

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина

УДК 637.116

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ

_____ А.В. Колесников

Отчет
о научно-исследовательской работе по теме:
«Разработка адаптивного доильного аппарата»

Руководитель НИР _____

Клёсов Д.Н.

Белгород, 2016

СПИСОК ОСНОВНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель НИР

ассистент кафедры
машин и оборудования
в агробизнесе

Клёсов Д.Н.

подпись

Реферат

Отчет 53 с., 11 рис., 33 источн.

ДОИЛЬНЫЙ АППАРАТ, МОЛОКОЛОВУШКА, ПУЛЬСАТОР, ЗОЛОТНИК, АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ, ВАКУУММЕТРИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ, СООТНОШЕНИЕ ТАКТОВ, ЧАСТОТА ПУЛЬСАЦИЙ, МИКРОКОНТРОЛЛЕР, БЛОК УПРАВЛЕНИЯ, ЛАЗЕРНЫЙ ДАЛЬНОМЕР, ДОИЛЬНЫЕ СТАКАНЫ, КОЛЛЕКТОР.

В отчете представлены результаты исследований, выполненных в рамках договора № _____ от _____ *«Разработка адаптивного доильного аппарата»*.

Цель работы – повышение эффективности адаптивного доильного аппарата путем обоснования конструктивно-режимных параметров пульсатора, обеспечивающего изменение частоты пульсаций и соотношения тактов сосания и сжатия в доильном стакане в зависимости от интенсивности потока молока.

Научно-практическая значимость: внедрение в конструкцию адаптивного доильного аппарата механического пульсатора золотникового типа, молоколовушки с лазерным дальномером и блока управления с микроконтроллером.

Экономическая эффективность:

Повышение полноты выдаиваемости до 98%, повышение молочной продуктивности коров на 3...5%.

Использовались следующие методы:

Математический анализ и моделирование.

Были получены следующие результаты:

Разработана и собрана конструкция адаптивного доильного аппарата. Проведены испытания. Обработаны результаты и сделаны выводы. Рассчитана экономическая эффективность.

СОДЕРЖАНИЕ

№ п/п	Наименование этапа	Стр.
	Введение.....	5
	Основная часть.....	7
1.	Аналитический обзор.....	7
2.	Методика экспериментальных исследований	17
	2.1 Выбор объектов исследования.....	17
	2.2 Выбор методов исследования.....	17
3.	Расчет конструктивных параметров.....	18
4.	Экономические аспекты.....	29
5.	Публикации по результатам выполнения научно-исследовательской работы.....	30
	5.1 Список публикаций по результатам выполнения научно- исследовательской работы.....	30
	5.2 Копии статей.....	31
	Заключение.....	50
	Список использованной литературы.....	51

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших показателей повышения эффективности производства молока является контроль здоровья и физиологического состояния каждого животного.

В связи с этим основной характеристикой, на которую в первую очередь должен реагировать доильный аппарат, является интенсивность молокоотдачи. Доильный аппарат такого типа должен обеспечивать контроль за интенсивностью молокоотдачи в автоматическом режиме, а также стабