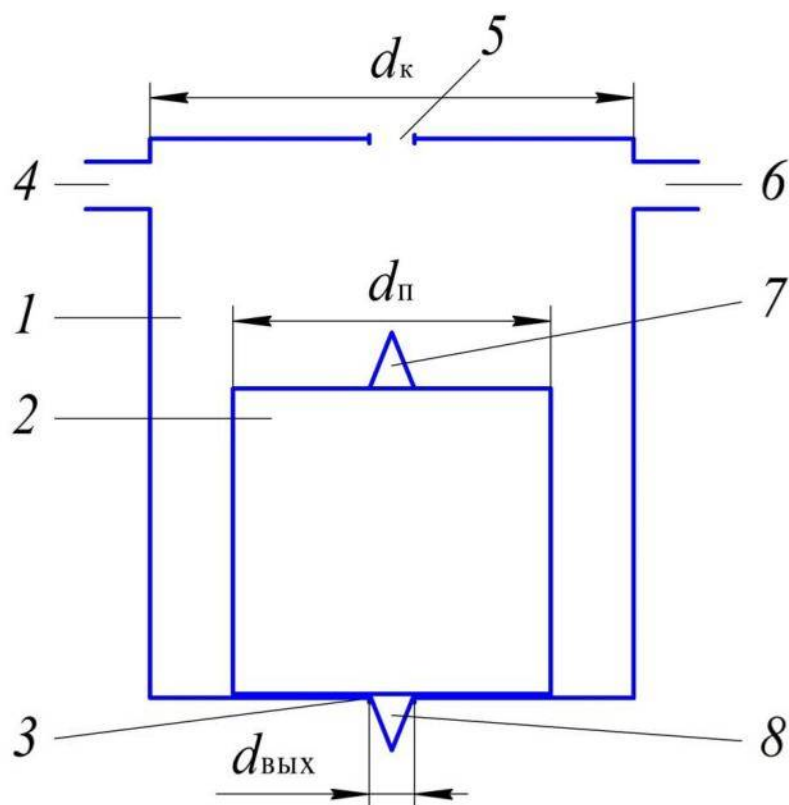


Рисунок 2.5 – Схема регулятора вакуума:

- 1 – поплавковая камера, 2 – поплавок;
 3 – золотник выхода молока; 4 – штуцер
 входа молока; 5 – калиброванный канал для
 поступления атмосферного воздуха;
 6 – золотник регулятора вакуума;
 7 – верхняя игла; 8 – нижняя игла

Рассмотрим начало процесса доения (рисунок 1.30, 2.4) для предлагаемого доильного аппарата с регулятором вакуумметрического давления поплавкового типа (рисунок 2.6).

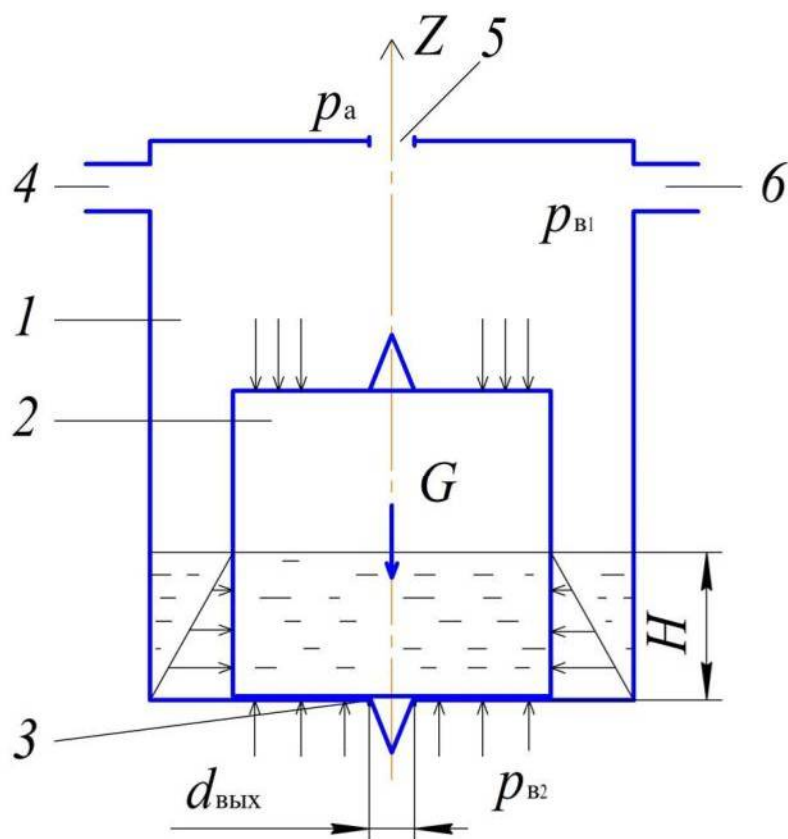


Рисунок 2.6 – Схема регулятора вакуума
в начале процесса доения:

1 – поплавковая камера, 2 – поплавок;

3 – золотник выхода молока; 4 – штуцер

входа молока; 5 – калиброванный канал для
поступления атмосферного воздуха;

6 – золотник регулятора вакуума

В начале процесса доения вакуумметрическое давление в поплавковой камере 1 равно p_{B1} , поплавок 2 находится в нижнем положении $H=0$, золотник выхода молока 3 закрыт. С момента времени $t=0$ (начало доения) в камеру начинает поступать выдаиваемое молоко $Q_o(t)$. Оно накапливается в камере 1, и в момент времени t_1 под действием увеличивающейся архимедовой силы

$(p_a - p_{B2}) \frac{\pi d_{\text{ВЫХ}}^2}{4}$ происходит отрыв поплавка от выходного отверстия золотника 3 и

начинается процесс его всплывания. При этом архимедова сила должна превысить вес поплавка G и разности сил давлений $p_{в2} - p_{в1}$.

Сумма проекций всех сил на ось z составляет (рисунок 2.6):

$$\sum F_{iz} = -G - (p_a - p_{в1})S + (p_a - p_{в1} + \gamma H)(S - S_{вых}) + (p_a - p_{в2})S_{вых}, \quad (2.1)$$

где G – вес поплавка, Н;

γ – удельный вес молока, Н/м³;

p_a – атмосферное давление, кПа;

$p_{в1}$ – вакуумметрическое давление в регуляторе вакуума, кПа;

$p_{в2}$ – вакуумметрическое давление в доильном ведре, кПа;

S – площадь поплавка, м²;

H – высота всплытия поплавка при открытом выходном отверстии молока, м;

$S_{вых}$ – площадь выходного отверстия, м².

$$-mg + p_{в1}S_{вых} - p_{в2}S_{вых} + \gamma HS - \gamma HS_{вых} = -mg + (p_{в1} - p_{в2})S_{вых} + \gamma H(S - S_{вых}) = 0 \quad (2.2)$$

Преобразуя уравнение (2.2), получим

$$\gamma H = \frac{mg - (p_{в1} - p_{в2})S_{вых} - mg}{(S - S_{вых})}, \quad (2.3)$$

Вакуумметрическое давление в доильном аппарате АДУ-1 с начала доения интенсивно возрастает до величины 52 кПа (рисунок 2.2). В предлагаемом доильном аппарате в начале доения вакуумметрическое давление возрастает до величины 28 кПа (молокоотдача до 0,25 кг/мин) и постепенно увеличивается в соответствии с молокоотдачей до 54 кПа (рисунок 2.4).

При достижении уровня молока в поплавковой камере регулятора вакуума до $h = H$ (рисунок 2.7) поплавки начинают всплывать, выходное отверстие 3 камеры 1 открывается, т. е. в камере будет количество молока, определяемое формулой

$$Q_m = \frac{\pi}{4}(d_k^2 - d_n^2)H\gamma_m \quad (2.4)$$

где d_k – диаметр камеры, м;

$d_{\text{п}}$ – диаметр поплавка, м;

$\gamma_{\text{м}}$ – плотность молока, кг/м³

Согласно графику молокоотдачи (рисунок 2.3) объем молока, поступающий в камеру за время t (по теореме о среднем значении интеграла), определяется формулой

$$V_{\text{отк}} = \int_0^t Q_0(t) dt = Q_{\text{оср}} t_{\text{отк}}, \quad (2.5)$$

где $Q_{\text{оср}}$ – средний расход молока, кг/мин;

$t_{\text{отк}}$ – интервал времени, мин.

Из полученного выражения, приравнявая $\sum F_i = 0$, определим высоту подъема H поплавка в камере (рисунок 2.6), который образуется на момент времени $t_{\text{отк}}$:

$$H = \frac{mg - (p_{\text{в1}} - p_{\text{в2}})S_{\text{в1х}}}{\gamma (S - S_{\text{в1х}})}. \quad (2.6)$$

После открытия выходного отверстия камеры молоко начинает поступать через него в емкость, в которой поддерживается необходимый оптимальный по условиям доения вакуум $p_{\text{в.отт}}$. На этом этапе необходимо обеспечить условия, при которых поплавок продолжает всплывать. Для этого необходимо, чтобы расход $Q_0(t)$ был бы больше расхода, пропускаемого выходным отверстием, $Q_{\text{вых}}(t)$.

Определим расход истечения молока через малое отверстие при переменном напоре формулой (2.7). Рассмотрим схему регулятора вакуума от минимальной до максимальной молокоотдаче (рисунок 2.7).

Из условия удовлетворения закона сохранения массы получим

$$Q_0(t) dt - Q_{\text{вых}}(t) dt = dv = \left(\frac{\pi d_{\text{к}}^2}{4} - \frac{\pi d_{\text{п}}^2}{4} \right) dh, \quad (2.7)$$

откуда

$$\frac{dh}{dt} \approx \frac{Q_0(t) - Q_{\text{вых}}(t)}{\frac{\pi}{4}(d_k^2 - d_{\text{п}}^2)}. \quad (2.8)$$

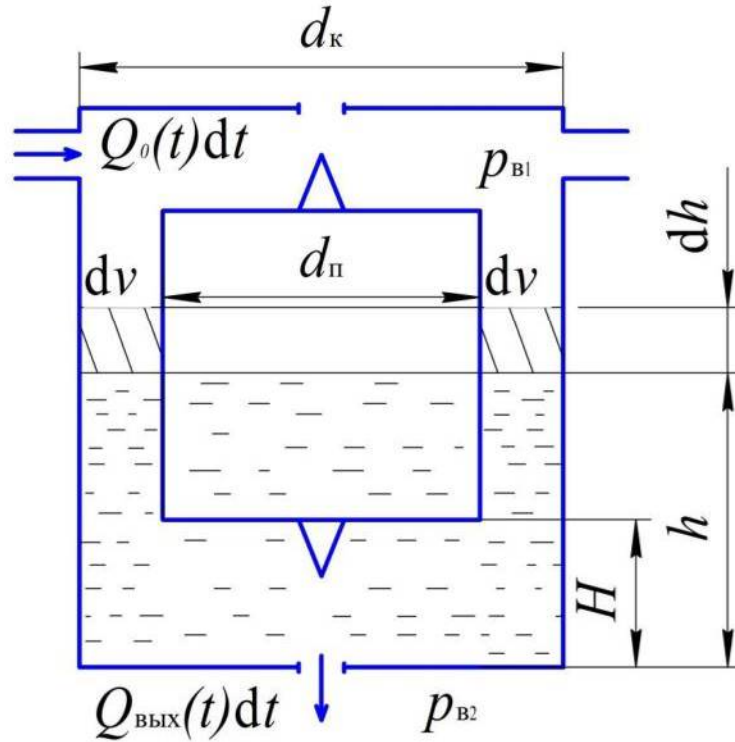


Рисунок 2.7 – Регулятор вакуума от минимальной до максимальной молокоотдаче

Расход молока через выходное отверстие для данного момента времени определяем по гидравлической формуле

$$Q_{\text{вых}} = \mu \frac{\pi d_{\text{вых}}^2}{4} \sqrt{2g \left(\frac{p_{\text{в2}} - p_{\text{в1}}}{\gamma} + h(t) \right)}, \quad (2.9)$$

где $p_{\text{в2}}$, $p_{\text{в1}}$ – заданные оптимальные значения вакуума в емкости для молока (54

кПа) и в поплавковой камере (28 кПа);

μ – коэффициент расхода отверстия, $\mu = 0,6$;

γ – удельный вес молока, Н/м³.

Тогда, подставляя значение $Q_{\text{вых}}$ в уравнение (2.5), получим

$$\frac{dh}{dt} = \frac{Q_0(t) - Q_{\text{вых}}(t)}{\frac{\pi(d_k^2 - d_n^2)}{4}} = \frac{Q_0(t) - \mu \frac{\pi d_{\text{вых}}^2}{4} \sqrt{2g \left(\frac{p_{B_2} - p_{B_1}}{\gamma} + h(t) \right)}}{\frac{\pi(d_k^2 - d_n^2)}{4}}, \quad (2.10)$$

Отсюда находим выражение для времени поднятия поплавка до величины от H до h

$$\int_{t_{\text{отк}}}^t dt = \frac{\pi(d_k^2 - d_n^2)}{4} \int_H^h \frac{dh}{Q_0(t) - \mu \frac{\pi d_{\text{вых}}^2}{4} \sqrt{2g \left(\frac{p_{B_2} - p_{B_1}}{\gamma} + h(t) \right)}},$$

или

$$t - t_{\text{отк}} = \frac{\pi(d_k^2 - d_n^2)}{4} \int_H^h \frac{dh}{Q_0(t) - \mu \frac{\pi d_{\text{вых}}^2}{4} \sqrt{2g \left(\frac{p_{B_2} - p_{B_1}}{\gamma} + h(t) \right)}} \quad (2.11)$$

или

$$t = \frac{\pi(d_k^2 - d_n^2)}{4} \int_H^h \frac{dh}{Q_0(t) - \mu \frac{\pi d_{\text{вых}}^2}{4} \sqrt{2g \left(\frac{p_{B_2} - p_{B_1}}{\gamma} + h(t) \right)}} + t_{\text{отк}} \quad (2.12)$$

Для условия заполнения камеры и всплывания поплавка необходимо, чтобы t было больше $t_{\text{отк}}$. В свою очередь, это приводит к требованию, чтобы знаменатель в подинтегральном выражении был бы положительным, то есть

$$\mu \frac{\pi d_{\text{вых}}^2}{4} \sqrt{2g \left(\frac{p_{B_2} - p_{B_1}}{\gamma} + h \right)} \leq Q_0(t) \quad (2.13)$$

Это условие должно выполняться с момента открытия выходного отверстия. Тогда при этом должно быть

$$\mu \frac{\pi d_{\text{вых}}^2}{4} \sqrt{2g \left(\frac{p_{B_2} - p_{B_1}}{\gamma} + H \right)} \leq Q_0(t_{\text{отк}}) = K Q_0(t_{\text{отк}}) \quad (2.14)$$

где $K \leq 1$ – коэффициент регулирования ($K = 0,8 \dots 0,9$).

Из полученного выражения определим диаметр выходного отверстия

$$d_{\text{вых}} = 2 \sqrt{\frac{K Q_0(t_{\text{отк}})}{\mu \pi \sqrt{2g \left(\frac{p_{B_2} - p_{B_1}}{\gamma} \right) + H}}}. \quad (2.15)$$

Отсюда следует, что диаметр выходного отверстия не зависит от размеров камеры и поплавка, то есть от d_k и d_n .

Так как $d_{\text{вых}}$ становится определённым, то из формулы (2.6) можно определить массу поплавка m

$$m = \frac{(p_{B1} - p_{B2})S_{\text{вых}} + \gamma H(S - S_{\text{вых}})}{g}. \quad (2.16)$$

Так как удельный вес молока $\gamma = \gamma_m g$, то

$$m = (p_{B1} - p_{B2})S_{\text{вых}} + \gamma_m H(S - S_{\text{вых}}), \quad (2.17)$$

где γ_m – плотность молока, кг/м³;

p_{B1} – вакуумметрическое давление в корпусе регулятора, кПа;

p_{B2} – вакуумметрическое давление в доильном ведре, кПа;

S – площадь поплавка, м²;

H – высота всплытия поплавка при открытом выходном отверстии молока, м;

$S_{\text{вых}}$ – площадь выходного отверстия, м².

Рассмотрим график изменения вакуумметрического давления в зависимости от молокоотдачи на втором этапе доения (рисунок 2.8)

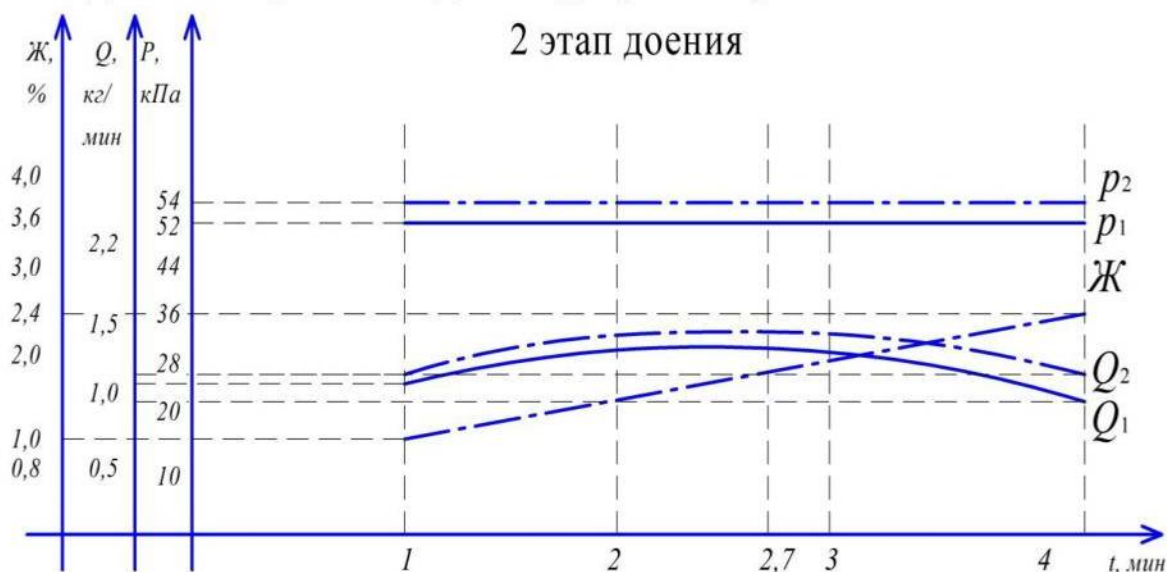


Рисунок 2.8 – График изменения вакуумметрического давления в зависимости от времени доения на втором этапе доения:

p_1 – вакуумметрическое давление в доильном аппарате АДУ-1, кПа; p_2 – вакуумметрическое давление в доильном аппарате с регулятором вакуума, кПа; Q_1 – молокоотдача при доении доильным аппаратом АДУ-1, кг/мин;

Q_2 – молокоотдача при доении доильным аппаратом с регулятором вакуума, кг/мин; $Ж$ – жирность молока

В доильном аппарате АДУ-1 вакуумметрическое давление остается на прежнем уровне, 52 кПа, в доильном аппарате с регулятором вакуума эта величина составляет 54 кПа, т. е. процесс отвода молока более интенсивный, скорость доения увеличивается (рисунок 2.8). Жирность молока растет. Молокоотдача в экспериментальном доильном аппарате выше за счет стимулирования процесса доения.

По условиям оптимального доения к моменту времени, когда наступает максимальная молокоотдача $Q_{0\max}(t_{\max})$, уровень молока в камере должен увеличиться до значения, при котором верхнее отверстие в камере закрывается. Этому условию удовлетворяют значения $h_{\max} = H + H_1$ и равенство

$$Q_{0\max} = Q_{\text{вых}\max} \quad (2.18)$$

Из рисунка 2.9 определяем время, к которому поплавков должен достичь расчетного положения, то есть должен подняться на высоту H_1 . Пусть оно равно $t_{\max}$.

Тогда уравнение (2.11) для этих условий примет вид

$$t_{\max} - t_{\text{отк}} = \frac{\pi}{4} (d_k^2 - d_p^2) \int_H^{H+H_1} \frac{dh}{Q_0(t) - \mu \frac{\pi d_{\text{вых}}^2}{4} \sqrt{2g \left(\frac{p_{B_2} - p_{B_1}}{\gamma} + h(t) \right)}} \quad (2.19)$$

Задаём ход поплавка конструктивно равным H_1 . По теореме о среднем значении интеграла имеем

$$\int_H^{H+H_1} \frac{dh}{Q_0(t) - \mu \frac{\pi d_{\text{вых}}^2}{4} \sqrt{2g \left(\frac{p_{B_2} - p_{B_1}}{\gamma} + h(t) \right)}} = \left[\frac{H_1}{Q_0(t) - \mu \frac{\pi d_{\text{вых}}^2}{4} \sqrt{2g \left(\frac{p_{B_2} - p_{B_1}}{\gamma} + h(t) \right)}} \right]_{cp} \quad (2.20)$$

Будем полагать, что можно принять $Q_0(t) = \frac{Q_{\max} - Q_{\text{отк}}}{2}$, $h(t) = \frac{H_1}{2}$, то есть приближённо считать постоянной величиной D :

$$\begin{aligned} \left[\frac{H_1}{Q_0(t) - \mu \frac{\pi d_{\text{вых}}^2}{4} \sqrt{2g \left(\frac{p_{B_2} - p_{B_1}}{\gamma} + h(t) \right)}} \right]_{cp} &\approx \\ &\approx \left[\frac{Q_{\max} - Q_{\text{отк}}}{2} - \mu \frac{\pi d_{\text{вых}}^2}{4} \sqrt{2g \left(\frac{p_{B_2} - p_{B_1}}{\gamma} + \frac{H_1}{2} \right)} \right] = D. \end{aligned} \quad (2.21)$$

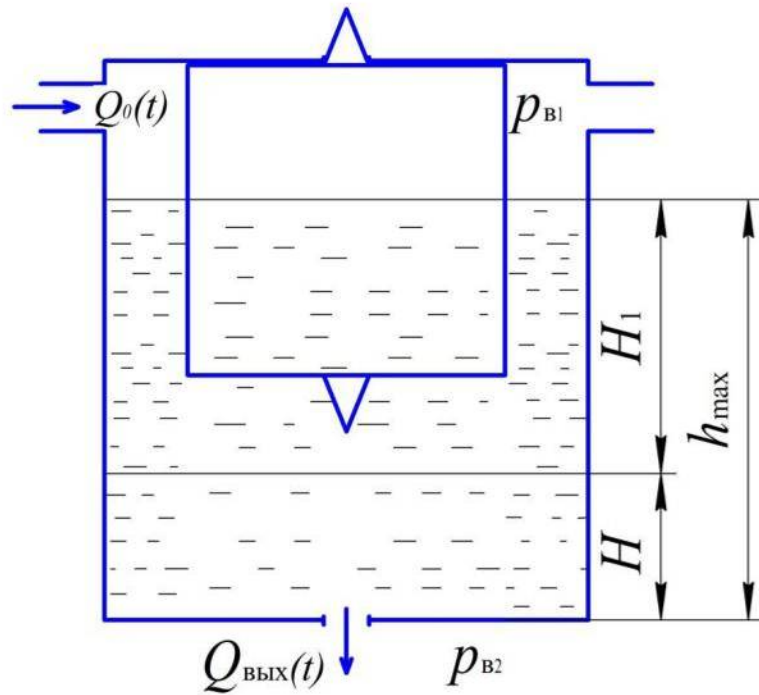


Рисунок 2.9 – Регулятор вакуума при максимальной молокоотдаче

В результате, подставляя (2.21) в (2.19), получим формулу

$$t_{\max} - t_{\text{отк}} = \frac{\pi}{4} (d_k^2 - d_n^2) \frac{H_1}{D}. \quad (2.22)$$

Поскольку H_1 было задано конструктивно, то получается, что для обеспечения требуемого времени для поднятия поплавка необходимо так задать соотношение диаметров камеры и поплавка, чтобы удовлетворить условию

$$d_k^2 - d_n^2 = \frac{D(t_{\max} - t_{\text{отк}})}{H_1}, \quad (2.23)$$

или

$$d_k^2 \left[1 - \left(\frac{d_n}{d_k} \right)^2 \right] = \frac{D(t_{\max} - t_{\text{отк}})}{H_1}. \quad (2.24)$$

Отсюда получаем диаметр поплавка d_n :

$$d_n = \sqrt{d_k^2 - \frac{D(t_{\max} - t_{\text{отк}})}{H_1}} \quad (2.25)$$

В рассматриваемом промежутке времени молокоотдача наиболее продуктивная. На этом этапе сохраняются все рабочие параметры, характерные

для момента времени $t_{\max}$. Его продолжительность зависит от продуктивности того или иного животного. Продолжительность этого этапа до момента времени t_k , обычно составляет 4 минуты.

Третий этап молокоотдачи характеризуется графиком, изображенным на рисунке 2.10.

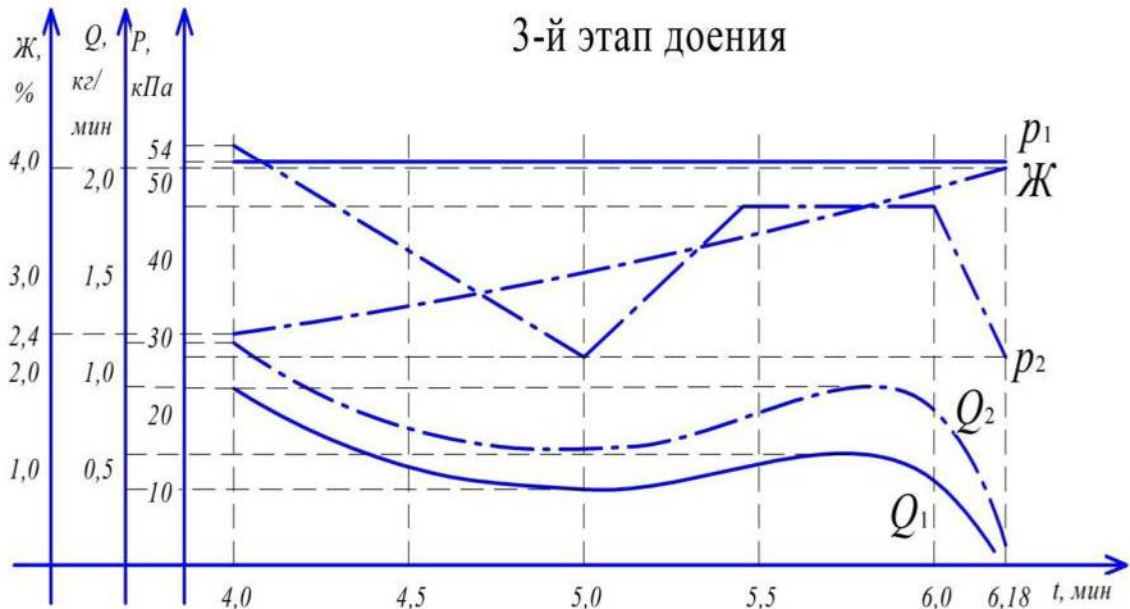


Рисунок 2.10 – График изменения вакуумметрического давления в зависимости от времени доения в момент додаивания:

p_1 – вакуумметрическое давление в доильном аппарате АДУ-1, кПа;

p_2 – вакуумметрическое давление в доильном аппарате с регулятором вакуума, кПа; Q_1 – молокоотдача при доении доильным аппаратом АДУ-1, кг/мин; Q_2 – молокоотдача при доении доильным аппаратом с регулятором вакуума, кг/мин; $Ж$ – жирность молока

К окончанию доения сосок коровы становится мягким в связи со снижением избыточного давления в вымени животного, доильные стаканы доильного аппарата АДУ-1, работающего в жестком режиме (постоянное вакуумметрическое давление 52 кПа), наползают на сосок, пережимают верхнее устье, вследствие чего ограничивается проход молока. В предлагаемом доильном аппарате при снижении молокоотдачи происходит снижение вакуумметрического давления до 28 кПа, за счет чего доильные стаканы не пережимают устье соска. В дальнейшем, во время додаивания, молокоотдача увеличивается и

пропорционально возрастает вакуум (рисунок 2.10). Последние порции молока наиболее ценные, т. к. в это время жирность молока наибольшая.

Этап заключительный. На этом этапе молокоотдача с момента t_k начинает всё интенсивнее снижаться.

Анализируя график на рисунке 2.11, можно сделать вывод, что по окончании доения (молокоотдача менее 0,2 кг/мин) доильный аппарат АДУ-1 имеет вакуумметрическое давление 52 кПа, это негативно воздействует на вымя животного. Предлагаемый доильный аппарат снижает вакуум до 28 кПа, тем самым оставляя его на безопасном уровне для здоровья вымени коровы.

На последнем этапе доения поступление молока $Q_0(t)$ в камеру становится меньшим, чем убывание молока через выходное отверстие $Q_{\text{вых}}(t)$, то есть $Q_0(t) \leq Q_{\text{вых}}(t)$.

Поплавок начинает опускаться, верхнее отверстие открывается и в верхней части устанавливается давление, равное p_{b_2} . Процесс опорожнения камеры продолжается до полного прекращения поступления молока к моменту времени T . Этот этап выполняется естественным образом, и время T расчетным путем определять не имеет смысла. Опыт показывает, что T примерно равно 6 минутам.



Рисунок 2.11 – График изменения вакуумметрического давления в зависимости от времени доения на заключительном этапе доения:

p_1 – вакуумметрическое давление в доильном аппарате АДУ-1, кПа;

p_2 – вакуумметрическое давление в доильном аппарате с регулятором вакуума, кПа

Таким образом, все основные конструкционные параметры устройства масса поплавка m , высота подъема поплавка H , диаметр поплавка $d_{\text{п}}$, диаметр выходного отверстия $d_{\text{вых}}$ определены, а само устройство работает в заданном режиме независимо от объема молокоотдачи.

2.4 Скорость наполнения межстенной камеры доильного стакана при неустановившемся движении воздуха

При работе доильного аппарата для нас представляет интерес время переходного периода от такта сосания к такту сжатия, которое, в свою очередь, зависит от скорости движения атмосферного воздуха при неустановившемся движении.

Для анализа этого процесса, т. е. впуска атмосферного воздуха в межстенную камеру доильного стакана, составим схему (рисунок 2.12).

С изменением скорости впуска воздуха в межстенную камеру доильного стакана изменяется давление. От величины давления изменяются скорость деформирования и сила сжатия сосковой резины, а также характер изменения давления в подсосковой камере.

При работе доильного аппарата воздух и вакуум ведут себя приблизительно так же, как в технической термодинамике – модель идеально сжимаемого газа [5, 64]. В связи с этим можно использовать подобные методы технической термодинамики для математического обоснования процесса, происходящего в межстенных и подсосковых камерах доильных стаканов.

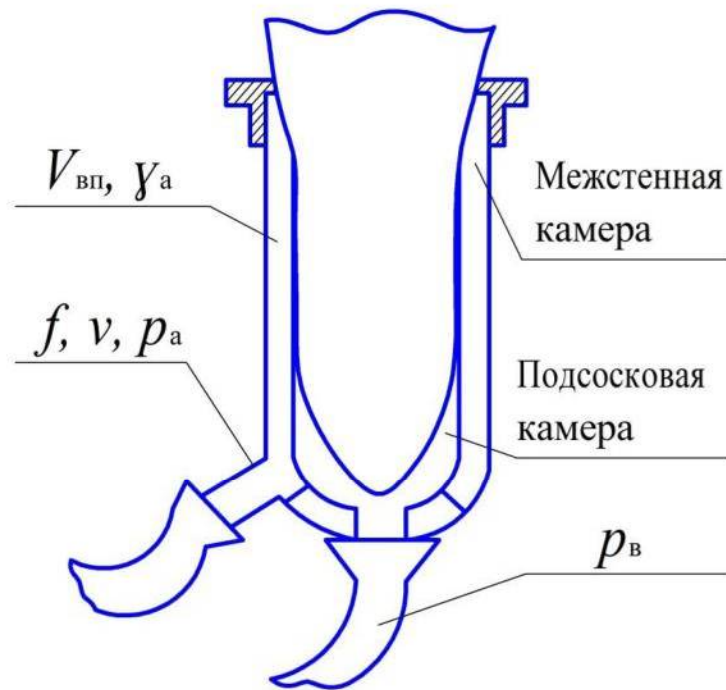


Рисунок 2.12 – Схема заполнения воздухом межстенной камеры доильного стакана

Время переходных процессов от одного такта к другому очень мало, т. к. время наполнения воздухом межстенной камеры зависит от скорости движения воздуха, а она велика. Сделаем упрощение, примем, что во время переходных процессов из-за малой величины времени их протекания, не будет теплообмена с окружающей средой, другими словами, процесс принимаем адиабатным.

Рассмотрим работу доильного аппарата. Атмосферный воздух поступает из коллектора в межстенную камеру доильного стакана при $p_a = \text{const}$ через отверстие, имеющее поперечное сечение f .

Объем межстенной камеры доильного стакана $V_{вт}$, м^3 определяется уравнением

$$V_{вт} = V_o + V_{ср} = f(p)dt, \text{ м}^3 \quad (2.26)$$

где $V_o = \text{const}$ – общий объем пространства до входного отверстия при недеформированной сосковой резине, м^3 ;

$V_{ср}$ – объем, меняющийся вследствие деформирования сосковой резины, м^3 .

Принимаем, что давление воздуха уменьшается на бесконечно малую величину dp , соответственно уменьшается вес воздуха. Проведем дифференцирование уравнения состояния для впускаемого воздуха, получаем

$$\frac{V_{\text{вп}}}{P} dp = T dG + G dT. \quad (2.27)$$

За бесконечно малый промежуток времени dt в межстенную камеру доильного стакана поступает количество воздуха dG , которое определяется из выражения

$$dG = \gamma_m f v dt, \quad (2.28)$$

где v – скорость воздуха через отверстие за бесконечно малый промежуток времени, м/с;

γ_m – удельная масса воздуха, кг/м³;

f – поперечное сечение отверстия, м².

Принимаем объемный вес воздуха в отверстии равным объемному весу воздуха за отверстием, так как давление струи воздуха за отверстием равно давлению в межстенной камере доильного стакана. Так можно утверждать ввиду того, что скорость струи воздуха меньше критической.

Величина f показывает, что минимальная площадь поперечного сечения струи равна поперечному сечению отверстия.

Получить выражение для определения скорости v можно с помощью уравнения Бернулли для идеально сжимаемого газа.

$$\frac{k}{k-1} \cdot \frac{p_a}{\gamma_a} + \frac{v'^2}{2g} = \frac{k}{k-1} \cdot \frac{p}{\gamma_m} + \frac{v^2}{2g}, \quad (2.29)$$

где k – показатель адиабатного процесса, для двухатомных газов $k = 1,4$;

v' – скорость течения воздуха в межстенной камере доильного стакана, м/с;

p_a – давление атмосферного воздуха, Н/м²;

γ_a – удельная масса атмосферного воздуха, кг/м³;

P – давление воздуха в камере, Н/м²;

γ_m – удельная масса воздуха в камере, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с².

В процессе поступления воздуха через отверстие в межстенную камеру доильного стакана постепенно увеличивается давление, в связи с чем изменяется давление p , удельная масса γ_m воздуха и его скорость v , в связи с этим процесс течения воздуха является квазистационарным. Такие изменения за каждый бесконечно малый промежуток времени dt , соответствуют условиям уравнения Бернулли.

При попадании струи воздуха через щель в межстенную камеру доильного стакана его частицы равномерно заполняют все пространство этой камеры (объем).

Воздух, проходя через отверстие в межстенную камеру доильного стакана, в месте образования струи имеет поперечное сечение большего размера, чем на выходе из отверстия, а выходящая струя будет конической формы.

Известно, что газовая струя у нас будет непрерывной и через любое поперечное сечение во всякий момент времени проходит одно и то же количество воздуха, следовательно, можно утверждать, что скорость течения воздуха в отверстии больше скорости в месте образования струи. Поэтому можно утверждать, что скорость в месте образования струи равно нулю.

Используя выше приведенные выводы, упростим уравнение Бернулли, которое примет вид

$$\frac{k}{k-1} \cdot \frac{p_a}{\gamma_a} = \frac{k}{k-1} \cdot \frac{p}{\gamma_m} + \frac{v^2}{2g}. \quad (2.30)$$

Из этого выражения получим формулу скорости течения воздуха в наиболее узком поперечном сечении струи

$$v = \sqrt{\frac{2gk}{k-1}} \sqrt{\frac{p}{\gamma_m} - \frac{p_a}{\gamma_a}}, \quad (2.31)$$

В адиабатном процессе

$$\frac{p}{\gamma^k} = c, \text{ тогда } \frac{p}{\gamma} = c^{\frac{1}{k}} p^{\frac{k-1}{k}}. \quad (2.32)$$

Подставляя выражение (2.30) в (2.29), получаем скорость как функцию только одного переменного p .

$$v = \sqrt{\frac{2gk}{k-1}} c^{\frac{1}{k}} \sqrt{p_a^{\frac{k-1}{k}} p^{\frac{k-1}{k}}} . \quad (2.33)$$

Полученное уравнение (2.32) подставляем в выражение (2.21) и введем коэффициент расхода μ , который является произведением следующих коэффициентов:

$$\mu = \delta \sigma \varepsilon \xi , \quad (2.34)$$

где δ – коэффициент скорости, отражающий сопротивление впуску воздуха за счет прохождения через отверстие;

ε – коэффициент сжатия, характеризующий уменьшения поперечного сечения струи по сравнению с отверстием при прохождении воздуха;

σ – коэффициент, отображающий полноту сжатия струи воздуха в зависимости от месторасположения впускного отверстия в межстенной камере доильного стакана;

ξ – коэффициент, учитывающий форму сопла, отличную от теоретически принятого отверстия.

Исходя из этого получим выражение

$$dG = \mu f \sqrt{\frac{2gk}{k-1}} c^{\frac{1}{k}} \sqrt{p_a^{\frac{k-1}{k}} p^{\frac{k-1}{k}}} dt . \quad (2.35)$$

Исходя из коэффициентов, характеризующих коэффициент расхода, можно сделать вывод, что формы сопла и его расположение в межстенной камере доильного стакана зависят от этой величины.

Приближенно можно принять, что в данном случае коэффициент μ является постоянной величиной.

Так как $\gamma = p^{\frac{1}{k}} c^{\frac{1}{k}}$, то

$$dG = \mu p^{\frac{1}{k}} f \sqrt{\frac{2gk}{k-1}} c^{\frac{1}{k}} \sqrt{p_a^{\frac{k-1}{k}} p^{\frac{k-1}{k}}} dt . \quad (2.36)$$

$$T = \frac{c^{\frac{1}{k}}}{R} p^{\frac{k-1}{k}} ;$$

$$TdG = \frac{p\mu f}{R} \sqrt{\frac{2gk}{k-1}} c^{\frac{1}{k}} \sqrt{p_a^m p^m} dt;$$

$$GdT = \frac{V_{\text{вп}}}{R} mdp. \quad (2.37)$$

Подставляя значения GdT и TdG в начальное дифференциальное уравнение, получаем

$$\frac{V}{R} dp = \frac{pa\mu f}{R} \sqrt{p_a^m - p^m} dt + \frac{V}{R} mdp,$$

где $a = \sqrt{\frac{2gk}{k-1}} c^{\frac{1}{k}}.$

Разделяя переменные,

$$\frac{dp}{p\sqrt{p_a^m - p^m}} = \frac{a\mu f}{V_{\text{вп}}(1-m)} \sqrt{p_a^m - p^m} dt,$$

откуда

$$t = \frac{V_{\text{вп}}(1-m)}{a\mu f} \int \frac{dp}{p\sqrt{p_a^m - p^m}}. \quad (2.38)$$

При $k=1,4$ и $m=\frac{2}{7}$ обозначаем $p_a^{\frac{3}{7}} = A$ и преобразовываем интегральное выражение (2.38) следующим образом:

$$\int \frac{dp}{p\sqrt{p_a^m - p^m}} = ap^{-1} \left(A + p^{\frac{2}{7}} \right)^{\frac{1}{2}} dp.$$

Интегрирование возможно при помощи подстановки

$$A + B_p^n = Z^s. \quad (2.39)$$

Выполняя действия, связанные с интегрированием, получаем в общем виде зависимость

$$t = f(p),$$

$$t = \frac{5}{2} \frac{V_{\text{вп}}}{p_a^{\frac{1}{7}} \mu a f} \ln \frac{p_a^{\frac{1}{7}} - \sqrt{p_a^{\frac{2}{7}} - p^{\frac{2}{7}}}}{p_a^{\frac{1}{7}} + \sqrt{p_a^{\frac{2}{7}} - p^{\frac{2}{7}}}} + c. \quad (2.40)$$

Для определения постоянной c используем начальные условия для всего интервала впуска, при котором давление меняется от p_p до p_a , и, подставляя значение c в выражение, получаем формулу для расчета продолжительности впуска воздуха

$$t = \frac{5}{2} \frac{V_{\text{вп}}}{p_a^{\frac{1}{7}} \mu a f} \left[\ln \frac{p_a^{\frac{1}{7}} - \sqrt{p_a^{\frac{2}{7}} - p^{\frac{2}{7}}}}{p_a^{\frac{1}{7}} + \sqrt{p_a^{\frac{2}{7}} - p^{\frac{2}{7}}}} + \ln \frac{p_a^{\frac{1}{7}} - \sqrt{p_a^{\frac{2}{7}} - p_p^{\frac{2}{7}}}}{p_a^{\frac{1}{7}} + \sqrt{p_a^{\frac{2}{7}} - p_p^{\frac{2}{7}}}} \right], \quad (2.41)$$

где p – рабочее давление воздуха (давление в вакуумной системе).

Для упрощения расчетов обозначаем выражение, стоящее в квадратных скобках, через p_a . Учитывая, что за время перехода от такта сосания к такту сжатия давление в межстенной камере доильного стакана меняется в пределах от p_1 до p_2 , выражение для определения перехода от такта сосания к такту сжатия можно написать в следующем виде:

$$t = \frac{5}{2} \frac{V_{\text{вп}}}{p_a^{\frac{1}{7}} \mu a f} [p_a]_{p_1}^{p_2}. \quad (2.42)$$

Полученные выражения для определения скорости как функции только одного переменного p и времени перехода от такта сосания к такту сжатия позволяют рассчитать характеристики доильного аппарата, его конструкционные параметры.

Выводы по главе

В результате проведенных исследований получены следующие результаты:

1. Обоснована конструкционно-технологическая схема переносного доильного аппарата с регулятором вакуума, и дано описание принципа его работы (рисунок 2.1).

2. Получен патент на полезную модель доильного аппарата с регулятором вакуума (патент РФ 130787 А 01 J 7/00).

3. На основе анализа работы доильных аппаратов АДУ-1 и предлагаемого устройства, получены графики поэтапного изменения вакуумметрического

давления, молокоотдачи и жирности молока от времени доения (рисунок 2.4, 2.8, 2.10, 2.11).

4. Получены аналитически выражения для определения высоты подъема поплавка (2.6), расхода молока через выходное отверстие (2.9), времени поднятия поплавка (2.12), диаметра выходного отверстия регулятора вакуума (2.15), массы поплавка регулятора вакуума (2.17).

5. Определено выражение (2.33) для определения скорости течения воздуха в наиболее узком поперечном сечении струи. Получена формула (2.42) для расчета продолжительности впуска воздуха.

ГЛАВА 3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПЕРЕНОСНОГО ДОИЛЬНОГО АППАРАТА С РЕГУЛЯТОРОМ ВАКУУМА

3.1 Устройство и принцип действия экспериментальной установки

Разработка и обоснование оптимальной конструкционно-технологической схемы переносного доильного аппарата с регулятором вакуума производится с учетом всех факторов, влияющих на технологический процесс производства молока. Грамотное построение технологического процесса требует тщательного изучения, насколько правильно выбраны способы работы и конструкционно-режимные параметры установки. В связи с этим была разработана схема лабораторной установки [126].

На основе патентного поиска и анализа существующих конструкций был сконструирован доильный аппарат, имеющий коллектор, пульсатор и регулятор вакуумметрического давления, установленный в доильном ведре [54].

Для определения конструкционно-режимных параметров предлагаемого доильного аппарата была разработана лабораторная установка (рисунок 3.1). Она состоит из доильного ведра 1, регулятора вакуума 2, который состоит из корпуса 3, внутри которого установлен поплавок 4, имеющий верхнюю иглу 5 и нижнюю иглу 6, открывающую проходное сечение 7 калиброванного канала для поступления атмосферного воздуха 8. Кроме того, имеется золотник потока молока 11, штуцер прохода вакуума 12 и штуцер входа молока 13. Коллектор 14 распределяет вакуум по доильным стаканам и проводит сбор молока через молочный патрубок 15 и вакуумный шланг 16 к доильным стаканам 17. Имеется пульсатор 18 с клапаном 19 и камерами постоянного вакуума 20, переменного вакуума 21. Для снятия необходимых показателей предусмотрены толкатель вакуумный 22, соединенный с датчиком малых перемещений 23 и через кабель 24 с самописцем универсальным 12-канальным 25.

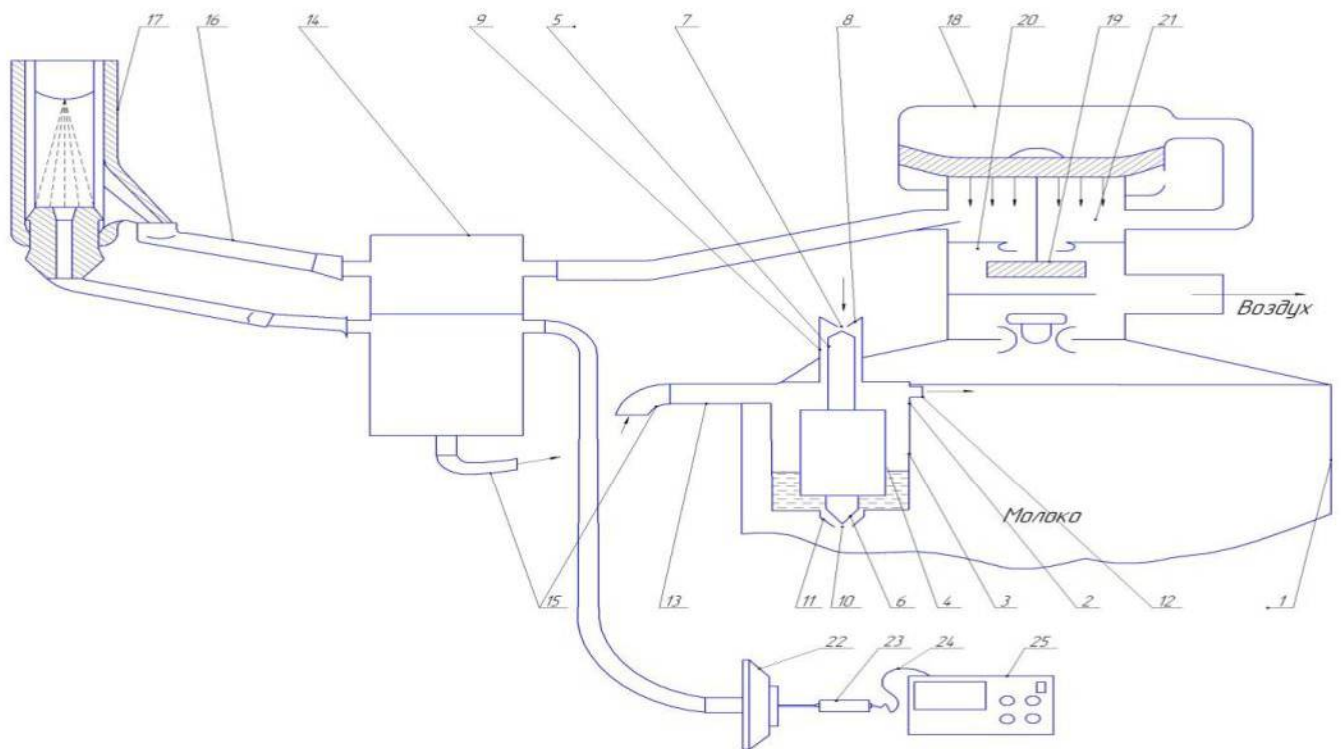


Рисунок 3.1 Схема лабораторной установки:

1 – доильное ведро; 2 – регулятор вакуума; 3 – корпус; 4 – поплавок; 5 – верхняя игла; 6 – нижняя игла; 7 – проходное сечение; 8 – калиброванный канал для поступления атмосферного воздуха; 9 – головка корпуса; 10 – отверстие выхода молока; 11 – золотник потока молока; 12 – штуцер прохода вакуума; 13 – штуцер входа молока; 14 – коллектор; 15 – молочный патрубок; 16 – вакуумный шланг; 17 – доильный стакан; 18 – пульсатор; 19 – клапан; 20 – камера постоянного вакуума; 21 – камера переменного вакуума; 22 – толкатель вакуумный; 23 – датчик малых перемещений; 24 – кабель; 25 – самописец универсальный 12-ти канальный

Предлагаемое устройство работает следующим образом [54]: при подключении аппарата к линии номинального вакуума 54 кПа вакуум распространяется в доильное ведро 1, регулятор вакуума 2, пульсатор 18. При попадании вакуума в камеру постоянного вакуума 20 пульсатора 18 клапан пульсатора 19 опускается, вакуум переходит в камеру переменного вакуума 21 пульсатора 18 и далее по вакуумному шлангу 16 в межстенную камеру доильных стаканов 17. В то же время вакуум через доильное ведро 1 и золотник регулятора вакуума 12 регулятора вакуума 2, через штуцер входа молока 13 проникает в коллектор и далее в подсосковую камеру доильных стаканов 17. Так как в

регуляторе вакуума 2 отсутствует молоко, то поплавков 4 находится в крайнем нижнем положении, перекрывая золотник регулирования потока молока 11 и открывая калиброванный канал для поступления атмосферного воздуха 8. При этом в регулятор вакуума 2 попадает атмосферное давление, которое снижает величину вакуума в подсосковой камере доильных стаканов 17 до минимальной величины 28 кПа. В процессе доения молоко попадает через молочный патрубок 15 в корпус 3 регулятора вакуума 2 и поднимает поплавок 4, тем самым регулируя величину открытия золотника потока молока 11 и закрытия золотника 8 впуска воздуха. Количество воздуха, попадающего в регулятор вакуума 2, прямо пропорционально положению поплавка 4 в корпусе 3, а его положение зависит от количества молока проходящего через регулятор вакуума 2. В связи с этим с увеличением молокоотдачи поплавков 4 поднимается, тем самым нижней иглой 6 регулирует отверстие выхода молока 10, а верхней иглой 5 регулирует проходное сечение 7 для попадания атмосферного воздуха, регулируя вакуумметрическое давление от 28 кПа в начале доения до 54 кПа при максимальной молокоотдаче. При снижении молокоотдачи поплавков 4 опускается вниз, тем самым уменьшая проходное сечение 7 для попадания атмосферного воздуха и, снижая вакуумметрическое давление в подсосковой камере доильных стаканов 17. Величина вакуума снижается с 54 кПа до 28 кПа в соответствии с молокоотдачей.

При изменении вакуумметрического давления в камере пульсатора этот вакуум воздействует на толкатель вакуумный 22, соединенный с датчиком малых перемещений 23. Его показатели через кабель передаются в самописец универсальный 12- канальный 24 и далее фиксируются с помощью ПК.

Предлагаемая конструкция доильного аппарата проще по изготовлению, сборке и в эксплуатации, за счет плавного повышения и снижения вакуумметрического давления стимулирует молокоотдачу и не наносит вреда здоровью животного даже при передержке доильных стаканов на сосках коровы по окончании доения, не причиняет ей особого беспокойства. Вакуумметрическое давление в подсосковой камере регулируется и соответствует молокоотдаче, за счет чего уменьшается риск заболеваний вымени коров.

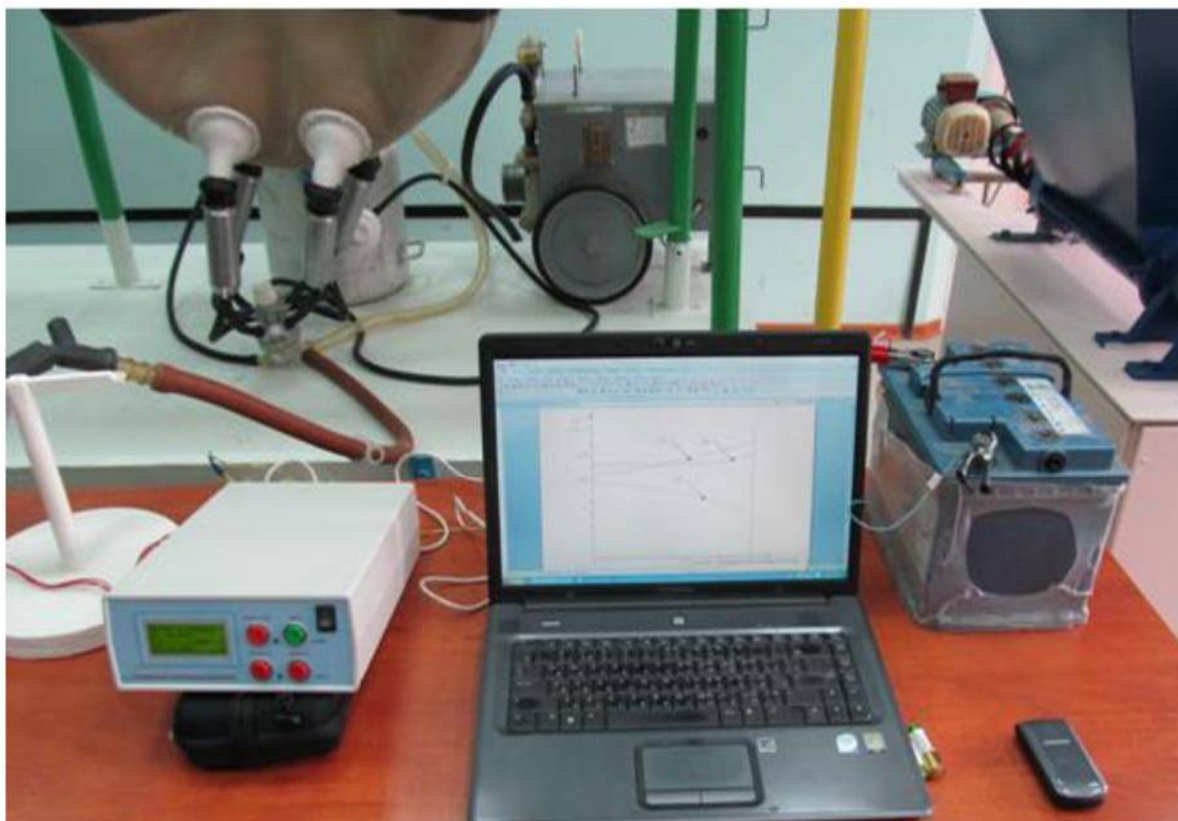


Рисунок 3.2 – Лабораторная установка по определению параметров переносного доильного аппарата с регулятором вакуума

3.2 Программа исследований

3.2.1 Задачи исследований

Основными задачами исследований явились изучение протекания процесса доения экспериментальной установкой, обоснование ее оптимальных конструкционно-режимных параметров и проверка теоретических исследований, проведенных ранее. При исследовании за основной показатель, характеризующий работу переносного доильного аппарата с регулятором вакуума, принималось изменение вакуумметрического давления в подсосковых камерах доильных стаканов в соответствии с молокоотдачей. Поэтому в процессе проведения экспериментальных исследований необходимо было определить закономерность изменения вакуумметрического давления в подсосковых камерах доильных стаканов в зависимости от времени доения, молокоотдачи и величины открытия

золотника регулятора вакуума, изменяющего величину подсоса воздуха в доильное ведро доильного аппарата и далее в подсосковые камеры доильных стаканов.

3.2.2 Программа проведения эксперимента

В основу программы проведения экспериментальных исследований был положен метод математической теории планирования многофакторных экспериментов, который позволяет выявить и оценить влияние факторов на принятый критерий оптимизации [1, 96, 102, 146].

Целью лабораторных исследований являлось определение перемещений иглы золотника регулятора вакуума (рисунок 3.1) и изменение в связи с этим вакуумметрического давления в камере постоянного вакуума коллектора и подсосковых камерах доильных стаканов при постоянном вакуумметрическом давлении в пульсаторе.

Вакуум через доильное ведро *1* и штуцер прохода вакуума *12* регулятора вакуума *2*, через штуцер входа молока *13* проникает в коллектор и далее в подсосковую камеру доильных стаканов *17*. Так как в регуляторе вакуума *2* отсутствует молоко, то поплавков *4* находится в крайнем нижнем положении, перекрывая золотник регулирования потока молока *11* и открыв максимально золотник *8* впуска воздуха. При этом в регулятор вакуума *2* попадает атмосферное давление, которое снижает величину вакуума в подсосковой камере доильных стаканов *17* до минимальной величины 28 кПа. В процессе доения молоко попадает через штуцер входа молока *13* в корпус *3* регулятора вакуума *2* и поднимает поплавок *4*, тем самым регулируя величину открытия золотника потока молока *11* и закрытия золотника *8* впуска воздуха. Количество воздуха, попадающего в регулятор вакуума *2*, прямо пропорционально положению поплавка *4* в корпусе *3*, а его положение зависит от количества молока, проходящего через регулятор вакуума *2*. В связи с этим с увеличением молокоотдачи поплавков *4* поднимается, тем самым нижней иглой *6* регулирует отверстие выхода молока *10*, а верхней иглой *5* регулирует проходное сечение *7*

для попадания атмосферного воздуха, регулируя вакуумметрическое давление от 28 кПа в начале доения до 54 кПа при максимальной молокоотдаче. При снижении молокоотдачи поплавков 4 опускается вниз тем самым, увеличивая проходное сечение 7 для попадания атмосферного воздуха и снижая вакуумметрическое давление в подсосковой камере доильных стаканов 17. Величина вакуума снижается от 54 кПа до 28 кПа в соответствии с молокоотдачей. При изменении вакуумметрического давления в камере постоянного вакуума коллектора происходит воздействие на мембрану толкателя вакуумного, который соединен с датчиком малых перемещений 27 (рисунок 4.3) через трос. Полученные датчиком малых перемещений результаты через кабель передавались на самописец универсальный 12-канальный (рисунок 3.4), где обрабатывались, а результаты выводились на ПК.

Для регистрации параметров экспериментальной установки был задействован датчик малых перемещений ЛХ-706 (рисунок 3.3), имеющий следующие характеристики [109]:

- изменение выходного сигнала – плавное;
- сила натяжения каната, Н:
- в начале диапазона измерения – не менее 5,89;
- в конце диапазона измерения – не более 34,33;
- сопротивление изоляции в нормальных условиях, МОм – не менее 20;
- значение полного сопротивления, Ом – 1600 ± 400 ;
- полное сопротивление резистора $R_{\text{пол}}$, Ом – 1304.

Измерительная система реохордного типа [109]: 12-канальный самописец универсального применения (рисунок 3.4), предназначенный для регистрации данных по 12 независимым каналам при проведении испытаний на сельскохозяйственной технике и в других условиях с последующей обработкой данных и выгрузкой их на ПК. Прибор имеет 6 не усиленных каналов для подключения реохордных датчиков (перемещения, давления) и 6 усиленных каналов для подключения тензометрических датчиков для измерения механических усилий.

Опции записи данных:

- Результаты измерений сохраняются в энергонезависимой памяти и впоследствии могут быть выгружены в ЭВМ.
- Все настройки прибора («установка нулей», смены знака, режимы отображения данных) также сохраняются в энергонезависимой памяти.



Рисунок 3.3 – Датчик малых перемещений самописец ЛХ-706



Рисунок 3.4 – Самописец 12-канальный универсального применения



Рисунок 3.5 – Датчик движения вакуумметрический

- Прибор в процессе записи позволяет выделить в записываемых данных до 9 контрольных участков, в течение которых измеряются определенные режимы, благодаря чему впоследствии можно сравнить зависимости зарегистрированных параметров, полученных при разных условиях.
- В процессе записи самописец фиксировал статистику по каждому из каналов (минимальные и максимальные значения) и отображал их на дисплее, что

позволяло сразу после записи (еще до выгрузки в ЭВМ) убедиться в корректности записи.

В результате проведенных лабораторных исследований получены данные по изменению вакуумметрического давления в подсосковых камерах доильных стаканов в зависимости от положения иглы золотника регулятора вакуума.

3.3 Методика обработки экспериментальных данных

При проведении исследований переносного доильного аппарата с регулятором вакуума использовали некомпозиционный план Бокса – Бенкена с варьированием трех факторов, который в отличие от других методов более экономичен по числу опытов, прост в организации опытов, позволяет упростить и удешевить конструкцию экспериментальной установки, снизить время проведения экспериментов. Данный план дает возможность с необходимой точностью описать выбранный критерий оптимизации уравнением (полиномом) второй степени [12, 13]

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i < j} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2, \quad (3.1)$$

где b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} – коэффициенты регрессии;

k – число факторов.

Целью проведения экспериментальных исследований является определение численных значений коэффициентов регрессии. Проверку однородности и воспроизводимости результатов эксперимента выполняли по критерию Кохрена [12].

$$G_{\text{расч}} = \frac{S_{y_{\text{max}}}^2}{\sum_{u=1}^{N_n} S_{yu}^2}, \quad (3.2)$$

где $S_{y_{\text{max}}}^2$ – наибольшая построчная дисперсия;

$\sum_{u=1}^{N_n} S_{yu}^2$ – сумма построчных дисперсий.

Построчные дисперсии S_{yu}^2 определяли по формуле [102]

$$S_{yu}^2 = \frac{\sum_{g=1}^{n_u} (y_{ug} - \bar{y}_g)^2}{Nf_u}, \quad (3.3)$$

где y_{ug} – результат g -го повторения u -го опыта;

$\bar{y}_g$ – среднее арифметическое значение критерия оптимизации всех дублей u -го опыта;

f_u – число степеней свободы при определении u -ой построчной дисперсии

$$f_u = n_u - 1, \quad (3.4)$$

где n_u – число повторов u -го опыта.

Если расчетное значение критерия $G_{расч}$, определенное по формуле (3.2), окажется меньше критического $G_{кр}$, найденного по таблице [102], в зависимости от уровня значимости α , числа степеней свободы $f_u = n_u - 1$ и числа опытов N , то гипотеза об однородности дисперсии и воспроизводимости результатов принимается [12].

По полученным экспериментальным данным была построена экспериментально-статистическая модель второго порядка (3.1). Её коэффициенты рассчитывались по формулам [102]

$$b_0 = \bar{y}_0; \quad b_i = A \sum_{u=1}^N x_{iu} y_u; \quad (3.5)$$

$$b_{ij} = D \sum_{u=1}^N x_{iu} x_{ju} y_u; \quad (3.6)$$

$$b_{ii} = B \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 y_u + C_1 \sum_{j=1}^{n_1} \sum_{u=1}^N x_{ju}^2 y_u + C_2 \sum_{l=1}^{n_2} \sum_{u=1}^N x_{lu}^2 y_u - \left(\frac{\bar{y}_0}{\rho} \right), \quad (3.7)$$

где A, B, C, D, ρ – константы, зависящие от числа факторов;

$\sum_j^{n_1}$ и $\sum_l^{n_2}$ – суммирование для столбцов плана, соответствующих элементам

j, l , первично и вторично связанным с i -м элементом в схеме построения плана;

x_{iu}, x_{ju} – кодированные значения двух факторов в u -м опыте;

$\bar{y}_0$ – среднее значение отклика в нулевых точках;

y_u – значение критерия оптимизации в u -м опыте;

N – число опытов в матрице планирования.

Значения констант в формулах для вычисления коэффициентов регрессии при числе факторов, равном 3, следующие [2, 12]:

$$A = 1/8; B = 1/4; C_1 = -1/16; C_2 = 0; D = 1/4; \rho = 2.$$

Дисперсии, характеризующие ошибки в определении коэффициентов уравнения регрессии, определяли по формулам [102]

$$S_{b_0}^2 = \frac{1}{n_0} S_y^2; \quad (3.8)$$

$$S_{b_i}^2 = A S_y^2; \quad (3.9)$$

$$S_{b_{ij}}^2 = D S_y^2; \quad (3.10)$$

$$S_{b_{ii}}^2 = \left[B + \frac{1}{\rho^2 n_0} \right] S_y^2, \quad (3.11)$$

где S_y^2 – дисперсия воспроизводимости эксперимента, определяемая по результатам опытов в центре плана [102].

$$S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_0} (y_{i0} - \bar{y}_0)^2}{n_0 - 1}, \quad (3.12)$$

где y_{i0} – значение критерия оптимизации в i -м опыте центра плана;

n_0 – число опытов в центре плана.

После расчета коэффициентов проверяли их значимость по критерию Стьюдента с помощью доверительных интервалов оценок коэффициентов, которые определяли по формулам [96]:

$$\begin{aligned} \Delta b_0 &= \pm t S_{b_0}; \\ \Delta b_i &= \pm t S_{b_i}; \\ \Delta b_{ij} &= \pm t S_{b_{ij}}; \\ \Delta b_{ii} &= \pm t S_{b_{ii}}, \end{aligned} \quad (3.13)$$

где t – критерий Стьюдента, берется из таблиц [12] в зависимости от уровня значимости α , числа степеней свободы $f_u = n_u - 1$ при определении дисперсии опыта.

Коэффициент считается статистически значимым, когда выполняется условие: абсолютная величина больше доверительного интервала, т. е. $|b_i| > \Delta b_i$.

Смысл последнего неравенства заключается в том, что абсолютная величина коэффициента должна быть в t раз больше, чем ошибка его определения [12].

Адекватность полученной математической модели проверялась по критерию Фишера. Его расчетное значение $F_{\text{расч}}$ определяли по формуле [102]

$$F_{\text{расч}} = \frac{S_{\text{неад}}^2}{S_y^2}, \quad (3.14)$$

где $S_{\text{неад}}^2$ – дисперсия неадекватности.

$$S_{\text{неад}}^2 = \frac{S_R - S_E}{N - k^l - (n_0 - 1)}, \quad (3.15)$$

где k^l – количество коэффициентов регрессии;

S_R – сумма квадратов отклонений расчетных значений от экспериментальных во всех точках плана [102].

$$S_R = \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_i)^2, \quad (3.16)$$

где S_E – сумма квадратов, связанная с дисперсией, определяемой по результатам опыта в центре эксперимента [12]:

$$S_E = \sum_{i=1}^{n_0} (y_{i0} - \bar{y}_0)^2. \quad (3.17)$$

Смысл F-критерия заключается в том, что он отвечает на вопрос об адекватности модели результатам экспериментов. Гипотезу об адекватности модели принимают в том случае, когда расчетное значение F-критерия не превышает табличного для выбранного уровня значимости, т. е. когда $F_{\text{расч}} < F_{\text{табл}}$ [119].

При реализации плана эксперимента и расчета коэффициентов регрессии по формулам (3.5), (3.6), (3.7) уравнение (3.1) будет иметь кодированную форму.

При использовании уравнения (3.2) в качестве расчетной формулы и интерпретации результатов опытов необходимо преобразовать коэффициенты регрессии в именованные величины, то есть произвести их раскодирование.

Раскодирование осуществляется по следующим формулам [12]:

при преобразовании линейных членов уравнения

$$b_i x_i = \frac{b_i}{\varepsilon_i} X_i - \frac{b_i}{\varepsilon_i} X_{0i}; \quad (3.18)$$

при преобразовании членов уравнения, содержащих взаимодействия

$$b_{ij} x_i x_j = \frac{b_{ij}}{\varepsilon_i \varepsilon_j} (X_i X_j - X_i X_{0j} - X_j X_{0i} + X_{0i} X_{0j}); \quad (3.19)$$

при преобразовании квадратичных членов уравнения

$$b_{ii} x_i^2 = \frac{b_{ii}}{\varepsilon_i^2} (X_i^2 - 2X_i X_{0i} + X_{0i}^2); \quad (3.20)$$

где x_i – кодированное значение фактора (безразмерная величина);

X_i – натуральное значение фактора;

X_{0i} – натуральное значение фактора на нулевом уровне;

ε – натуральное значение интервала варьирования фактора.

$$\varepsilon = \frac{X_i^* - X_i^*}{2}, \quad (3.21)$$

где X_i^* – значение фактора на верхнем уровне;

X_i^* – значение фактора на нижнем уровне.

Уравнение регрессии (3.1), описывающее результаты трехфакторного эксперимента, сложно проанализировать и изобразить в трехмерной системе координат. Поэтому для анализа и графического отображения было проведено каноническое преобразование, включающее в себя перенос начала координат в новую точку S и поворот осей на некоторый угол в факторном пространстве. В результате исчезли линейные члены и изменилось значение свободного члена [12]. Уравнение регрессии в канонической форме имеет вид

$$Y - Y_s = B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 + \dots + B_{KK}X_K^2, \quad (3.22)$$

где Y – значение критерия оптимизации;

Y_s – значение критерия оптимизации в критической точке;

$X_1, X_2, \dots, X_K$ – новые оси координат, повернутые относительно старых осей

$x_1, x_2, \dots, x_K$;

$B_{11}, B_{22}, \dots, B_{KK}$ – коэффициенты регрессии в канонической форме [12].

Для определения координат центра поверхности отклика нужно решить систему дифференциальных уравнений для частных производных критерия оптимизации

$$\frac{dy}{dx_1} = 0; \quad \frac{dy}{dx_2} = 0; \quad \dots; \quad \frac{dy}{dx_K} = 0. \quad (3.23)$$

Подставляя найденные значения в уравнение регрессии, определяют величину критерия оптимизации Y_s в точке S .

Коэффициенты регрессии в канонической форме при $K = 2$ определяются из соотношений [102]

$$\begin{aligned} B_{ii} &= b_{ii} \cos^2 \alpha + b_{ij} \cos \alpha \sin \alpha + b_{jj} \sin^2 \alpha; \\ B_{jj} &= b_{ii} \sin^2 \alpha - b_{ij} \sin \alpha \cos \alpha + b_{jj} \cos^2 \alpha. \end{aligned} \quad (3.24)$$

Угол поворота осей координат в точке S определяется по формуле [105]

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{b_{ij}}{(b_{ii} - b_{jj})}. \quad (3.25)$$

При подстановке различных значений оптимизируемого параметра в уравнение (3.22) были получены уравнения соответствующих контурных кривых – эллипсов, минимаксов, в графической совокупности представляющих поверхность отклика.

Выводы по главе

1. Для определения конструкционно-режимных параметров предлагаемого переносного доильного аппарата с регулятором вакуума была разработана и изготовлена лабораторная установка (рисунок 3.1).

2. В основу программы проведения экспериментальных исследований был положен метод математической теории планирования многофакторных экспериментов, который позволит выявить и оценить влияние факторов на принятый критерий оптимизации.

3. Для регистрации параметров экспериментальной установки был задействован датчик малых перемещений ЛХ-706, 12-канальный самописец универсального применения, предназначенный для регистрации данных по 12 независимым каналам при проведении испытаний на сельскохозяйственной технике и в других условиях с последующей обработкой данных и выгрузкой их на ПК.

4. Приведена методика обработки экспериментальных данных, позволяющая рассчитать коэффициенты экспериментально-статистической модели второго порядка и обосновать адекватность полученной модели.

ГЛАВА 4 РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА И ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕНОСНОГО ДОИЛЬНОГО АППАРАТА С РЕГУЛЯТОРОМ ВАКУУМА

4.1 Результаты проведения экспериментальных исследований

Изучение влияния различных факторов на оценочные показатели доильного аппарата связано с задачей определения максимальной и минимальной молокоотдачи доильного аппарата при получения максимального количества молока, в соответствии с зоотехническими допущениям. Результаты этих исследований представлены графически зависимостями на рисунках 4.1, 4.2.

Анализ зависимости, представленной на рисунке 4.1, показывает, что более быстрое и качественное выполнение технологического процесса доения коров происходит при давлении жидкости на поплавков под действием напора $q_{жк} = 5 \cdot 10^{-5}$ м³/с.

Дальнейшее увеличение подъема поплавка нежелательно, так как увеличение вакуумметрического давления может привести к физиологически не обоснованному влиянию на молочную железу животного, а вследствие этого к заболеваниям вымени коровы из-за проникновения вакуума в молочную железу, возникновения разрывов лимфатических и кровеносных сосудов, а следовательно, к снижению производительности и увеличению времени доения.

Уменьшение поднятия поплавка от действующего напора молока приведет к уменьшению вакуумметрического давления, причем в момент максимальной молокоотдачи, что приведет к увеличению времени доения, а следовательно, недополучению остаточного молока из-за увеличения времени доения, не согласующегося с физиологическими требованиями животного (коровы).

Эффективность варьирования силы давления жидкости на поплавков также подтверждается аналитическими выражениями, из анализа которых следует, что с

уменьшением величины поднятия поплавка уменьшается сила давления жидкости на поплавок, т. к. уменьшается зависимость от действующего напора.

Эффективность варьирования силы давления жидкости на поплавок в зависимости от действующего напора $q_{жс} = 5 \cdot 10^{-5}$, м³/с, подтверждается экспериментальными зависимостями, из анализа которых следует, что при снижении действующего напора снижается вакуумметрическое давление и как следствие – увеличивается время доения, что негативно влияет на процесс доения и количество остаточного молока.

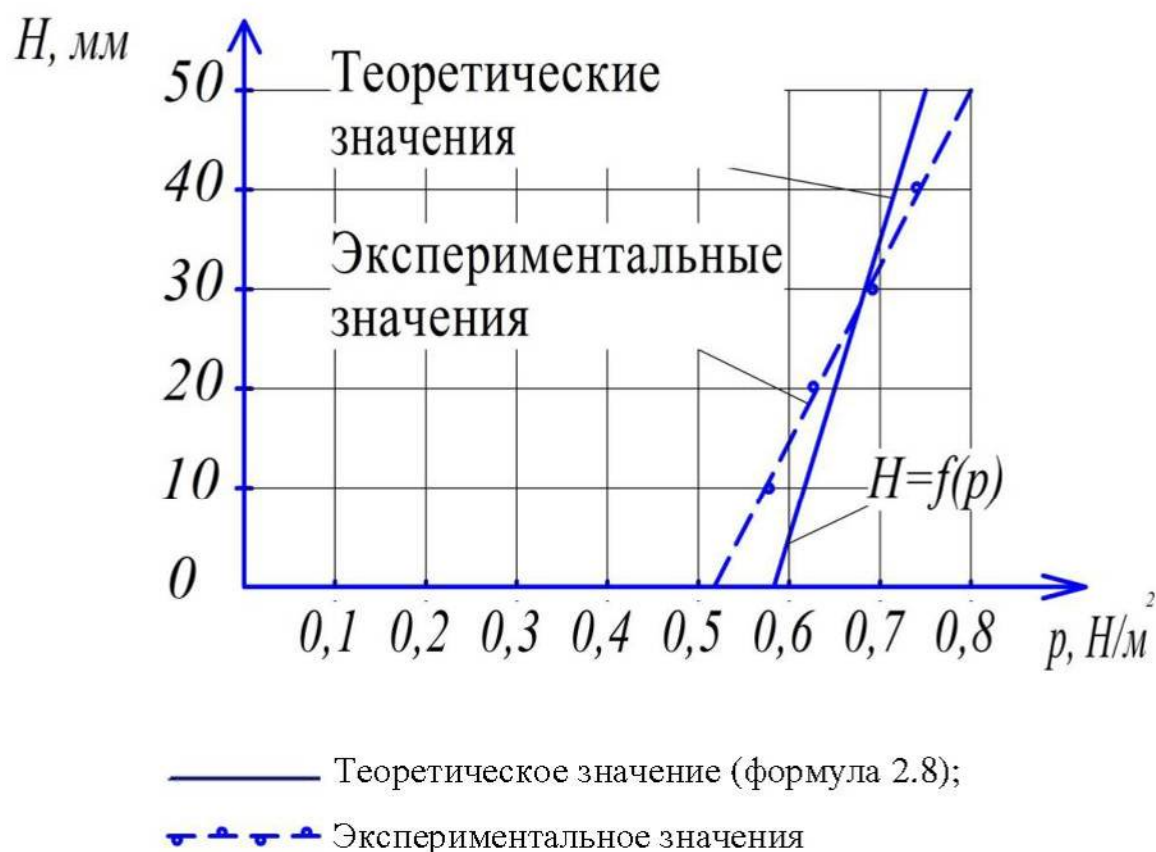


Рисунок 4.1 – Зависимость силы давления жидкости на поплавок от действующего напора $q_{жс} = 5 \cdot 10^{-5}$, м³/с

Большое значение имеет изменение среднего надоя молока от времени доения. На рисунке 4.2 представлен график, показывающий, что увеличение времени доения не ведёт к получению большего количества молока, причина кроется в физиологических факторах получения молока в процессе доения.

Анализ полученных данных не говорит о том, что количество получаемого молока зависит напрямую от времени доения, увеличение этого времени нецелесообразно. Этот фактор необходимо учитывать при доении коров, что делает предлагаемый доильный аппарат (формула 2.11).

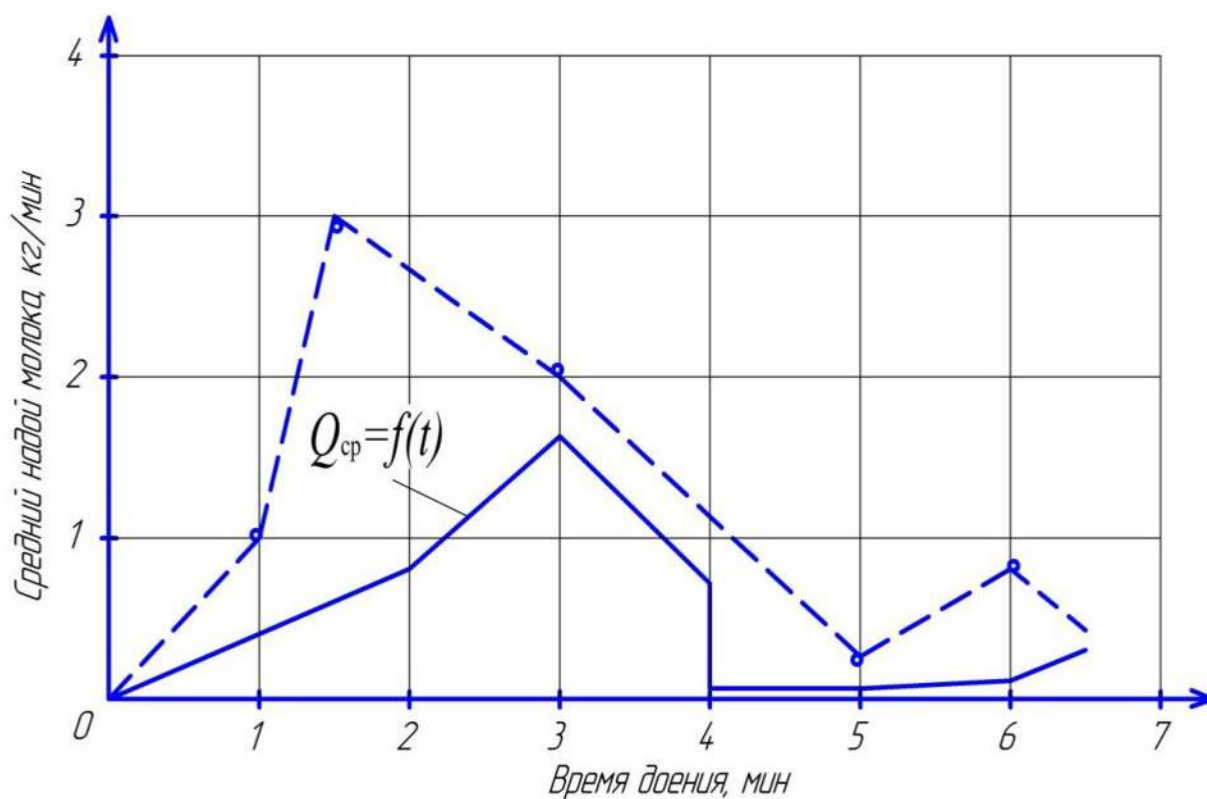


Рисунок 4.2 – Зависимость среднего надоя молока от времени доения

— Теоретическое значение;

—•—•— Экспериментальные значения

4.2 Результаты исследований влияния конструкционно-режимных параметров работы переносного доильного аппарата с автоматически изменяемым вакуумметрическим давлением

На основе анализа процесса работы экспериментальной установки были выбраны основные уровни варьирования выделенных факторов, которые представлены в таблице 4.1. Критерием оптимизации было выбрано количество остаточного молока в вымени животного по окончании доения $Q_{ом}$.

Таблица 4.1 – Факторы, уровни и интервалы варьирования

Фактор	Кодовое обозначение	Интервал варьирования	Уровни фактора		
			основной 0	верхний +1	нижний –1
$d_{\text{п}}$ – диаметр поплавка, мм	X_1	5	75	80	70
$d_{\text{вых.отв}}$ – диаметр выходного отверстия, мм	X_2	2	14	16	12
m – масса поплавка, г	X_3	50	200	150	250

Для получения математической модели процесса доения с автоматически регулируемым вакуумметрическим давлением в виде полинома второй степени реализован некомпозиционный план второго порядка, матрица планирования которого представлена в таблице 4.2.

После реализации всех опытов получен ряд значений, однородность дисперсии которого проверялась по критерию Кохрена. Последний применяется в том случае, когда число опытов одинаково во всех строках матрицы плана эксперимента, что соответствует данному случаю.

По формуле (3.3) подсчитывали построчные дисперсии S_{yi}^2 , затем определяли критерий Кохрена по формуле (3.2)

$$S_y^2 = 0,028 \Rightarrow G_{\text{расч}} = 0,072. \quad (4.1)$$

Таблица 4.2 – Матрица некомпозиционного трехфакторного плана Бокса – Бенкена для исследования переносного доильного аппарата с регулятором вакуума

Номер опыта	x_1	x_2	x_3	$Q_{o.m}$
1	1	1	0	0,350
2	-1	-1	0	0,196
3	1	-1	0	0,205
4	-1	1	0	0,250
5	1	0	1	0,240
6	-1	0	-1	0,218
7	1	0	-1	0,302
8	-1	0	1	0,206
9	0	1	1	0,287
10	0	-1	-1	0,204
11	0	1	-1	0,327
12	0	-1	1	0,197
13	0	0	0	0,230
14	0	0	0	0,220
15	0	0	0	0,230

Табличное значение критерия для уровня значимости $\alpha = 0,05$ числа степеней свободы $f_u = 2$ и числа опытов $N = 15$ составляет $G_{\text{табл}} = 0,198$ [12]. Следовательно, $G_{\text{расч}} < G_{\text{табл}}$, и ряд дисперсии можно считать статистически однородным.

Коэффициенты регрессии рассчитывали по формулам (3.5), (3.6) и (3.7) при помощи программы Mathcad (приложение Г). Рассчитанные коэффициенты регрессии составили:

$$b_0 = 0,227; b_1 = 0,028; b_2 = 0,052; b_3 = -0,015; b_{12} = 0,023; b_{13} = -0,013; \\ b_{23} = -0,008; b_{11} = 0,006; b_{22} = 0,018; b_{33} = 0,009.$$

Дисперсии, характеризующие ошибки в определении коэффициентов уравнения регрессии, определяли по формулам (3.8) и (3.9), при этом дисперсию S_y^2 воспроизводимости параметра оптимизации определяли по результатам опыта в центре плана, для чего составлялась вспомогательная таблица 4.3.

Таблица 4.3 – Вспомогательная таблица для расчета S_y^2

Номер опыта в центре плана	y_l	y_l	$ y_l - y_l $	$(y_l - y_l)^2$
13	0,23	0,277	0,003	0,00001
14	0,22		0,057	0,00325
15	0,23		0,047	0,00221

Согласно формуле (3.13)

$$S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_0} (y_{i0} - \bar{y}_0)^2}{n_0 - 1} = 0,0027. \quad (4.2)$$

Дисперсии, характеризующие ошибки в определении коэффициента уравнения регрессии, составили:

$$S_{b_0}^2 = 0,0009; S_{b_i}^2 = 0,00034; S_{b_{ij}}^2 = 0,000675; S_{b_{ii}}^2 = 0,000883.$$

Тогда доверительные интервалы оценок коэффициентов при 5%-м уровне значимости, при числе степеней свободы $f_1 = 2$ и величине критерия Стьюдента $t_{0,05} = 4,303$ [102]:

$$\Delta b_0 = 0,0039; \Delta b_i = 0,0015; \Delta b_{ij} = 0,0029; \Delta b_{ii} = 0,0038.$$

Значимость коэффициентов проверяют, сравнивая абсолютную величину коэффициента с его доверительным интервалом: $|b_i| > \Delta b_i$. Таким образом, коэффициенты $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{11}, b_{22}, b_{33}$ являются статистически значимыми.

Полученное уравнение регрессии имеет вид

$$y = 0,227 + 0,028x_1 + 0,052x_2 - 0,015x_3 + 0,023x_1x_2 - 0,013x_1x_3 - 0,008x_2x_3 + 0,006x_1^2 + 0,018x_2^2 + 0,009x_3^2, \quad (4.3)$$

где факторы приведены в кодированной форме.

Раскодирование осуществлялось по формулам (3.18)...(3.22). После перехода к именованным величинам уравнение регрессии (4.3) приняло вид

$$Q_{o.m} = 4,738 - 0,11275d_{\pi} - 0,081d_{\text{вых.отв}} + 0,0166m + 0,00115d_{\pi}d_{\text{вых.отв}} - 0,000052d_{\pi}m - 0,00004d_{\text{вых.отв}}m + 0,00024d_{\pi}^2 + 0,001125d_{\text{вых.отв}}^2 + 0,0000036m^2 \quad (4.4)$$

Адекватность полученной модели проверялась по критерию Фишера (3.14). Для определения адекватности $S_{\text{ад}}^2$ находили сумму квадратов отклонений расчетных значений от экспериментальных во всех точках плана по уравнению (3.16) (таблица 4.4)

$$S_R = \sum (y_l - \bar{y}_l)^2 = 0,0384. \quad (4.5)$$

Расчетное значение критерия Фишера

$$F_{\text{расч}} = \frac{S_{\text{неад}}^2}{S_y^2} = \frac{0,01}{0,0027} = 3,7. \quad (4.6)$$

Таблица 4.4 – Вспомогательная таблица расчета экспериментального значения критерия Фишера

№ опыта	y_l	$\bar{y}_l$	$ y_l - \bar{y}_l $	$(y_l - \bar{y}_l)^2$
1	0,350	0,404	0,054	0,002916
2	0,196	0,244	0,048	0,002304
3	0,205	0,254	0,049	0,002401
4	0,250	0,302	0,052	0,002704
5	0,240	0,292	0,052	0,002704
6	0,218	0,266	0,048	0,002304
7	0,302	0,348	0,046	0,002116
8	0,206	0,262	0,056	0,003136
9	0,287	0,333	0,046	0,002116
10	0,204	0,259	0,055	0,003025
11	0,327	0,379	0,052	0,002704
12	0,197	0,245	0,048	0,002304
13	0,230	0,277	0,047	0,002209
14	0,220	0,277	0,057	0,003249
15	0,230	0,277	0,047	0,002209

Табличное значение критерия Фишера для числа степеней свободы числителя 3, знаменателя 2 и 5%-го уровня значимости составляет $F_{\text{табл}} = 19,2$ [102]. Следовательно, условие $F_{\text{расч}} < F_{\text{табл}}$ выполняется, и модель можно признать адекватной.

Для определения оптимальных значений изучаемых факторов необходимо составить систему дифференциальных уравнений, представляющих собой частные производные по каждому из трех факторов, и приравнять их к нулю. Система таких дифференциальных уравнений имеет вид

$$\begin{cases} \frac{dy_Q}{dx_1} = 0,012x_1 + 0,023x_2 - 0,013x_3 + 0,028 = 0; \\ \frac{dy_Q}{dx_2} = 0,023x_1 + 0,036x_2 - 0,008x_3 + 0,052 = 0; \\ \frac{dy_Q}{dx_3} = -0,013x_1 - 0,008x_2 + 0,018x_3 - 0,015 = 0. \end{cases} \quad (4.7)$$

Решая полученную систему уравнений (4.7) при помощи обратной матрицы и программы Mathcad, определим оптимальные значения факторов.

Оптимальные значения факторов после раскодирования приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Оптимальные значения факторов

Фактор	Значение фактора	
	кодированное	раскодированное
$d_{\text{п}}$ – диаметр поплавка, мм	$x_1 = -0,912$	$d_{\text{п}} = 70,44$
$d_{\text{вых. отв}}$ – диаметр выходного отверстия, мм	$x_2 = -0,905$	$d_{\text{вых. отв}} = 12,19$
m – масса поплавка, г	$x_3 = -0,204$	$m = 190$

В уравнение регрессии (4.3) подставляем оптимальное значение фактора (например x_1), кроме двух, и получаем зависимость исследуемой переменной от двух факторов (x_2, x_3) при определенном значении x_1 . Задавая разные значения

исследуемой зависимой переменной, получаем семейство кривых равного отклика, дающих наглядное представление о поверхности отклика.

Рассмотрим построение контурных кривых поверхности отклика при $x_1 = -0,912$. Данное значение подставим в уравнение (4.3), в результате чего получим следующее выражение:

$$Y = 0,21 + 0,031x_2 - 0,003x_3 - 0,008x_2x_3 + 0,018x_2^2 + 0,009x_3^2. \quad (4.8)$$

Аналогично при $x_2 = -0,905$

$$Y = 0,195 + 0,007x_1 - 0,008x_3 - 0,013x_1x_3 + 0,006x_1^2 + 0,009x_3^2. \quad (4.9)$$

Аналогично при $x_3 = -0,204$

$$Y = 0,23 + 0,031x_1 + 0,052x_2 + 0,023x_1x_2 + 0,006x_1^2 + 0,018x_2^2. \quad (4.10)$$

Полученные уравнения приводим к каноническому виду. На первом этапе канонического преобразования начало координат переносим в особую точку – центр фигуры.

Для определения координат центра S фигуры уравнение (4.8) дифференцируем по x_2 и x_3 . Полученные выражения приравняем к нулю:

$$\begin{cases} \frac{dY}{dx_2} = 0,031 + 0,036x_2 - 0,008x_3 = 0; \\ \frac{dY}{dx_3} = -0,003 - 0,008x_2 + 0,018x_3 = 0, \end{cases} \quad (4.11)$$

откуда получим $x_{2S} = -0,884$ и $x_{3S} = -0,226$.

Для определения координат центра S фигуры уравнение (4.9) дифференцируем по x_1 и x_3 . Полученные выражения приравняем к нулю:

$$\begin{cases} \frac{dY}{dx_1} = 0,007 + 0,012x_1 - 0,013x_3 = 0; \\ \frac{dY}{dx_3} = -0,008 - 0,013x_1 + 0,018x_3 = 0, \end{cases} \quad (4.12)$$

откуда получим $x_{1S} = -0,468$ и $x_{3S} = 0,106$.

Для определения координат центра S фигуры уравнение (4.10) дифференцируем по x_1 и x_2 полученные выражения приравняем к нулю:

$$\begin{cases} \frac{dY}{dx_1} = 0,031 + 0,012x_1 + 0,023x_2 = 0; \\ \frac{dY}{dx_2} = 0,052 + 0,023x_1 + 0,036x_2 = 0, \end{cases} \quad (4.13)$$

откуда получим $x_{1S} = -0,825$ и $x_{2S} = -0,918$.

Подставив в уравнение (4.8) вместо x_2 и x_3 координаты центра фигуры x_{2S} и x_{3S} , получим значение равномерности $Y_l = 0,19$ в центре поверхности отклика.

Подставив в уравнение (4.9) вместо x_1 и x_3 координаты центра фигуры x_{1S} и x_{3S} , получим значение равномерности $Y_l = 0,19$ в центре поверхности отклика.

Подставив в уравнение (4.10) вместо x_1 и x_2 координаты центра фигуры x_{1S} и x_{2S} , получим значение равномерности $Y_l = 0,19$ в центре поверхности отклика.

Определим угол поворота осей координат в точке S по формуле (3.25) (приложение Г):

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} 2\alpha &= \frac{b_{23}}{(b_{22} - b_{33})} \Rightarrow \alpha_1 = -30,69; \\ \operatorname{tg} 2\alpha &= \frac{b_{13}}{(b_{11} - b_{33})} \Rightarrow \alpha_2 = 36,987; \\ \operatorname{tg} 2\alpha &= \frac{b_{12}}{(b_{11} - b_{22})} \Rightarrow \alpha_3 = -21,546. \end{aligned} \quad (4.14)$$

Канонические коэффициенты согласно формуле (3.24):

$$\begin{cases} B_{22} = b_{22} \cos^2 \alpha + b_{23} \cos \alpha \sin \alpha + b_{33} \sin^2 \alpha = 0,01; \\ B_{33} = b_{22} \sin^2 \alpha - b_{23} \sin \alpha \cos \alpha + b_{33} \cos^2 \alpha = 0,017; \\ B_{11} = b_{11} \cos^2 \alpha + b_{13} \cos \alpha \sin \alpha + b_{33} \sin^2 \alpha = 0,013; \\ B_{33} = b_{11} \sin^2 \alpha - b_{13} \sin \alpha \cos \alpha + b_{33} \cos^2 \alpha = 0,001; \\ B_{11} = b_{11} \cos^2 \alpha + b_{12} \cos \alpha \sin \alpha + b_{22} \sin^2 \alpha = 0,017; \\ B_{22} = b_{11} \sin^2 \alpha - b_{12} \sin \alpha \cos \alpha + b_{22} \cos^2 \alpha = 0,007. \end{cases} \quad (4.15)$$

Канонические формы уравнения регрессии будут иметь вид

$$Y - 0,19 = 0,01X_2^2 + 0,017X_3^2; \quad (4.16)$$

$$Y - 0,19 = 0,013X_1^2 + 0,001X_3^2; \quad (4.17)$$

$$Y - 0,19 = 0,017X_1^2 + 0,007X_2^2. \quad (4.18)$$

Данные выражения (4.16), (4.17), (4.18) представляют собой уравнения эллипса, так как оба коэффициента при неизвестных членах имеют одинаковые знаки. Подставляя в эти уравнения различные значения критерия оптимизации, получим уравнения контурных кривых эллипсов, по которым строились двумерные сечения поверхности откликов (рисунки 4.3, 4.4, 4.5).

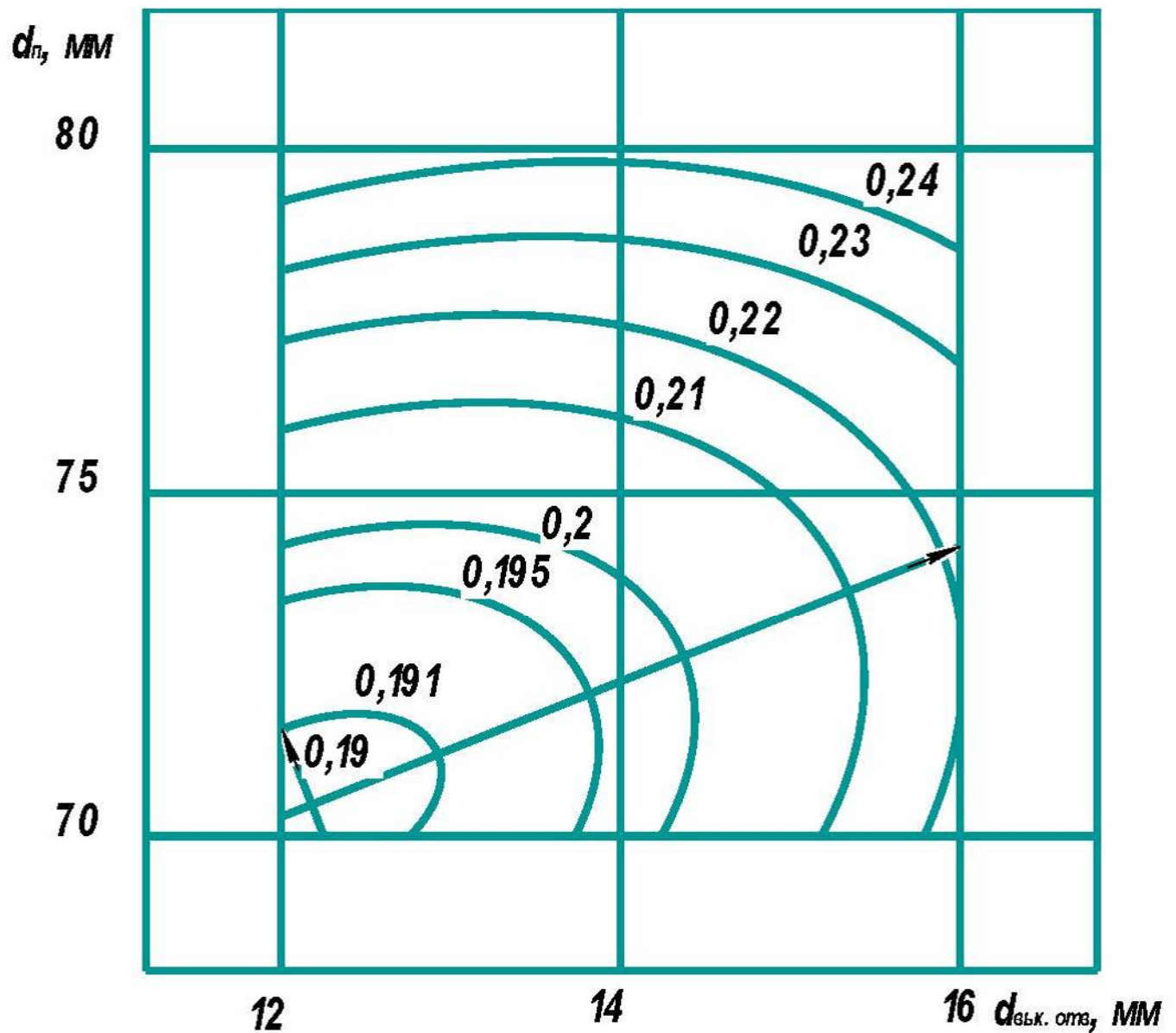


Рисунок 4.3 – Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее количество остаточного молока $Q_{o.m}$ в зависимости от диаметра поплавка d_n (X_1) и диаметра выходного отверстия $d_{вых. отв}$ (X_2) при массе поплавка $m = 190$ г

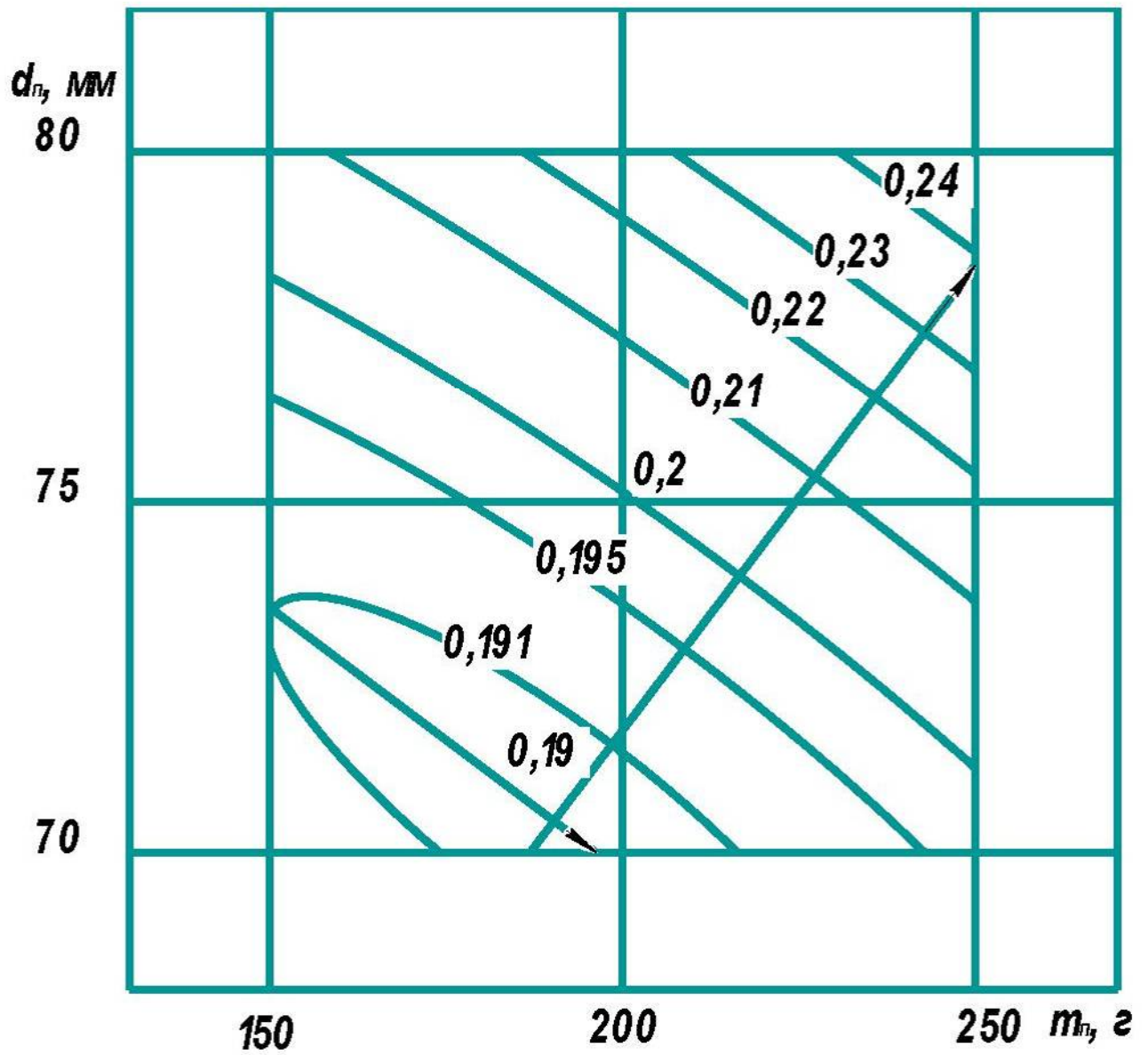


Рисунок 4.4 – Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее количество остаточного молока $Q_{o.m}$ в зависимости от диаметра поплавка d_n (X_1) и массы поплавка m (X_3) при диаметре выходного отверстия $d_{вых.отв} = 12,19$

мм

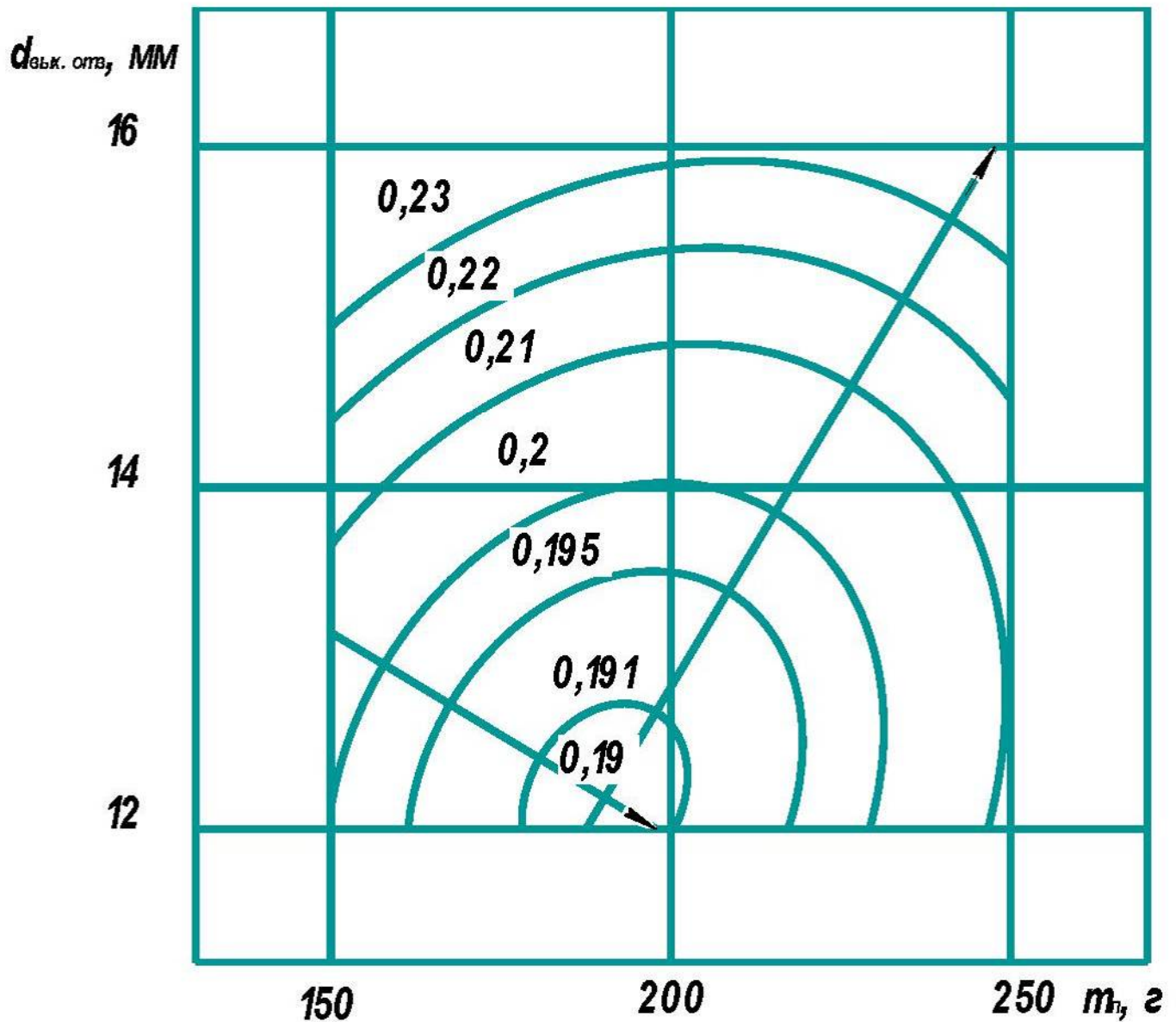


Рисунок 4.5 – Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее количество остаточного молока $Q_{o.m}$ в зависимости от диаметра выходного отверстия $d_{\text{вых. отв}}$ (X_2) и массы поплавка m (X_3) при диаметре поплавка $d_{\pi} = 70,44$ мм

Условным оптимумом функции является особая точка – центр поверхности отклика. Данная точка дает наглядное представление о наиболее благоприятном сочетании факторов исследуемого процесса. Из центра проводят координатные оси главных направлений канонического уравнения.

Графический анализ поверхностей откликов позволяет для каждого конкретного случая определить оптимальные значения $Q_{o.m}$ остаточного молока в зависимости от диаметра поплавка $d_{п}$, диаметра выходного отверстия $d_{вых.отв}$ и массы поплавка m .

Выводы по главе

1. На основании результатов предварительных экспериментальных исследований были выбраны основные переменные факторы:

- диаметра поплавка $d_{п}$;
- диаметра выходного отверстия $d_{вых.отв}$;
- масса поплавка m .

Данные факторы влияют на параметр оптимизации – получаемую величину остаточного молока в вымени животного $Q_{o.m}$ (таблица 4.1). Для получения математической модели процесса в виде полинома второй степени была составлена матрица планирования эксперимента (таблица 4.2).

2. На основании результатов проведенных экспериментов были получены уравнения регрессии в кодированном (4.3) и раскодированном (4.4) видах, которые адекватно описывают выбранный критерий оптимизации – $Q_{o.m}$.

3. Проведенный анализ полученного уравнения (4.3) позволил выявить оптимальные конструкционно-режимные параметры устройства (таблица 4.5), при которых:

- диаметра поплавка $d_{п}=70,44$ мм;
- диаметра выходного отверстия $d_{вых.отв}=12,19$ мм;
- масса поплавка $m=190$ г

4. На основании полученных уравнений контурных кривых эллипсов были построены двумерные сечения поверхностей откликов оптимальных значений конструкционно-режимных параметров устройства, характеризующие:

- количество остаточного молока $Q_{o.m}$ в зависимости от диаметра поплавка $d_n (X_1)$ и диаметра выходного отверстия $d_{\text{вых. отв}} (X_2)$ при массе поплавка $m = 190$ г (рисунок 4.3);

- количество остаточного молока $Q_{o.m}$ в зависимости от диаметра поплавка $d_n (X_1)$ и массы поплавка $m (X_3)$ при диаметре выходного отверстия $d_{\text{вых. отв}} = 12,19$ мм (рисунок 4.4);

- количество остаточного молока $Q_{o.m}$ в зависимости от диаметра выходного отверстия $d_{\text{вых. отв}} (X_2)$ и массы поплавка $m (X_3)$ при диаметре поплавка $d_n = 70,44$ мм (рисунок 4.5).

ГЛАВА 5 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА ПЕРЕНОСНОГО ДОИЛЬНОГО АППАРАТА С РЕГУЛЯТОРОМ ВАКУУМА, ВНЕДРЕНИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

5.1 Производственная проверка и внедрение результатов исследований

В целях проверки выполненных теоретических и лабораторных исследований макетный образец переносного доильного аппарата с регулятором вакуума (рисунок 5.1) был установлен на молочнотоварной ферме СХА «Михайловское» Марковского района Саратовской области с 15 августа 2011 г. по 20 августа 2011 г. и на молочнотоварной ферме СХА «Звезда» Балашовского района Саратовской области с 3 сентября 2012 г. по 3 октября 2012 г., где была проведена производственная проверка (приложения Б, В).

Техническая характеристика (таблица 5.1) разработана на основании выполненных исследований переносного доильного аппарата с регулятором вакуума (рисунок 5.1).

Таблица 5.1. – Техническая характеристика предложенного доильного аппарата с регулятором вакуума

Наименование показателя	Числовое значение
Масса подвесной части аппарата, кг	
с регулятором вакуума	2,6
без регулятора вакуума	2,6
Вакуумметрическое давление, кПа:	
в начале доения	24...28
при максимальной молокоотдаче	49...54
при минимальной молокоотдаче	28...35
в конце доения	24
Число пульсаций в минуту	68..76
Зависимость соотношения длительности тактов от продолжительности пульса, %	
сосание	68...73
сжатие	27...32
Обслуживающий персонал, чел.	1

Режимы работы переносного доильного аппарата с регулятором вакуума были рассчитаны и выбраны в соответствии с выполненными исследованиями [143].

Производственные испытания переносного доильного аппарата с регулятором вакуума проводились в соответствии с рекомендациями [121, 125, 127, 165].



Рисунок 5.1 – Доильный аппарат с регулятором вакуума на молочнотоварной ферме СХА «Звезда» Балашовского района Саратовской области

Производственная проверка проводилась в коровнике, оборудованном доильной установкой АДМ-8, с переносными доильными аппаратами типа АДУ-1.

Доильный аппарат обслуживал 10 коров различного периода лактации, находившихся в одном ряду. Кратность доения два раза в день.

Технологический процесс доения коров происходил следующим образом. Перед надеванием доильных стаканов на вымя животного проводились

подготовительные операции: подмывание вымени теплой водой; сдаивание первых струек молока; массаж и надевание доильных стаканов на соски коровы.



Рисунок 5.2 – Переносной доильный аппарат с регулятором вакуума на молочнотоварной ферме СХА «Михайловское» Марковского района Саратовской области

Затем проводилась основная операция – доение, с автоматическим додаиванием и снятием доильных стаканов.

В процессе доения с регулятором вакуума происходило следующее. При подключении аппарата к линии номинального вакуума 54 кПа вакуум распространяется в доильное ведро, регулятор вакуума и пульсатор. При попадании вакуума в камеру постоянного вакуума пульсатора клапан пульсатора опускается, вакуум переходит в камеру переменного вакуума пульсатора и далее по вакуумному шлангу в межстенную камеру доильных стаканов. В то же время вакуум через доильное ведро и штуцер прохода вакуума регулятора вакуума, через штуцер входа молока проникает в коллектор и далее в подсосковую камеру доильных стаканов. Так как в регуляторе вакуума отсутствует молоко, то поплавков находится в крайнем нижнем положении, перекрывая золотник регулирования потока молока и открыв максимально золотник впуска воздуха. При этом в регулятор вакуума

попадает атмосферное давление, которое снижает величину вакуума в подсосковой камере доильных стаканов до минимальной величины 28 кПа. В процессе доения молоко попадает через штуцер входа молока в корпус регулятора вакуума и поднимает поплавков, тем самым регулируя величину открытия золотника потока молока и закрытия золотника впуска воздуха. Количество воздуха, попадающего в регулятор вакуума, прямо пропорционально положению поплавка в корпусе, а его положение зависит от количества молока, проходящего через регулятор вакуума. В связи с этим при увеличении молокоотдачи поплавков поднимается, при этом нижней иглой регулирует отверстие выхода молока, а верхней иглой – проходное сечение для попадания атмосферного воздуха, изменяя вакуумметрическое давление от 28 кПа в начале доения до 54 кПа при максимальной молокоотдаче. При снижении молокоотдачи поплавков опускается вниз, тем самым увеличивая калиброванный канал для поступления атмосферного воздуха и снижая вакуумметрическое давление в подсосковой камере доильных стаканов. Величина вакуума снижается от 54 кПа до 28 кПа в соответствии с молокоотдачей.

За счет предлагаемого устройства регулируется величина вакуумметрического давления в подсосковой камере доильных стаканов в соответствии с молокоотдачей животного. Данное устройство обеспечивает регулируемый вакуумметрический режим доения коров, в связи с чем уменьшается негативное влияние доильного аппарата в процессе доения, особенно при «сухом» доении. Уменьшается вероятность заболевания вымени коров, из-за щадящего воздействия вакуума на соски вымени животного в предлагаемом доильном аппарате.

Для обеспечения сравнимых результатов опытов в коровнике выбирались пары животных, имеющих одинаковую продуктивность и период лактации. Проводилась сравнительная оценка количества получаемого молока при доении аппаратом АДУ-1 и тестируемым переносным доильным аппаратом с регулятором вакуума.

Результаты производственных испытаний переносного доильного аппарата с регулятором вакуума по качественным показателям, приведенные в таблице 5.2, показывают, что полнота выдаивания животных тестируемым устройством выгодно отличает его от применяемых на ферме доильных аппаратов АДУ-1. Сходимость данных результатов проверялась по *t*-критерию Стьюдента. Сравнивая полученные значения *t*-критерия Стьюдента с критическим значением 2,002 [102], делаем вывод о том, что рассчитанные значения критерия больше критического, и наблюдаемые различия статистически значимы (уровень значимости $p < 0,05$).

Таблица 5.2 – Результаты производственных испытаний доильных аппаратов

Показатель	Доильный аппарат		<i>t</i> -критерий Стьюдента
	АДУ-1	предлагаемая конструкция	
Суточный удой, кг	9,27±1,23	9,65±1,23	2,15
Жирность молока, %	3,49±0,22	3,58±0,31	2,21
Время доения, мин	6,42±0,82	6,18±0,89	2,05
Остаточное молоко, кг	0,38±0,15	0,19±0,10	2,43
Скорость молокоотдачи, кг/мин	0,74±0,12	0,84±0,10	5,44

В процессе производственной проверки не наблюдалось беспокойства животных, доильный аппарат поддерживал физиологически необходимый уровень молокоотдачи и вследствие снижения вакуумметрического давления в конце доения не вызывал негативного воздействия на соски коровы при передержке доильных стаканов по окончании доения.

В процессе испытания переносного доильного аппарата с регулятором вакуума в производственных условиях не было отмечено ни одного случая отказа его узлов или поломки деталей.

Исследования по определению зависимости изменения разового удоя от времени доения проводились на той же экспериментальной установке, что и в предыдущем случае.

Опыты проводились на коровах с продуктивностью, соответствующей показателям, которые представлены в приложении. Опыты проводились в

коровнике на 100 голов, в условиях привязного содержания, на животных с суточной продуктивностью в пределах $9,65 \pm 1,23$ кг.

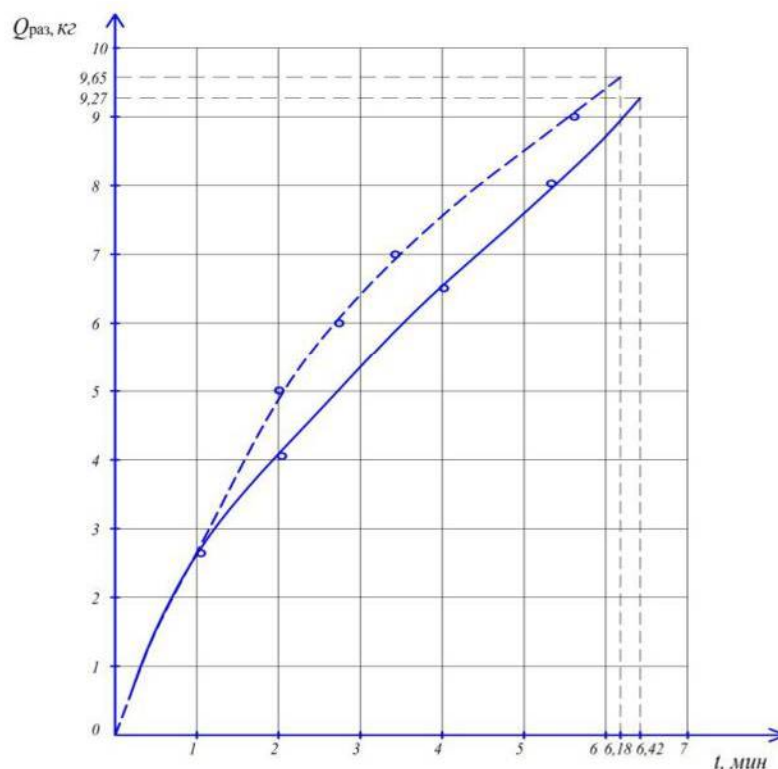


Рисунок 5.3 – Изменение разового удоя от времени доения:

— — — — — экспериментальным доильным аппаратом;

— — — — — доильным аппаратом АДУ-1.

Анализ полученных данных, представленных на рисунке 5.3, показывает, что изменение разового удоя в зависимости от времени доения на экспериментальной установке выше, чем у доильного аппарата АДУ-1. Связано это, прежде всего, с тем, что обоснованный разовый удой основывается на увеличении скорости доения и уменьшении времени доения, однако практические исследования показывают, что уменьшать скорость доения невозможно до бесконечности, в связи с конструкционными особенностями доильных аппаратов.

Исследования по оценке влияния вакуумметрического давления на количество остаточного молока проводились с целью определения технологической надежности доильного аппарата и эффективности процесса доения.

Изменение вакуумметрического давления в подсосковых камерах доильных стаканов в зависимости от времени доения и молокоотдачи показывает, что предлагаемый доильный аппарат выгодно отличается от сравниваемого доильного аппарата АДУ-1 тем, что подстраивается к изменению молокоотдачи. При увеличении молокоотдачи предлагаемый доильный аппарат увеличивает вакуумметрическое давление в подсосковых камерах доильных стаканов, за счет чего уменьшается время доения, ослабевает негативное воздействие на молочную железу животного.

Рассмотрим рисунок 5.4. Анализ изменения количества получаемого молока в зависимости от времени доения говорит о том, что количество получаемого молока напрямую не зависит от времени доения. Это объясняется физиологическими требованиями организма животного, так как гормон окситоцин, вызывающий припуск молока, работает в течение пяти минут, после чего он разрушается и молокоотдача прекращается. Этот фактор необходимо учитывать при доении коров, что и делает предлагаемый доильный аппарат.

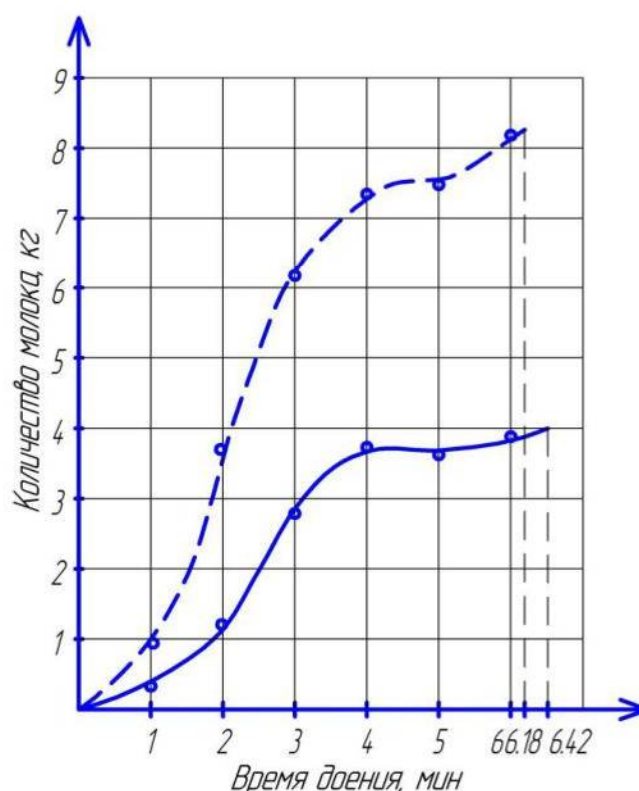


Рисунок 5.4 – Зависимость количества получаемого молока от времени доения

- количество молока, выдоенное экспериментальным доильным аппаратом;
- количество молока, выдоенное доильным аппаратом АДУ-1

По результатам производственных испытаний и контрольных наблюдений за работой переносного доильного аппарата с регулятором вакуума комиссия признала конструкцию предложенного доильного аппарата перспективной и пришла к выводу о целесообразности его дальнейшей эксплуатации в технологическом процессе доения коров (см. приложение Б, В).

5.2 Экономическая оценка результатов исследований

В основу оценки эффективности использования исследуемого переносного доильного аппарата с регулятором вакуума при доении коров положены методы определения экономических показателей согласно зоотехническим требованиям и по общепринятым методикам [7, 18, 103, 104, 112].

Базой для сравнения разработанного переносного доильного аппарата с регулятором вакуума был принят наиболее распространенный на молочнотоварных фермах серийно выпускаемый доильный аппарат АДУ-1.

Для сравнения технико-экономических показателей и проведения расчетов брались существующие методики обоснования экономической эффективности.

Для нашего случая в качестве критериев оптимизации доильного аппарата были выбраны полученные показатели снижения затрат ручного труда и увеличения количества молока за счет физиологичности процесса доения.

Исходные данные для расчета экономической эффективности приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Исходные данные для расчета экономической эффективности предложенного доильного аппарата

№ п/п	Показатели	Базовый АДУ-1 (серийный)	Новый (предлагаемый)
1	2	3	4
1	Масса, кг	2,6	2,65
2	Прейскурантная цена, руб.	2400	2550
3	Производительность, гол./ч	8	8
4	Обслуживающий персонал, чел.	1	1

Продолжение таблицы 5.3.

1	2	3	4
5	Кратность доения	3	3
6	Часовая тарифная ставка, руб.	60	60
7	Суточная продуктивность, кг	8,04	8,15
8	Мощность двигателя, кВт	3	3
9	Амортизационные отчисления, %	18,0	18,0
10	Отчисления на ремонт и техническое обслуживание, %	14,2	14,2
11	Стоимость электроэнергии, руб.	3,2	3,2
12	Время доения, с	343,7	322,2
13	Годовая загрузка, дн.	365	365
14	Годовой объем работ на 1 корову, чел.час/год	4324	4696

5.2.1 Расчет показателей экономической эффективности за счет снижения затрат ручного труда

Расчет показателей экономической эффективности от снижения затрат ручного труда для предлагаемого доильного аппарата можно произвести по формуле

$$\mathcal{E}_a = (Z_6 - Z_n)G_n - [(C_6 + H_k K_6) - (C_n + H_k K_n)]G_n \quad (5.1.)$$

где Z_6 , Z_n – приведенные затраты на дойку одной коровы доильным аппаратом

АДУ-1 и экспериментальным образцом, руб.;

C_6 , C_n – себестоимость дойки одной коровы, проводимой базовым и экспериментальным доильным аппаратом, руб.;

K_6 , K_n – коэффициенты удельных капитальных вложения при доении базовым и экспериментальным доильным аппаратом;

G_n – годовой объем работы на один экспериментальный доильный аппарат, шт.;

$\mathcal{E}_a$ – годовой экономический эффект на один аппарат за счет снижения ручных затрат, руб.;

H_k – коэффициент капитальных вложений (нормативный), принимаем $H_k = 0,15$.

Себестоимость дойки одной коровы, проводимой базовым и

экспериментальным доильным аппаратом, C_6 и C_n определяется по формулам

$$C_6 = t_{p.01} B_q; C_n = t_{p.02} B_q, \quad (5.2)$$

где $t_{p.01}$, $t_{p.02}$ – время ручных операций, затрачиваемых при доении базовым и экспериментальным доильным аппаратом, ч.;

B_q – тарифная ставка, руб./ч.;

K_6 и K_n определяются как

$$K_6 = \frac{Z_6}{G_n}, K_n = \frac{Z_n}{G_n}, \quad (5.3)$$

где Z_6 – оптовая цена базового аппарата, руб.;

Z_n – лимитная цена нового аппарата, руб.

5.2.2 Лимитная цена экспериментального доильного аппарата

Расчет стоимости экспериментального доильного аппарата проводится по формуле

$$Z_n = \frac{1,1 \cdot Z_6 \alpha + (l_6 \beta - l_n) G_n P_n}{1,1(1 + a_n P_n)}, \quad (5.4)$$

где α – коэффициент, учитывающий использование экспериментального доильного аппарата при годовом объеме доек G_n ;

l_6 – удельные эксплуатационные затраты по базовому доильному аппарату;

l_n – удельные эксплуатационные затраты по экспериментальному доильному аппарату без отчислений на амортизацию;

β – коэффициент снижения издержек, $\beta = 0,8$;

P_n – коэффициент эффективности капитальных вложений (нормативный),

$P_n = 0,125$;

a_n – коэффициент амортизационных отчислений, $a_n = 0,14$.

Удельные эксплуатационные затраты l_6 определяются как отношение годовых эксплуатационных затрат I_6 и годового объема работы G_n :

$$l_6 = \frac{I_6}{G_n}, \text{ или } l_6 = \frac{B_6 + A_6}{G_n}, \quad (5.5)$$

где B_6 – основная и дополнительная зарплата, руб.;

A_6 – отчисления на амортизацию и ремонт, руб.

Амортизационные отчисления определяют из выражения

$$A_{\delta} = a_n(z_{\delta} + R_t), \quad (5.6)$$

где R_t – торговые и транспортные расходы, руб.

Основную и дополнительную заработную плату B_{δ} определяют по формуле

$$B_{\delta} = 1,18t_{p.o.}B_{\text{ч}}G_n. \quad (5.7)$$

Удельные эксплуатационные затраты по экспериментальному доильному аппарату l_n рассчитывают по формуле

$$l_n = \frac{I_n}{G_n} = \frac{B_n}{G_n}, \quad (5.8)$$

где $B_n = 1,18t_{p.o.}B_{\text{ч}}G_n$,

Экономия приведенных затрат $\Theta_{п.з}$ определяют по формуле

$$\Theta_{п.з} = (I + E_n K_{уд}), \quad (5.9)$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, равный 0,15 [104];

$K_{уд}$ – капиталовложения на единицу продукции, руб./корова.

5.2.3 Повышение экономической эффективности доильного аппарата в зависимости от количества остаточного молока

Годовой экономический эффект на 1 ц произведенного молока, Θ'_n , руб./ц, за счет применения экспериментального доильного аппарата в связи с повышением продуктивности животных рассчитывается по формуле

$$\Theta'_n = \frac{\Theta_n}{Q_n} = \frac{[П_1 - (I_{\delta} + E_n K_1)] - [П_2 - (I_n + E_n K_2)]}{Q_n}, \quad (5.10)$$

где $П_1, П_2$ – себестоимость молока при доении АДУ-1 и экспериментальным доильным аппаратом, в сопоставимых ценах, руб.;

Θ_n – годовой экономический эффект от повышения продуктивности животных, обслуживаемых одним аппаратом, руб.;

Q_n – количество молока, полученного за год от коров, обслуживаемых одним экспериментальным доильным аппаратом, ц.

$$\Pi_1 = q_6 M \Pi_m; \quad \Pi_1 = q_n M \Pi_m, \quad (5.11)$$

где K_1, K_2 – капитальные вложения при доении АДУ-1 и экспериментальным доильным аппаратом, в сопоставимых ценах, руб;

q_6, q_n – годовая продуктивность животных при доении АДУ-1 и экспериментальным доильным аппаратом;

I_6, I_n – годовые эксплуатационные затраты, руб.;

M – число коров обслуживаемых одним доильным аппаратом, шт.;

M_m – закупочная цена 1 ц молока, руб.;

E_n – нормативный коэффициент эффективности.

5.2.4 Расчет экономической эффективности доильного аппарата с автоматическим регулированием вакуумметрического давления

Экономическая эффективность предлагаемого доильного аппарата вычисляется по затратам, необходимым для реализации процесса доения.

В эти затраты включаются затраты на оплату электроэнергии, оплату труда, ремонт и техническое обслуживание, амортизацию.

Для расчета экономического эффекта использовались данные таблицы 5.3.

Результаты расчетов экономической эффективности экспериментального доильного аппарата приведены в таблице 5.4.

Анализ показателей таблицы 5.4 говорит о том, что за счет применения новой конструкции доильного аппарата обеспечивается экономический эффект по приведенным затратам более 13 тыс. руб.

В расчете на одну первотелку эта сумма составляет 79,54 рубля.

Годовой экономический эффект предлагаемого доильного аппарата с учетом приведенных затрат и полноты выдаивания составляет 388509,57 руб., а на одну голову – 1942,6 руб.

Таблица 5.4 – Экономическая эффективность доильного аппарата

Показатели	Един. измер.	АДУ-1	Экспериментальный доильный агрегат
Капитальные вложения	руб.	28350	32400
Эксплуатационные расходы:			
амортизац. отчисления		4183,2	4780,8
расходы на текущий ремонт	руб.	7578,4	4089,6
и технику			
электроэнергия		60399,4	58141,4
Приведенные затраты	руб.	76413,5	71871,8
Годовой экономический эффект по приведенным затратам в расчете на одну корову	руб.		79,54
Годовой экономический эффект с учетом роста молочной продуктивности в расчете на одну корову	руб.		1942,6
Срок окупаемости	лет		2,28

Таким образом, внедряемый доильный аппарат обладает довольно высокими эксплуатационными и экономическими показателями. Внедрение доильного аппарата с управляемым режимом доения (см. приложение Б, В) позволило получить экономический эффект свыше 1,9 тыс. руб. в год.

Выводы по главе

1. Производственная проверка предлагаемого переносного доильного аппарата с регулятором вакуума, проведенная на молочнотоварной ферме СХА «Звезда» Балашовского района Саратовской области с 3 сентября 2012 г. по 10 октября 2012 г. и на молочнотоварной ферме СХА (колхоза) «Михайловское» Марковского района Саратовской области с 10 октября 2011 г. по 10 ноября 2011 г., показала, что машина работоспособна, при этом качественные показатели (скорость доения, полнота выдаивания, количество остаточного молока) находятся в пределах зоотехнической нормы и значительно превосходят показатели серийно выпускаемого доильного аппарата АДУ-1.

2. Проведена оценка результатов исследований через сводные показатели технико-экономической эффективности внедрения разработанной конструкции переносного доильного аппарата с регулятором вакуума. Годовой экономический эффект от внедрения одного переносного доильного аппарата с регулятором вакуума в сравнении с однотипным серийно выпускаемым доильным аппаратом АДУ-1 по приведенным затратам в расчете на одну корову составляет 79,54 руб.

3. Годовой экономический эффект с учетом роста молочной продуктивности в расчете на одну корову 1942,6 руб.

4. Срок окупаемости переносного доильного аппарата с регулятором вакуума составляет 2,28 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенный анализ доильных аппаратов и разработанная их классификация позволили выявить перспективное направление в создании переносного доильного аппарата с регулятором вакуума, теоретически обосновать конструкционно-режимные параметры опытного образца, которые подтверждены теоретическими и экспериментальными результатами, производственной проверкой и расчетом технико-экономической эффективности.

2. На основе анализа литературных источников и существующих конструкций доильных аппаратов была разработана их классификация, определено перспективное направление в конструировании, и обоснованы параметры переносного доильного аппарата.

3. Разработана и обоснована конструкционно-технологическая схема переносного доильного аппарата со сбором молока в доильное ведро, с режимом доения, регулируемым в соответствии с молокоотдачей животного (патент РФ 130787 А 01 J 7/00).

4. Теоретический анализ предлагаемого переносного доильного аппарата с регулятором вакуума позволил получить аналитические выражения для определения высоты подъема поплавка (2.6), расхода молока через выходное отверстие (2.9), времени поднятия поплавка (2.12), диаметра выходного отверстия регулятора вакуума (2.15), массы поплавка регулятора вакуума (2.17).

5. Экспериментально определены оптимальные конструкционно-режимные параметры переносного доильного аппарата с регулятором вакуума при остаточном молоке в вымени 190 г: диаметр поплавка $d_{\text{п}} = 70,44$ мм; масса поплавка $m = 190$ г; диаметр выходного отверстия $d_{\text{вых.отв}} = 12,19$ мм.

6. Производственные испытания предлагаемого доильного аппарата с регулятором вакуума показали, что устройство работоспособно, при этом качественные показатели (скорость доения, полнота выдаивания, количество остаточного молока) находятся в пределах зоотехнической нормы и значительно превосходят качественные показатели серийно выпускаемого доильного аппарата

АДУ-1. Проведена оценка результатов исследований через сводные показатели технико-экономической эффективности от внедрения разработанной конструкции доильного аппарата с регулятором вакуума. Годовой экономический эффект от внедрения одного переносного доильного аппарата с регулятором вакуума в сравнении с однотипным серийно выпускаемым доильным аппаратом АДУ-1 по приведенным затратам в расчете на одну корову составляет 79,54 руб.; годовой экономический эффект с учетом роста молочной продуктивности в расчете на одну корову – 1942,6 руб.; срок окупаемости 2,28 года.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Полученные результаты могут быть использованы проектными и конструкторскими организациями на стадии проектирования новых доильных аппаратов, в учебном процессе – студентами, аспирантами и научными сотрудниками.

ПЕРСПЕКТИВА ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Совершенствование технологий и средств механизации доения с регулируемым вакуумом в зависимости от молокоотдачи коров, позволяющие повысить их продуктивность, жирность молока и снизить заболевание маститом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю. П. Адлер. – М. : Наука, 1976.–279 с.
- 2 Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Программированное введение в планирование эксперимента [Текст] / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1971.–283 с.
- 3 Акимов, Н. С. Классификация доильных аппаратов [Текст] / Н. С. Акимов, А. В. Продивлянов // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию со дня рождения профессора А. Г. Рыбалко, Саратовский ГАУ, 11–12 июля 2006, Саратов, 2006. – Часть IV.
- 4 Аксенов, А. В. Разработка стимулирующего доильного аппарата, обоснование его рабочих параметров и методики испытаний [Текст] : дис.... канд. техн. наук / Аксенов А. В. – Оренбург, 1988.–134 с.
- 5 Андриюшенко, А. И. Основы технической термодинамики реальных процессов [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. И. Андриюшенко. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1975.–264 с., ил.
- 6 Анисько, П. Е. Физиологическое обоснование переменного режима машинного доения коров при автоматическом регулировании вакуума [Текст] : автореф. дис....канд. биол. наук / Анисько П. Е. ; Белорус. НРШ животноводства. – Жодино, 1988.–22 с.
- 7 Антомкевич, В. С. Экономическое обоснование новой сельскохозяйственной техники [Текст] / В. С. Антомкевич. – М. : Экономика, 1971.–216 с.
- 8 Асташонок, Л. Г. Мастеру машинного доения [Текст] / Л. Г. Асташонок, А. Г. Макогонюк, М. В. Чернецкий. – Мн. : Урожай, 1976.–112 с., ил.
- 9 Бахчевников, О. Н. Характеристики и параметры вакуумных пульсаторов для стойловых доильных автоматов [Текст] : дис....канд. техн. наук. – Ростов н/Д, 2014. –176 с.
- 10 Белянчиков, Н. Н. Автоматическое регулирование процесса доения [Текст] / Н. Н. Белянчиков // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства.– 1965.–№ 1.
- 11 Богдан, И. Д. Исследование вакуумного режима доильных установок [Текст] / И. Д. Богдан, Т. З. Богдан // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства.– 1966.–№ 10.
- 12 Вальдман, Э. К. Физиология машинного доения коров [Текст] / Э. К. Вальдман.– Л. : Колос. Ленингр. отд-ние, 1977.–191 с., ил.
- 13 Веденяпин, Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных [Текст] / Г. В. Веденяпин. – М. : Колос, 1967.–159 с.

- 14 Велиток, И. Г. Молокоотдача при машинном доении коров [Текст] / И. Г. Велиток. – М. : Моск. рабочий, 1986.–140 с.
- 15 Веприцкий, А. С. Основы теории машинного доения [Текст] / А. С. Веприцкий // Проектирование рабочих органов машин для животноводческих хозяйств (теория и расчет). – Ростов н/Д, 1969.
- 16 Версаль, В. А. Устройство автоматического изменения режимов работы доильного аппарата [Текст] / В. А. Версаль, В. П. Савров // Механизация и электрификация сельского хозяйства.–1992.–№ 7/8.–С.16–18.
- 17 Винников, И. К. Совершенствование технологий и создание системы технических средств для комплексной механизации доения и мониторинга молочного стада [Текст] : дис...д-ра техн. наук / Винников И. К. – Зерноград, 2000.–421 с.
- 18 Власов, Н. С. Методика экономической оценки сельскохозяйственной техники [Текст] / Н. С. Власов. – М. : Колос, 1968.–128 с.
- 19 Всяких, А. С. Технология молочного скотоводства на промышленной основе [Текст] / А. С. Всяких, Е. И. Ткаченко. – Изд. 2-е. – М. : Россельхозиздат, 1978.–302 с.
- 20 Гарькавый, Ф. Л. Селекция коров и машинное доение [Текст] / Ф. Л. Гарькавый. – М. : Колос, 1974.–160 с.
- 21 Гидравлика. Общий курс [Текст] : учебник для вузов. – Киев : Высшая шк. Головное изд-во, 1989.–215 с. : ил.
- 22 Голиков, А. Н. Физиология сельскохозяйственных животных [Текст] / А. Н. Голиков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1991.–432 с.
- 23 Гордиевских, М. Л. Повышение эффективности машинного доения коров путем совершенствования технологического процесса и технических средств учета текущих физиологических потребностей животных [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук / Гордиевских М. Л. – Челябинск, 2006.–434 с.
- 24 Гордиевских, М. Л. Технологическое обоснование эффективности применения устройства начала и окончания доения коров [Текст] / М. Л. Гордиевских // Комплексная механизация процессов в животноводстве Северного Казахстана : сб. науч. тр. – Алма-Ата, 1985.– С. 9–15.
- 25 Горм, С. Я. Автоматическое регулирование соотношения тактов доильных аппаратов [Текст] / С. Я. Горм // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1966.–№ 6.–С. 9.
- 26 Горм, С. Я. Рациональные принципы совершенствования доильных машин [Текст] / С. Я. Горм // Материалы IV Всесоюзного симпозиума по физиологическим основам машинного доения : тез. докл. – Алма-Ата, 1975.– С. 36–40.

- 27 Гордецкая, Т. К. О влиянии вакуума на ткани молочной железы коров. Физиологические основы машинного доения [Текст] / Т. К. Гордецкая // Материалы III Всесоюзного симпозиума по физиологическим основам машинного доения : тез. докл. – Боровск, 1972.–С. 74–75.
- 28 Гордецкая, Т. К. О причинах нарушения рефлекса выведения молока и самозапуска коров [Текст] / Т. К. Гордецкая // Современные достижения физиологии и биохимии лактации. – Л. : Наука, 1981.–С. 74–75.
- 29 Гордецкая, Т. К. Влияние автоматизации доения на заболевание вымени коров [Текст] / Т. К. Гордецкая, Ф. Ф. Юлдашев // IX Междунар. симпозиум по машинному доению сельскохозяйственных животных : Тез. докл. – Оренбург, 1997.–183 с.
- 30 Грачев, И. И. Физиология лактации сельскохозяйственных животных [Текст] / И. И. Грачев, В. П. Галанцев. – М. : Колос, 1974.–279 с.
- 31 Гриневич, И. И. Доильный аппарат с укороченным тактом сосания передних долей вымени [Текст] / И. И. Гриневич, Г. Г. Палкин // Проблемы интенсификации производства молока : тез. науч.-произв. конф. – Мн., 1991.–Ч.2.–С. 132–133.
- 32 Гуменюк, И. Г. Влияние ритма доильной машины на молокоотдачу [Текст] / И. Г. Гуменюк, С. П. Васина // Тр. Пензенского с.-х. ин-та. –1958.–Вып. 2.–С. 325–339.
- 33 Гутер, Р. С. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта [Текст] / Р. С. Гутер, В. В. Овчинский. – М. : Наука, 1970.
- 34 Давыдов, С. Г. Реакция коровы на доильный процесс и продуктивность [Текст] / С. Г. Давыдов, Н. Р. Иголкина // Тр. Пензенского СХИ. – Л., 1939.–Т. 9.
- 35 Данилова, Н. А. Доильный аппарат с переключателями отдельных доильных стаканов с оптимального на минимальный вакуум для коров, у которых четверти вымени выдаиваются не одновременно [Текст] / Н. А. Данилов, К. К. Андрианов // Вопросы механизации животноводства в Западной Сибири. – Омск, 1983.–С. 43–48.
- 36 Двухтактный доильный аппарат [Текст] : А. с. 869708 СССР : МКИ А 01 J 5/02 / В. О. Чернышев, Л. С. Лившиц, М. И. Полуянов, И. А. Ромашкевич (СССР). – Заявл. 03.03.80 ; опубл. 07.10.81, Бюл. № 37.
- 37 Доильная машина [Текст] : А. с. 120984 СССР : МКИ А 01 J 5/04 / И. Н. Белянчиков (СССР). – Заявл. 15.05.58 ; опубл. 15.09.58, Бюл. № 13.
- 38 Доильная машина со стабильным числом пульсации [Текст] : А. с. 121311 СССР : МЕСИ А 01 J 5/04 / В. Ф. Королев (СССР). – Заявл. 20.10.58 ; опубл. 20.10.59, Бюл. № 14.

- 39 Доильный аппарат [Текст] : А. с. 986357 СССР : МКИ А 01 J 5/02 / А. М. Андрианов, В. И. Решков (СССР). – Заявл. 06.05.81 ; опубл. 07.01.83, Бюл. № 1.
- 40 Доильный аппарат [Текст] : А. с. 581909 СССР : МКИ А 01 J 5/00 / Т. М. Асаов, Н. П. Белянчиков, Р. Т. Халилов, З. А. Гусейнов (СССР). – Заявл. 15.05.74 ; опубл. 30.11.77, Бюл. № 44.
- 41 Доильный аппарат [Текст] : А. с. 1033082 СССР : МКИ А 01 J 5/00 / М. К. Базаров, В. А. Дриго, В. И. Ломакин, П. И. Огородников (СССР). – Заявл. 12.03.82 ; опубл. 07.08.83, Бюл. № 29.
- 42 Доильный аппарат [Текст] : А. с. 640713 СССР : МКИ А 01 J 5/00 / М. К. Базаров, П. И. Огородников, В. И. Ломакин, В. И. Горбунов (СССР). – Заявл. 25.04.75 ; опубл. 05.01.79, Бюл. № 1.
- 43 Доильный аппарат [Текст] : А. с. 137334 СССР : МКИ А 01 J 5/00 / Н. Н. Белянчиков (СССР). – Заявл. 16.05.60 ; опубл. 16.05.61, Бюл. № 7.
- 44 Доильный аппарат [Текст] : А. с. 1447323 СССР : МКИ А 01 J 5/04 / С. Л. Буковская, И. А. Ромашкевич, В. М. Федоров, А. С. Щерба (СССР). – № 4284730/30-15 ; заявл. 23.06.87 ; опубл. 30.12.88, Бюл. № 48.
- 45 Доильный аппарат [Текст] : А. с. 1576064 СССР : МКИ А 01 J 5/02 / С. Ф. Вельчо, В. Т. Головань, А. М. Янко (СССР). – Заявл. 22.08.88 ; опубл. 07.07.90, Бюл. № 25.
- 46 Доильный аппарат Винникова И. К. [Текст] : А. с. 2084136 RU : МКИ А 01 J 5/04 / И. К. Винников, О. Б. Забродина, О. И. Рудая (RU). – № 95111416/30-15 ; заявл. 03.07.95 ; опубл. 20.07.97, Бюл. № 21.
- 47 Доильный аппарат [Текст] : А. с. 1405738 СССР : МКИ А 01 j 5/04 / В. В. Герасимчук (СССР). – № 4168774/30-15 ; заявл. 29.12.86 ; опубл. 30.06.88, Бюл. № 24.
- 48 Доильный аппарат [Текст] : А. с. 181437 СССР : МКИ А 01 j 5/04 / С. Я. Горм, В. М. Королев, Б. П. Ларин (СССР). – № 926611/30-15 ; заявл. 24.10.64 ; опубл. 15.04.66, Бюл. № 9.
- 49 Доильный аппарат [Текст] : А. с. 722522 СССР : МКИ А 01 j 5/04 / Л. В. Даниленко, В. П. Запорожец (СССР). – № 2545014/30-15 ; заявл. 15.11.77 ; опубл. 25.03.80, Бюл. № 11.
- 50 Доильный аппарат [Текст] : А. с. 1362423 СССР : МКИ А 01 J 5/04 / Б. Ф. Нечитайло, А. С. Коломиец, В. И. Калинин, Н. В. Нечитайло (СССР). – Заявл. 18.02.86 ; опубл. 30.12.87, Бюл. № 48.
- 51 Доильный аппарат [Текст] : А. с. 1253530 СССР : МКИ А 01 J 5/04 / П. И. Огородников, А. В. Аксенов, А. Ф. Лазарев (СССР). – Заявл. 12.03.85 ; опубл. 30.08.86, Бюл. № 32.

- 52 Доильный аппарат [Текст] : А. с. 782768 СССР : МКИ А 01 J 5/04 / Н. Н. Пасечников, В. И. Хайлов, А. А. Золотов (СССР). – № 2771440/30-15 ; заявл. 16.05.79 ; опубл. 30.11.80, Бюл. № 44.
- 53 Доильный аппарат [Текст] : Пат. 2318377 Рос. Федерация : МПК А 01 J 5/00 / Полянин В. К., Продивлянов А. В., Акимов Н. С. ; Заявл. 02.05.06 ; опубл. 10.03.08, Бюл. № 7.
- 54 Доильный аппарат [Текст] : Пат. РФ на полезную модель 130787 : МПК А 01 J 5/00 / Продивлянов А. В., Логачева О. В., Шумихин А. С. ; Заявл. 19.03.13 ; опубл. 10.08.13, Бюл. № 22.
- 55 Доильный аппарат [Текст] : А. с. 407549 СССР : МКИ А 01 J 5/04 / В. М. Радоманский (СССР). – Заявл. 14.01.71 ; опубл. 10.10.73, Бюл. № 47.
- 56 Доильный аппарат [Текст] : А. с. 1097239 СССР : МКИ А 01 j 5/04 / В. М. Северин, В. Н. Тернюк, А. И. Поластюк, А. М. Губарев (СССР). – № 3352013/30-15 ; заявл. 06.11.81 ; опубл. 15.06.84, Бюл. № 22.
- 57 Доильный аппарат [Текст] : Пат. 2037292 (d) Рос. Федерация : МКЛ 6 А 01 J 5/04 / Трофимов А. Ф., Барановский Н. В., Курак А. С. ; заявл. 24.06.93 ; опубл. 19.06.95, Бюл. № 17.
- 58 Доильный аппарат [Текст] : Пат. 2032323 (d) Рос. Федерация : МКЛ 6 А 01 J 5/04 / Ужик В. Ф., Прокофьев В. В. ; заявл. 01.04.92 ; опубл. 10.04.95, Бюл. № 10.
- 59 Доильный аппарат с управляемым режимом доения [Текст] / В. Ф. Ужик [и др.] // Сельские зори. – 1998. – № 4. – С. 43.
- 60 Доильный аппарат [Текст] : А. с. 1340677 СССР : МКИ А 01 j 5/00 / Р. Т. Халилов, П. Л. Воликов (СССР). – № 4041821/30-15 ; заявл. 06.02.86 ; опубл. 30.09.87, Бюл. № 36.
- 61 Доильный аппарат [Текст] : А. с. 1340677 СССР : МКИ А 01 J 5/00 / Р. Т. Халилов, П. Л. Воликов, Э. А. Вердиев (СССР). – Заявл. 06.02.86 ; опубл. 30.09.87, Бюл. № 36.
- 62 Доильный аппарат [Текст] : А. с. 1435212 СССР : МКИ А 01 j 5/04 / Р. Т. Халилов, М. П. Мехтиев, Г. З. Зайнолов (СССР). – № 4164279/30-15 ; заявл. 18.12.86 ; опубл. 07.11.88, Бюл. № 41.
- 63 Дриго, В. Л. Устройство регулирования величины вакуума в доильном аппарате пропорционально потоку молока [Текст] / В. Л. Дриго, Н. К. Миайленко, Н. А. Остапенко. IX Междунар. симпозиум по машинному доению сельскохозяйственных животных : Тез. докл. – Оренбург, 1997. – С. 48.
- 64 Емцев, Б. Т. Техническая гидромеханика [Текст] / Б. Т. Емцев. – М. : Машиностроение, 1978.

- 65 Залевский, Ю. И. Обоснование параметров и разработка системы регулирования вакуума при доении коров на крупных молочных фермах и комплексах [Текст] : дис....канд. техн. наук. – М., 1985.–156 с. : ил.
- 66 Звенияцкий, В. Г. Новое в машинном доении [Текст] / В. Г. Звенияцкий. – М. : Россельхозиздат, 1983.
- 67 Игнаткин, И. Ю. Обоснование параметров универсального устройства для индивидуального учета и измерения потока молока в доильных аппаратах [Текст] : дис....канд. техн. наук. – М., 2009.–179 с.
- 68 Изаков, Ф. Я. Проблема автоматической оптимизации режимов машинного доения [Текст] / Ф. Я. Изаков, Р. М. Железняков // Проблемы автоматизации сельскохозяйственного производства : тез. докл. науч.-техн. конф. – Мн., 1985. –С. 50–52.
- 69 Иориш, Ю. И. Виброметрия [Текст] / Ю. И. Иориш. – М. : Машгиз, 1963.
- 70 Карташов, Л. П. Контроль за работой доильных установок / Л. П. Карташов. – М. : Россельхозиздат, 1977.
- 71 Карташов, Л. П. Машинное доение коров [Текст] / Л. П. Карташов. – М. : Колос, 1982.–301 с.
- 72 Карташов, Л. П. Машины и аппараты для доения коров и обработки молока [Текст] / Л. П. Карташов. – Оренбург : Изд. Центр ОГЛУ, 1998.–96 с.
- 73 Карташов, Л. П. О принципах машинного доения [Текст] / Л. П. Карташов // Техника в сельском хозяйстве.– 1999.–№ 4.– С. 3–4.
- 74 Карташов, Л. П. О технической эксплуатации доильных машин [Текст] / Л. П. Карташов // Вопросы комплексной механизации животноводческих ферм : Труды ЧИМЭСХ. – Вып. 60. – Челябинск, 1973.–С. 29–32.
- 75 Карташов, Л. П. Исследование технологии машинного доения коров с прибором контроля и регулирования процесса выведения молока [Текст] / Л. П. Карташов, Л. М. Гордиевский, Н. Г. Анисимов // Актуальные вопросы механизации животноводческих ферм : сб. науч. тр. – Алма-Ата, 1987.–С. 9–19.
- 76 Карташов, Л. П. Формирование продуктивности молочного скота при действии биотехнических систем [Текст] / Л. П. Карташов, П. И. Огородников // Техника в сельском хозяйстве.– 1996.–№ 5.
- 77 Карташов, Л. П. Повышение надежности системы человек – машина – животное [Текст] / Л. П. Карташов. – Екатеринбург : УрО РАН, 2000.
- 78 Карташов, Л. П. Машинное доение коров [Текст] : учеб. пособие для сред. сел. проф.-техн. училищ / Л. П. Карташов, Ю. Ф. Куранов. – 3-е и зд., испр. и доп. – М. : Высш. школа, 1980.–223 с. :ил.
- 79 Керимов, Н. Величина вакуума при доении в молокопровод [Текст] / Н. Керимов, Н. Еланская // Техника в сельском хозяйстве.– 1955.–№ 4.–С. 2–3.

- 80 Кирсанов, В. В. Механизация и автоматизация животноводства : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования [Текст] / В. В. Кирсанов, Ю. А. Симарев, Р. Ф. Филонов. – М. : Изд. центр «Академия», 2004.–400 с.
- 81 Кокорина, Э. П. Условные рефлексы и продуктивность животных [Текст] / Э. П. Кокорина. – М. : Агропромиздат, 1986.–335 с.
- 82 Кокорина, Э. П. Научно-технический прогресс в молочном животноводстве [Текст] / Э. П. Кокорина, Э. Б. Туманов. – Л. : Ленингр. орг. о-во «Знамя» РСФСР, 1989.–27 с.
- 83 Коллектор доильного аппарата [Текст] : А. с. 1424776 СССР : МКИ А 01 j 7/00 / Б. Ф. Нечитайло, Н. В. Нечитайло (СССР). – № 4197948/30-15 ; заявл. 24.02.87 ; опубл. 23.09.88, Бюл. № 35.
- 84 Коллектор доильного аппарата [Текст] : А. с. 1734606 SU : МКИ А 01 J 5/04 / Б. Ф. Нечитайло (SU). – № 4840977/15 ; заявл. 11.05.90 ; опубл. 23.05.92, Бюл. № 19.
- 85 Коллектор доильного аппарата [Текст] : А. с. 1801320 SU : МКИ А 01 J 7/00 / Б. Ф. Нечитайло (SU). – № 4919818/15 ; заявл. 18.03.91 ; опубл. 15.03.93, Бюл. № 10.
- 86 Коллектор доильного аппарата [Текст] : А. с. 1790351 SU : МКИ А 01 J 7/00 / И. Д. Ступак, Э. В. Ланин, В. С. Климик (SU). – № 4927672/15 ; заявл. 11.02.91 ; опубл. 23.01.93, Бюл. № 3.
- 87 Кормановский, Л. П. Новый этап технологического прогресса в машинном доении [Текст] / Л. П. Кормановский // Техника в сельском хозяйстве. – 1995.–№ 4.–С. 2–3.
- 88 Королев, В. Ф. Доильные машины [Текст] / В. Ф. Королев. – М. : Машиностроение, 1969.–279 с.
- 89 Королев, В. Ф. Совершенствование доильных машин [Текст] / В. Ф. Королев // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1962.–№ 2.
- 90 Краснов, И. Н. Доильные аппараты [Текст] / И. Н. Краснов. – Ростов н/Д : Изд-во Ростовского ун-та, 1974.–228 с .
- 91 Крючкова, И. В. Исследование и разработка доильного аппарата с автоматическим изменением вакууметрического давления [Текст]: дис....канд. техн. наук. – Оренбург, 2004.–168 с.
- 92 Кузьмин, А. Е. Гидравлическая характеристика доильных установок [Текст] / А. Е. Кузьмин. – Иркутск : Изд-во Иркутского ун-та, 1997.
- 93 Куликов, Л. В. Физиологические основы доения коров [Текст] / Л. В. Куликов. – М. : Россельхозиздат, 1969.

- 94 Куспаков, Р. С. Разработка и исследование доильного аппарата с плавными переходными процессами [Текст] : дис....канд. техн. наук. – Оренбург, 2004.– 142 с.
- 95 Лебина, Е. С. Анализ различных способов получения молока [Текст] / Е. С. Лебина, А. В. Продивлянов // Повышение эффективности использования автотракторной и сельскохозяйственной техники : межвуз. сб. науч. трудов XVI региональной науч.-практ. конф. вузов Поволжья и Предуралья. – Пенза, 2005.
- 96 Листопад, И. А. Планирование эксперимента в исследованиях по механизации сельскохозяйственного производства [Текст] / И. А. Листопад. – М. : Агропромиздат, 1988.–88 с.
- 97 Лищинский, С. П. Обоснование режима работы пульсатора доильного аппарата [Текст] / С. П. Лещинский, А. И. Фененко // Вісник сільськогосподарської науки. – 1979.–№ 10.–С. 63–66.
- 98 Лоскант, Д. О. Обоснование конструктивного решения модернизации работы доильных аппаратов [Текст] / Д. О. Лоскант, А. В. Продивлянов // Проблемы и перспективы инновационного развития мирового сельского хозяйства : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. / под. ред. И. Л. Воротникова. – Саратов, КУБиК, 2012.–232 с.
- 99 Лоскант, Д. О. Проблема получения качественного молока в современных условиях [Текст] / Д. О. Лоскант, А. В. Продивлянов // Проблемы эксплуатации и ремонта автотракторной техники : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения Геннадия Прокофьевича Шаронова / Сарат. гос. агр. ун-т. – Саратов : ООО Изд-во «КУБиК», 2012.–С. 114–120.
- 100 Луценко, М. М. Пути совершенствования доильного оборудования [Текст] / М. М. Луценко, А. Н. Могильный // IX Междунар. симпозиум по машинному доению сельскохозяйственных животных : тез. докл. – Оренбург : Изд. центр ОГАУ, 1997.–С. 139–140.
- 101 Макаровская, З. В. Исследование и разработка доильного аппарата с щадящим режимом действия [Текст] : дис....канд. техн. наук / Макаровская З. В. – Оренбург, 1998.–242 с.
- 102 Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов [Текст] / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. И. Рощин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Колос, 1980.–168 с.
- 103 Методика определения экономической эффективности исследования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. [Текст] – М. : Колос, 1980.–112 с.

- 104 Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. [Текст] – Часть 2. – Нормативно-справочный материал. – М., 1998.
- 105 Методические рекомендации по определению технико-экономического уровня машин для животноводства [Текст] / УкрНРШМЭСХ.–Киев, 1983.– 81 с.
- 106 Михеева, О. В. Доильный аппарат с щадящим режимом работы [Текст] / О. В. Михеева, А. В. Продивлянов // Иновации, наука и образование XXI века : Междунар. науч.-практ. конф. / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ».– Саратов : ООО Изд-во «КУБиК», 2010.
- 107 Михеева, О. В. Математическое обоснование работы доильного аппарата с щадящим режимом работы [Текст] / О. В. Михеева, А. В. Продивлянов // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию со дня рождения профессора Кобы В. Г. / Саратовский ГАУ им. Н. И. Вавилова. – Саратов, 2011.
- 108 Михеева, О. В. Обоснование конструктивных параметров доильного аппарата на основании разработанной классификации [Текст] / О. В. Михеева, А. В. Продивлянов // Научное обозрение. – 2011.–№ 2.
- 109 [mcprograming.ru/docs/recorder 12ch/ pdf](http://mcprograming.ru/docs/recorder%20ch/pdf). [Электронный ресурс]
- 110 Морозов, Н. М. Программа и методика проведения исследований по разработке системы машин для комплексной механизации животноводства и птицеводства на период до 2000 года. [Текст] – М. : ВИЭСХ, 1981.–81 с.
- 111 Назин, А. А. Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров доильного аппарата с управляемым режимом доения [Текст] : дис....канд. техн. наук. – Белгород, 2003.-183 с.
- 112 Нормативно-справочный материал для экономической оценки сельскохозяйственной техники. [Текст] – М. : ЦНИИТЭИ, 1988.–326 с.
- 113 Овчинников, А. А. Теоретические исследования процесса получения молока [Текст] / А. А. Овчинников, А. В. Продивлянов // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию со дня рождения профессора Кобы В. Г. / Саратовский ГАУ им. Н. И. Вавилова. – Саратов, 2011.
- 114 Огородников, П. И. Научно-технические основы повышения эффективности применения доильного оборудования в молочном животноводстве [Текст] / П. И. Огородников (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – М. : Колос, 1995.–140 с.
- 115 Огородников, П. И. Повышение эффективности доильного оборудования [Текст] / П. И. Огородников // Техника в сельском хоз-ве.– 1995.–№ 4.

- 116 Огородников, П. И. Разработка и исследование аппарата для доения коров без машинного додаивания [Текст] : дис....канд. техн. наук / Огородников П. И. – Оренбург, 1979.–231 с.
- 117 Пейнович, М. Л. Новое в физиологии лактации и доении [Текст] / М. Л. Пейнович. Новосибирск : Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1996.
- 118 Пейнович, М. Л. Доильный аппарат выжимающего принципа действия и рефлекс молокоотдачи у коров [Текст] / М. Л. Пейнович, Л. З. Фанин // VI Всесоюз. симпозиум по маш. доению сельскохозяйственных животных : тез. докл. – М., 1983.–Ч. 1.–С. 62–63.
- 119 Плященко, А. Ф. Машинное доение коров при автоматическом регулировании вакуума в подсосковой камере [Текст] / А. Ф. Плященко [и др.] // Проблемы интенсификации производства молока. – Мн., 1991.–Ч. 1.–С. 141–143.
- 120 Попов, А. А. Разработка и исследование стимулирующего доильного аппарата [Текст] : дис....канд. техн. наук. – Оренбург, 2000. –224 с.
- 121 Продивлянов, А. В. Механизация и технология доения коров [Текст] / А. В. Продивлянов ; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2013.–36 с. – Отпечатано ИП «Экспресс-тиражирование».
- 122 Продивлянов, А. В. Механизация технологических процессов первичной обработки и переработки молока [Текст] / А. В.Продивлянов ; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2012.–75 с. – Отпечатано ИП «Экспресс-тиражирование».
- 123 Продивлянов, А. В. Теоретические исследование влияния факторов биосистемы на производство молока [Текст] / А. В. Продивлянов // Научное обеспечение АПК : Материалы науч.-практ. конф. 2-й специализированной агропромвыставки «Саратов-Агро 2011» / под. ред. И. Л. Воротникова ; ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2011.–С. 224–228.
- 124 Продивлянов, А. В. Технология производства продукции животноводства [Текст] : учебное пособие / А. В. Продивлянов ; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2008.–268 с.
- 125 Продивлянов, А. В. Испытание и внедрение доильного аппарата конструкции ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ» [Текст] / А. В. Продивлянов, О. В. Михеева // Научное обозрение.– 2012.–№ 2.
- 126 Продивлянов, А. В. Разработка лабораторной установки для определения параметров работы доильного аппарата [Текст] / А. В. Продивлянов, Д. А. Ульрих // Аграрная наука в XXI веке : проблемы и перспективы : сб. статей VII Всерос. науч.-практ. конф. / под ред. И. Л. Воротникова ; ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2013.–С. 99–103.

- 127 Продивлянов А. В. Разработка и обоснование конструкции доильного аппарата с регулируемыми режимами доения [Текст] / А. В. Продивлянов, А. С. Шумихин Новые технологии и технические средства в АПК : материалы Междунар. конф., посвящ. 105-летию со дня рождения профессора Красникова Владимира Васильевича / ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2013.–С. 238–240.
- 128 Проничев, Н. П. Исследования влияния вакуумного режима и конструктивных параметров исполнительных механизмов доильных аппаратов на процесс машинного доения [Текст] : дис....канд. техн. наук / Проничев Н. П. – М., 1978.–160 с. : ил.
- 129 Проничев, Н. П. Методы и технические средства повышения эффективности машинного доения коров [Текст] : дис....д-ра с.-х. наук / Проничев Н. П. – М., 1997.–497 с.
- 130 Пульсатор для доильных установок [Текст] : А. с. 234041 СССР : МКИ А 01 J 5/10 / С. Я. Горм (СССР). – Заявл. 14.06.67 ; опубл. 24.12.68, Бюл. № 3.
- 131 Пульсатор доильного аппарата с самоустанавливающейся частотой пульсации [Текст] : А. с. 203373 СССР : МКИ А 01 J 5/10 / А. А. Скраманис (СССР). – Заявл. 16.09.63 ; 28.09.67, Бюл. № 20.
- 132 Пульсокорректор [Текст] : А. с. 1435214 СССР : МКИ А 01 j 5/12 / Г. Р. Винтерле (СССР). – № 4157612/30-15 ; заявл. 08.12.86 ; опубл. 07.11.88, Бюл. № 41.
- 133 Регулятор коллектора [Текст] : Пат. РФ на полезную модель 120845 : МПК А 01 J 7/00 / Продивлянов А. В., Логачева О. В., Ульрих Д. А. ; Заявл. 03.05.12 , опубл. 10.10.12, Бюл. № 28.
- 134 Риков, О. Н. Теория вычислительно эксперимента [Текст] / О. Н. Риков. – М. : Знание, 1987.
- 135 Романов, А. С. Молочная продуктивность коров и факторы, обуславливающие ее [Текст] / А. С. Романов, А. В. Продивлянов // Повышение эффективности использования автотракторной и сельскохозяйственной техники : межвуз. сб. науч. тр. XVI региональной науч.-практ. конф. вузов Поволжья и Предуралья. – Пенза, 2005.
- 136 Рубанов, И. А. Методические указания по применению математических методов планирования эксперимента в сельском хозяйстве [Текст] / И. А. Рубанов, Н. Н. Михайлов, Л. А. Тимохина. – М. : Колос, 1973.–40 с.
- 137 Руководящий технический материал. Основы планирования эксперимента в сельскохозяйственных машинах [Текст] : РТМ 23.2.36–78. – М., 1974.–116 с.
- 138 Сафиуллин, Н. Повышение эффективности машинного доения коров [Текст] / Н. Сафиуллин. – Казань : КВИ, 1991.–88 с.

- 139 Сборник нормативных материалов на работы, выполняемые машинно-техническими станциями (МТС). [Текст] –М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2001.–190 с.
- 140 Свиридов, А. Г. Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров гидравлического контура доильного аппарата автоматизированной доильной установки [Текст] : дис....канд. техн. наук. – Воронеж, 2007.–147 с.
- 141 Сергеев, М. Влияние различных доильных машин на заболевания коров маститами [Текст] / М. Сергеев, П. Котельников // Вопросы физиологии машинного доения. – М. : Колос, 1979–С. 166.
- 142 Соловьев, С. А. Методика оценки доильных аппаратов по характеристическим кривым молокоотдачи [Текст] / С. А. Соловьев. – Тр. ОСХИ. – Оренбург, 1987.–С. 49–51.
- 143 Соловьев, С. А. Доильный аппарат с автоматическим регулятором вакуума [Текст] / С. А. Соловьев, Е. М. Асманкин // Техника в сельском хозяйстве.– 1991.–С. 17–18.
- 144 Соловьев, С. А. Методика испытаний доильных аппаратов [Текст] / С. А. Соловьев, Е. М. Асманкин // Техника в сельском хозяйстве.– 1996.–№ 5.
- 145 Соловьев, С. А. Исполнительные механизмы системы человек – машина – животное [Текст] / С. А. Соловьев, Л. П. Карташов. – Екатеринбург : УрО РАН, 2001.–180 с.
- 146 Спиридонов, А. А. Планирование эксперимента при исследовании и оптимизации технических процессов [Текст] : учеб. пособие / А. А. Спиридонов, Н. Г. Васильев. – Свердловск : Изд-во УПИ, 1975.–97 с.
- 147 Тараненко, А. Г. Физиологические основы повышения молочной продуктивности [Текст] / А. Г. Тараненко. – М. : Россельхозиздат, 1986.– 204 с.
- 148 Ужик, В. Ф. Машинное доение коров в условиях фермерских хозяйств [Текст] / В. Ф. Ужик, А. И. Скляр // IX Междунар. симпозиум по машинному доению сельскохозяйственных животных : тез. докл. – Оренбург, 1977.– с.104,с.161.
- 149 Уланов, И. А. Механизация доения коров и первичной обработки молока [Текст] : уч. пособие / И. А. Уланов ; Сарат. с.-х. ин-т. – Саратов, 1977.
- 150 Устройство для автоматического отключения доильного аппарата [Текст] : А. с. 1250227 СССР : МКИ А 01 j 7/00 / А. И. Зеленцов, А. Г. Сыроватка, Р. В. Талинский (СССР).– № 3853991/30-15 ; заявл. 11.02.85 ; опубл. 15.05.86, Бюл. № 30.
- 151 Устройство для автоматического отключения доильных аппаратов [Текст] : А. с. 938846 СССР : МКИ А 01 j 7/00 / Н. Н. Викторова, А. И. Тюхтин, М. А.

- Парманов (СССР).– № 2991978/30-15 ; заявл. 09.10.80 ; опубл. 10.06.82, Бюл. № 24.
- 152 Устройство для доения [Текст] : А. с. 1673001 SU : МКИ А 01 J 7/00 / В. Г. Зайцев, В. П. Зайцева (SU).– № 4707373/15 ; заявл. 19.06.89 ; опубл. 30.08.91, Бюл. № 32.
- 153 Устройство для доения [Текст] : А. с. 1673001 СССР : МКИ А 01 J 5/04 / В. Г. Зайцев, В. П. Зайцева (СССР).– Заявл. 19.06.89 ; опубл. 30.08.91, Бюл. № 32.
- 154 Устройство для доения [Текст] : А. с. 1367925 СССР : МКИ А 01 j 5/04 / П. И. Огородников, А. А. Курочкин, Г. Д. Гачковский, С. А. Соловьев, А. В. Аксенов (СССР).– № 4069402/30-15 ; заявл. 17.02.86 ; опубл. 23.01.88, Бюл. № 3.
- 155 Устройство управления процессом доения [Текст] : А. с. 1806560 SU : МКИ А 01 J 7/00 / Е. И. Админ, И. Д. Ступак, Э. В. Ланин, В. С. Климик (SU).– № 4883447/15 ; заявл. 10.10.90 ; опубл. 07.04.93, Бюл. № 13.
- 156 Устройство для управления процессом доения [Текст] : А. с. 725627 СССР : МКИ А 01 J 5/02 / В. И. Грицаенко, А. А. Задорожный, М. В. Кизлык, В. В. Ковалев, Г. Д. Гайдамака (СССР).– Заявл. 15.11.78 ; опубл. 05.04.80, Бюл. № 13.
- 157 Устройство для управления процессом доения [Текст] : А. с. 1692413 SU : МКИ А 01 J 5/04 / М. А. Левин (SU).– № 4776618 ; заявл. 03.01.90 ; опубл. 23.11.91, Бюл. № 43.
- 158 Устройство управления процессом доения [Текст] : А. с. 1428316 СССР : МКИ А 01 j 5/04 / О. Я. Стенгревиц, Я. Я. Розенберг, Э. А. Келпис (СССР).– № 4163639/30-15 ; заявл. 19.12.86 ; опубл. 07.10.88, Бюл. № 37.
- 159 Учебник мастера машинного доения [Текст] / Л. П. Карташов, [и др.]. – М. : Колос, 1994.–368 с.
- 160 Физиологические основы машинного доения [Текст] : материалы III Всесоюз. симпозиума по физиологическим основам машинного доения.- Боровск / ВАСХНИЛ. – Боровск, 1974.
- 161 Физиология сельскохозяйственных животных [Текст] / А. Н. Голиков, [и др.]: под ред. А. Н. Голикова. – М. : Агропромиздат, 1991.–432 с.
- 162 Физиология и механизация доения коров [Текст] : сб. – Рига : Звайгзне, 1968.
- 163 Харман, К. Современный факторный анализ [Текст] / К. Харман.– М. : Статистика, 1972.
- 164 Цой, Ю. А. Молочные линии животноводческих ферм и комплексов [Текст] / Ю. А. Цой ; Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. – М., 1982.–222 с.
- 165 Чеглова, О. Н. Факторы, обуславливающие молочную продуктивность коров [Текст] / О. Н. Чеглова, А. В. Продивлянов // Материалы Междунар. науч.

- практ. конф., посвящ. 80-летию со дня рождения профессора Кобы В. Г. / Саратовский ГАУ им. Н. И. Вавилова. – Саратов, 2011.
- 166 Черкашенко, И. И. Функции вымени коров [Текст] / И. И. Черкашенко, М. Г. Спивак. – М. : Колос, 1979.–143 с. : ил. (Учебники и учеб. пособия для фак. повышения квалификации руководящих кадров и специалистов колхозов и совхозов).
 - 167 Чехунов, О. А. Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров доильного аппарата с однокамерными доильными стаканами [Текст] : дис....канд. техн. наук. – Воронеж, 2006.–135 с.
 - 168 Чугаев, Р. Р. Гидравлика (техническая механика жидкости) [Текст] / Р. Р. Чугаев. – М. : Энергоиздат, 1982.
 - 169 Шулятьев, В. Н. Повышение эффективности функционирования пагнетателей-парообразователей технологических линий и технических средств в молочном скотоводстве [Текст] : дис....д-ра техн. наук. – Киров, 2004.–485 с.
 - 170 Юлдашев, Ф. Ф. Варианты вакуумного режима доения коров [Текст] / Ф. Ф. Юлдашев // Зоотехния.– 1997.–№ 9.–С. 23–24.
 - 171 Butler, C. Recent developments in mashine milking [Текст] / C. Butler // Outlook on Agr.– 1988. –V.17.–№ 4.
 - 172 Grossman, M. Lactation curves of purebred and grossbred dairy cattle [Текст] / M. Grossman, A. L. Kuck, H. W. Norton // Dairy Sc.– 1986.
 - 173 Hoekstra, J. A. A not on a partial adjustment model to beseribe lactation curves [Текст] / J. A. Hoekstra //Anim Product.– 1986.
 - 174 King, J. S. Effect of vacuum fluctuation during milking on the development of Intramammary Infection firom teat duct colonization, by Staphylococcus duct colonization by Staphylococcus aureus [Текст] / J. S. King, F. K. Neave, R. L. Williams // J. Dairy Res.– 1979.–V. 46.–№ 4.–P.–607–611.
 - 175 Milk flow sensing valve for teat cup release [Текст] : Пат. 3786782 США (US): МКИ А 01 j 5/04 / Walter Frank Abrahamson, John Hougham Abrahamson, and Boris Hougham Abrahamson; N.268122 ; заявл. 30.06.71 ; опубл. 22.01.74 ; Том. 918, N.4.
 - 176 Milk flow sensing valve for teat cup release [Текст] : Заявка 1398616 Великобритания: МКИ А 01 j 5/04 / W. F. Abrahamson, J. H. Abrahamson and B. H. Abrahamson ; заявл. 28.06.72 ; опубл. 25.06.75 ; N.4500. № 106.
 - 177 Milking device [Текст] : Пат. 4287853 США (US): МКИ А 01 j 5/04 / Lloyd P. Duncan, 3 Riverbend Pl., Washington (США). – № 133313 ; заявл. 24.03.80 ; опубл. 08.09.81, Том 1010, № 24.

- 178 Milking machines [Текст] : Заявка 1506636 Великобритания: МКИ А 01 j 5/04 / ALFA-LAVAL (Sweden 7407855). – № 24274/75 ; заявл. 14.06.74 ; опубл. 05.04.78, № 4645.
- 179 Nielsen, S. M. Mastitis – malkin – hyglejne [Текст] / S. M. Nielsen. – Landbonyt. –1996. – V. 30. – № 4. – P.201–210.
- 180 Procédé de fonctionnement d'une machine à tondre et agencement correspondant [Текст] : Заявка 2274213 Франция: МКИ А 01 j 5/04 / ALFA-LAVAL Aktiebolag rep par Bletty. – № 07.855-1/74 ; заявл. 14.06.74 ; опубл. 13.02.76, № 7.
- 181 Urządzenie automatyzujące zakończenie doju [Текст] : Заявка 245283 ПНР (PL): МКИ А 01 j 5/04 / Marian Lipinski (Akademia Rolnicza, Poznan, Polska) ; заявл. 21.12.83 ; опубл. 02.07.85 ; N. 14.
- 182 Verfahren und Vorrichtung zum Milchentzug [Текст] : Заявка 3218005 ФРГ (DE): МКИ А 01 j 5/04 / Hamann, Jom, Dr., 2300 Kiel (DE) ; Gleich Anmelder (RE) ; заявл. 13.05.82 ; опубл. 17.11.83, N. 46.
- 183 Verfahren zum Betreiben einer Melkmaschine und Vorrichtung zur Durchführung desselben [Текст] : Заявка 2524398 ФРГ: МКИ А 01 j 5/00 / Alfa-Laval AB, Tumba (Schweden). VTR: Ruschke, H., Dr.-Ing; Ruschke, O., Dipl.-Ing; Ruschke, H.T., Dipl.-Ing., P7anwalte. 1000 Berlin und 8000 Munchen. – № 7407855 ; заявл. 02.06.75 ; опубл. 02.01.76, № 1.

ПРИЛОЖЕНИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 130787

ДОИЛЬНЫЙ АППАРАТ

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2013112306

Приоритет полезной модели 19 марта 2013 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 10 августа 2013 г.

Срок действия патента истекает 19 марта 2023 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.И. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU (11)

130 787⁽¹³⁾ U1(51) МПК
A01J 5/00 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2013112306/13, 19.03.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.03.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 19.03.2013

(45) Опубликовано: 10.08.2013 Бюл. № 22

Адрес для переписки:

410012, г.Саратов, Театральная пл., 1,
ФГБОУ ВПО "Саратовский
государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова", патентный отдел

(72) Автор(ы):

Продивлянов Александр Владимирович
(RU),
Логачёва Оксана Владимировна (RU),
Шумихин Андрей Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Саратовский государственный аграрный
университет имени Н.И. Вавилова" (RU)**(54) ДОИЛЬНЫЙ АППАРАТ****(57) Формула полезной модели**

Доильный аппарат, включающий молокоприемное устройство с регулятором вакуума, выполненным в виде корпуса с отверстием в верхней части, имеющий регулятор проходного сечения отверстия в виде металлической иглы, соединенной с поплавком, штуцер выхода молока, отверстие выхода молока, отличающийся тем, что на корпусе регулятора вакуума установлен золотник, ограничивающий подачу вакуума в регулятор, кроме того, в нижней части есть калиброванное отверстие выхода молока, а поплавок закрывает штуцер выхода молока.

RU 130787 U1

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

УТВЕРЖДАЮ

Председатель СХА «Михайловское»
Марковского района Саратовской
области

Косарев Н.А.



20 августа 2011 года

АКТ

испытаний и внедрения стимулирующего доильного аппарата
конструкции ФГОУ ВПО «Саратовского государственного
аграрного университета им.Н.И.Вавилова».

Комиссия в составе специалистов СХА «Михайловское» Марковского района Саратовской области главного инженера Портянкина Д.А.-председателя комиссии, и членов комиссии : заведующей животноводческой фермы Ломыкиной М.Л., главного зоотехника Фроловой И.В., ветеринарного врача Череватого Н.А., а так же представителей авторского коллектива ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ им.Н.И.Вавилова: к.т.н., доцента Продивлянова А.В.-руководителя исследований стимулирующего доильного аппарата и аспирантки кафедры «Механизация и технология животноводства» Михеевой О.В., провели за период с 15 августа 2011 года по 20 августа 2011 года на молочно-товарной ферме СХА «Михайловское» Марковского района Саратовской области производственные испытания стимулирующего доильного аппарата, разработанного на базе серийно-выпускаемого двухтактного доильного аппарата АДУ-1.

Предлагаемая усовершенствованная конструкция доильного аппарата, со стимулирующим устройством, предназначена для доения сельскохозяйственных животных в переносные ведра, с использованием стационарного вакуумпровода, при привязном содержании коров, в комфортных условиях, при соблюдении зоотехнических требований.

Особенности конструкции макетного образца стимулирующего доильного аппарата является стимулирующее устройство, установленное на коллекторе доильного аппарата. Устройство представляет собой вибратор, состоящий из корпуса внутри которого расположен поршень, делящий корпус вибратора на камеру постоянного атмосферного давления и переменного вакуума с возможностью перемещения поршня вверх и вниз за счет разности давлений в камерах и массы поршня.

Технической задачей предполагалось улучшение процесса доения путем стимулирования молокоотдачи коров и уменьшения наползания доильных стаканов на устье соска животного в процессе доения при одновременном упрощении конструкции доильного аппарата.

Предлагаемый доильный аппарат состоит из пульсатора и коллектора с камерами постоянного и переменного вакуума, разобщаемые клапанами.

Сверху пульсатора установлен вибратор, состоящий из корпуса, внутри которого находится поршень, делящий корпус вибратора на камеру постоянного атмосферного давления и переменного вакуума с возможностью перемещения поршня вверх и вниз за счет разности давлений в камерах и массы поршня. Нижняя камера вибратора сообщается с атмосферой за счет отверстий в корпусе вибратора, а камера переменного вакуума вибратора соединена вакуумным шлангом с камерой переменного вакуума коллектора.

Предлагаемый доильный аппарат работает следующим образом.

После проведения преддоильных операций одеваются доильные стаканы на соски коровы, вакуум из вакуумпровода через молочный шланг поступает в камеру постоянного вакуума коллектора и далее в подсосковые камеры доильных стаканов. Одновременно с этим вакуумом из вакуумпровода через пульсатор и вакуумные шланги проходит в камеру переменного вакуума коллектора и далее в межстенные камеры доильных стаканов и камеру переменного вакуума вибратора. Так как в нижней камере вибратора атмосферное давление, а в верхней камере вибратора вакуум, поршень поднимается вверх, происходит такт сосания, идет процесс отбора молока. При наступлении смены тактов, пульсатор подает атмосферное давление в камеру переменного вакуума коллектора, атмосферное давление поступает в межстенную камеру доильных стаканов и в верхнюю камеру вибратора, действуя на поршень сверху. Под действием этого давления и собственной массы поршень опускается вниз, происходит толчок коллектора вниз коллектора и доильных стаканов в том же направлении, предотвращая наполнение доильных стаканов на устье соска животного и одновременно стимулируя молокоотдачу. В дальнейшем процессы повторяются. Испытания предлагаемого доильного аппарата проводились в коровнике, где при привязном содержании находятся 100 коров. Доеение животных проводится 2 раза в сутки утром и вечером. Удой составляет от 3550 кг до 4825 кг в год. Суточные удои колеблются от 6,8 кг до 18,5 кг молока в зависимости от периода лактации. В процессе работы в вакуумпроводе поддерживалось разрежение в пределах 52 кПа. В результате испытаний было установлено, что стимулирующий доильный аппарат Обеспечивает высокую технологическую надежность процесса доения коров. При этом спадание доильных стаканов не наблюдалось. Животные при доении вели себя спокойно, не испытывая болевых ощущений. Стимулирующий доильный аппарат вырабатывал у коров полноценный и устойчивый рефлекс молокоотдачи. Внешний раздражитель (вибратор) стимулировал молокоотдачу, препятствовал наполнению доильных стаканов на устье соска вымени в процессе доения. Случаев существенных поломок деталей и узлов в ходе испытаний и при дальнейшей эксплуатации не наблюдалось. Конструкция проста по устройству не требует дополнительного технического и санитарного обслуживания. Результаты производственных испытаний сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

Результаты производственных испытаний
стимулирующего доильного аппарата

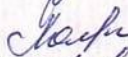
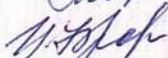
Доеение аппаратом	ПОКАЗАТЕЛИ				
	Величина удоя, кг	Жирность, %	Время доеения, мин.	Величина ручного додоя, кг.	Скорость молокоотдачи, Кг, мин.
АДУ-1	12,53 ±0,9	3,78 ±0,28	6,25 ±0,25	0,38 ±0,15	2,08 ±0,5
Предлагаемая конструкция	12,64 ±0,9	3,82 ±0,24	6,0 ±0,3	0,19 ±0,09	2,02 ±0,54

По окончательным результатам испытаний комиссия пришла к выводу, что предлагаемая конструкция стимулирующего доильного аппарата перспективна, проста и надежна в работе, может служить основой для разработки промышленного образца. После испытаний макетный образец стимулирующего доильного аппарата признан годным

к эксплуатации и оставлен в хозяйстве для дальнейшего пользования.

Председатель комиссии

Члены комиссии


Портянкин Д.А.
Ломыкина М.Л.
Фролова И.В.
Череватый Н.А.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

УТВЕРЖДАЮ

Председатель СХА «Звезда»
Балашовского района Саратовской



области

Котов А.А.

АКТ

испытаний и внедрения доильного аппарата
с щадящим режимом работы конструкции ФГБОУ ВПО «Саратовского
государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова».

Комиссия в составе специалистов СХА «Звезда» Балашовского района Саратовской области главного инженера Копытина В.М. - председатель комиссии, и членов комиссии: заведующего животноводческой фермы Добрынина С.А., ветеринарного врача Щеглова В.Н, а так же представителей авторского коллектива ФГБОУ ВПО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова: к.т.н., доцента Продивлянова А.В. руководителя исследований доильного аппарата с щадящим режимом работы и аспирантки кафедры «Механизация и технология животноводства» Михеевой О.В., Чегловой О.Н. провели за период с «3» сентября 2012 года по «3» октября 2012 года на молочно-товарной ферме СХА «Звезда» Балашовского района Саратовской области производственные испытания доильного аппарата с щадящим режимом работы, разработанного на базе серийно-выпускаемого двухтактного доильного аппарата АДУ-1.

Предлагаемая усовершенствованная конструкция доильного аппарата с щадящим режимом работы, предназначена для доения сельскохозяйственных животных в переносные ведра, с использованием стационарного

вакуумпровода, при привязном содержании коров, в комфортных условиях, при соблюдении зоотехнических требований.

Конструкция макетного образца доильного аппарата с регулятором вакуума позволяет максимально приблизить процесс доения к естественной отдаче молока, с учетом физиологии животных. Он исключает болевые ощущения, т. к. увеличение величины вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов происходит постепенно с увеличением молокоотдачи. При этом повышается раздражение рецепторов нервных окончаний соска вымени, что приводит к более сильному возбуждению центральной нервной системы коровы, уменьшается повреждение и наполнение доильных стаканов на соски животного.

При недостаточном количестве или полном отсутствии молока в вымени коровы воздействие вакуума на мягкие ткани молочной железы будет максимально безопасным, так как с уменьшением молокоотдачи происходит снижение вакуумметрического давления под соском до безопасного уровня, что позволяет избежать «сухого доения» и заболеваний коров маститом. Низкая величина рабочего вакуума в подсосковой камере доильных стаканов допускает передержку доильных стаканов после прекращения истечения молока без вреда для здоровья животных.

Доильный аппарат изменяет в прямой зависимости величину рабочего вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов от скорости молокоотдачи.

Макетный образец доильного аппарата был изготовлен на базе серийно выпускаемого аппарата АДУ-1, который нашел широкое применение в хозяйствах области.

Особенностью конструкции является регулятор вакуума, установленный в доильном ведре, который представляет собой поплавочную камеру с молочным и вакуумным патрубками, внутри которой установлен поплавок, соединяющий золотник впуска воздуха и регулируемое отверстие выхода молока.

Технологический процесс происходит следующим образом. При одевании доильных стаканов на соски животного, молоко через молочный шланг попадает в регулятор вакуума. Так как в первую минуту доения молокоотдача минимальная, то поплавков находится внизу, перекрыв отверстие выхода молока из поплавочной камеры, максимально открыв регулировочное отверстие золотника впуска воздуха. Воздух поступает в подсосковые камеры доильных стаканов, за счет чего вакуумметрическое давление снижается до 25-28 кПа, при этом частота пульсаций увеличивается, при уменьшении пульсирующей силы.

Поплавочная камера начинает заполняться молоком и поднимать поплавков, тем самым, постепенно открывается регулируемое отверстие выхода молока в доильное ведро, вместе с тем уменьшается проходное сечение впуска воздуха золотника, что приводит к постепенному увеличению вакуумметрического давления с 25...28 кПа до 52...56 кПа, пропорционально количеству выделяемого молока в единицу времени.

С увеличением молокоотдачи молоко полностью заполняет поплавочную камеру регулятора, поплавков максимально поднимается вверх и игла полностью перекрывает воздушное отверстие золотника. Давление вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов достигает максимальной величины 52...56 кПа, при этом частота пульсаций немного уменьшается, при возрастании пульсирующей силы.

Максимальная молокоотдача в среднем продолжается в течение 3 минут. Затем происходит постепенное уменьшение припуска молока, и поплавков с иглой начинает опускаться, приоткрывая воздушное отверстие жиклера подачи воздуха, при этом снижается вакуумметрическое давление с 52...56 кПа до величины в 45 кПа. Такой режим протекает в среднем 30 секунд. После чего начинается процесс додоя, который характеризуется незначительным повышением молокоотдачи, вследствие чего параметры вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов возрастают до 50 кПа. Продолжение фазы додоя длится в среднем 20...30 секунд, затем

молокоотдача вновь падает, молоко в регуляторе вакуума становится меньше, вследствие чего поплавков опускается, игла открывает регулирующее отверстие золотника на максимальную величину, тем самым, постепенно понижается давление вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов с 50 кПа до 25 кПа.

В ходе производственных испытаний доильного аппарата с щадящим режимом доения подтвердились результаты лабораторных и теоретических исследований технологических характеристик работы регулятора в процессе доения, расчетной величины вакуумметрического давления в подсосковых камерах доильных стаканов в зависимости от молокоотдачи, время доения и характер воздействия рабочего вакуума на соски вымени животного.

Случаев существенных поломок деталей и узлов в ходе испытаний и при дальнейшей эксплуатации доильного аппарата с щадящим режимом доения коров не наблюдалось.

Хороший доступ к узлам и деталям доильного аппарата при ежедневном обслуживании немаловажный фактор при промывке и дезинфекции.

В результате установлено, что доильный аппарат с щадящим режимом работы обеспечивает высокую технологическую надежность процесса доения коров на всех уровнях работы. При применении предлагаемой конструкции случаев снижения продуктивности не наблюдалось. За сутки от одного животного дополнительно получали молока в пределах 150...300 г.

Испытания предлагаемого доильного аппарата проводились в коровнике, где при привязном содержании находятся 100 коров. Доение животных проводится два раза в сутки утром и вечером. Удой составляют от 3500 кг до 4800 кг молока в год. Суточные удои колеблются от 6,7 кг до 18,1 кг молока в зависимости от периода лактации.

В процессе работы в вакуумпроводе поддерживалось разряжение в пределах 52...56 кПа.

В результате испытаний было установлено, что предлагаемый доильный аппарат обеспечивает высокую технологическую надежность процесса

доения коров. При этом спадание доильных стаканов не наблюдалось. Животные при доении вели себя спокойно, не испытывая болевых ощущений.

Доильный аппарат вырабатывал у коров полноценный и устойчивый рефлекс молокоотдачи. Случаев существенных поломок деталей и узлов в ходе испытаний и при дальнейшей эксплуатации не наблюдалось.

Конструкция проста по устройству, не требует дополнительного технического и санитарного обслуживания.

Результаты производственных испытаний сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

Результат производственных испытаний
доильного аппарата с щадящим режимом доения коров

Показатели	Доильные аппараты	
	АДУ-1	Предлагаемая конструкция
Суточный удой, кг	9,27±1,23	9,65±1,23
Жирность, %	3,49±0,22	3,58±0,31
Время доения, мин	6,42±0,82	6,18±0,89
Остаточное молоко, кг	0,38±0,15	0,19±0,10
Скорость молокоотдачи, кг/мин	0,74±0,12	0,84±0,10

По окончательным результатам испытаний комиссия пришла к выводу, что предлагаемая конструкция доильного аппарата с щадящим режимом работы перспективна, проста и надежна в работе, может служить основой для разработки промышленного образца.

После испытаний макетный образец доильного аппарата с щадящим режимом работы признан годным к эксплуатации и оставлен в хозяйстве для дальнейшего пользования.

Председатель комиссии

Члены комиссии:

Жуков
Жогин В.М. (Жуков)
Добрынин С.А. (Жуков)
Щеглов В.А. (Жуков)
Пресвятов В.В. (Жуков)
Михеев В.В. (Жуков)

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

1. Результаты исследований влияния конструкционно-режимных параметров на качество смешивания компостируемых компонентов

1.1. Определение коэффициентов регрессии математической модели

$$x := \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & -1 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} 0.350 \\ 0.196 \\ 0.205 \\ 0.250 \\ 0.240 \\ 0.218 \\ 0.302 \\ 0.206 \\ 0.287 \\ 0.204 \\ 0.327 \\ 0.197 \\ 0.230 \\ 0.220 \\ 0.230 \end{pmatrix} \quad \text{ORIGIN} := 1$$

$$N := 15 \quad A := \frac{1}{8} \quad B := \frac{1}{4} \quad C := \frac{-1}{16} \quad D := \frac{1}{4} \quad k := 3 \quad p := 2$$

$$b_{100} := \frac{y_{13} + y_{14} + y_{15}}{3} \quad b_{100} = 0.227$$

$$b_1 := A \cdot \left[\sum_{u=1}^N (x_{u,1} \cdot y_u) \right] \quad b_1 = 0.028$$

$$b_2 := A \cdot \left[\sum_{u=1}^N (x_{u,2} \cdot y_u) \right] \quad b_2 = 0.052$$

$$b_3 := A \cdot \left[\sum_{u=1}^N (x_{u,3} \cdot y_u) \right] \quad b_3 = -0.015$$

$$bb_{1,2} := D \cdot \sum_{u=1}^N (x_{u,1} \cdot x_{u,2} \cdot y_u) \quad bb_{1,2} = 0.023$$

$$bb_{1,3} := D \cdot \sum_{u=1}^N (x_{u,1} \cdot x_{u,3} \cdot y_u) \quad bb_{1,3} = -0.013$$

$$bb_{2,3} := D \cdot \sum_{u=1}^N (x_{u,2} \cdot x_{u,3} \cdot y_u) \quad bb_{2,3} = -0.008$$

$$bb_{1,1} := B \cdot \left[\sum_{u=1}^N [(x_{u,1})^2 \cdot y_u] \right] + C \cdot \left[\sum_{u=1}^N [(x_{u,1})^2 \cdot y_u + (x_{u,2})^2 \cdot y_u + (x_{u,3})^2 \cdot y_u] \right] - \frac{b_{100}}{\rho}$$

$$bb_{1,1} = 0.006$$

$$bb_{2,2} := B \cdot \left[\sum_{u=1}^N [(x_{u,2})^2 \cdot y_u] \right] + C \cdot \left[\sum_{u=1}^N [(x_{u,1})^2 \cdot y_u + (x_{u,2})^2 \cdot y_u + (x_{u,3})^2 \cdot y_u] \right] - \frac{b_{100}}{\rho}$$

$$bb_{2,2} = 0.018$$

$$bb_{3,3} := B \cdot \left[\sum_{u=1}^N [(x_{u,3})^2 \cdot y_u] \right] + C \cdot \left[\sum_{u=1}^N [(x_{u,1})^2 \cdot y_u + (x_{u,2})^2 \cdot y_u + (x_{u,3})^2 \cdot y_u] \right] - \frac{b_{100}}{\rho}$$

$$bb_{3,3} = 0.009$$

1.2. Определение угла поворота осей координат и коэффициентов регрессии в канонической форме

$$BB := \begin{pmatrix} -b_1 \\ -b_2 \\ -b_3 \end{pmatrix} \quad A := \begin{pmatrix} 2 \cdot bb_{1,1} & bb_{1,2} & bb_{1,3} \\ bb_{1,2} & 2 \cdot bb_{2,2} & bb_{2,3} \\ bb_{1,3} & bb_{2,3} & 2 \cdot bb_{3,3} \end{pmatrix}$$

$$X := A^{-1} \cdot BB \quad X = \begin{pmatrix} -0.912 \\ -0.905 \\ -0.204 \end{pmatrix}$$

$$\left[\frac{\left[\frac{\text{atan}\left(\left(\frac{\text{bb}_{1,2}}{\text{bb}_{1,1} - \text{bb}_{2,2}}\right)\right)}{2} \right]}{2} \right] \cdot 57 = -30.69 \quad \alpha_1 := -30.69^\circ$$

$$\left[\frac{\left[\frac{\text{atan}\left(\left(\frac{\text{bb}_{1,3}}{\text{bb}_{1,1} - \text{bb}_{3,3}}\right)\right)}{2} \right]}{2} \right] \cdot 57 = 36.987 \quad \alpha_2 := 36.987^\circ$$

$$\left[\frac{\left[\frac{\text{atan}\left(\left(\frac{\text{bb}_{2,3}}{\text{bb}_{2,2} - \text{bb}_{3,3}}\right)\right)}{2} \right]}{2} \right] \cdot 57 = -21.546 \quad \alpha_3 := -21.546^\circ$$

$$\text{B}_{2,2} := \text{bb}_{2,2} \cdot (\cos(\alpha_1))^2 + \text{bb}_{2,3} \cdot \cos(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_1) + \text{bb}_{3,3} \cdot (\sin(\alpha_1))^2 \quad \text{B}_{2,2} = 0.01$$

$$\text{B}_{3,3} := \text{bb}_{2,2} \cdot (\sin(\alpha_1))^2 - \text{bb}_{2,3} \cdot \cos(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_1) + \text{bb}_{3,3} \cdot (\cos(\alpha_1))^2 \quad \text{B}_{3,3} = 0.017$$

$$\text{B}_{2,2} + \text{B}_{3,3} = 0.027 \quad \text{bb}_{2,2} + \text{bb}_{3,3} = 0.027$$

$$\text{B}_{1,1} := \text{bb}_{1,1} \cdot (\cos(\alpha_2))^2 + \text{bb}_{1,3} \cdot \cos(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_2) + \text{bb}_{3,3} \cdot (\sin(\alpha_2))^2 \quad \text{B}_{1,1} = 0.013$$

$$\text{B}_{3,3} := \text{bb}_{1,1} \cdot (\sin(\alpha_2))^2 - \text{bb}_{1,3} \cdot \cos(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_2) + \text{bb}_{3,3} \cdot (\cos(\alpha_2))^2 \quad \text{B}_{3,3} = 0.001$$

$$\text{B}_{1,1} + \text{B}_{3,3} = 0.015 \quad \text{bb}_{1,1} + \text{bb}_{3,3} = 0.015$$

$$\text{B}_{1,1} := \text{bb}_{1,1} \cdot (\cos(\alpha_3))^2 + \text{bb}_{1,2} \cdot \cos(\alpha_3) \cdot \sin(\alpha_3) + \text{bb}_{2,2} \cdot (\sin(\alpha_3))^2 \quad \text{B}_{1,1} = 0.017$$

$$\text{B}_{2,2} := \text{bb}_{1,1} \cdot (\sin(\alpha_3))^2 - \text{bb}_{1,2} \cdot \cos(\alpha_3) \cdot \sin(\alpha_3) + \text{bb}_{2,2} \cdot (\cos(\alpha_3))^2 \quad \text{B}_{2,2} = 0.007$$

$$\text{B}_{1,1} + \text{B}_{2,2} = 0.024 \quad \text{bb}_{1,1} + \text{bb}_{2,2} = 0.024$$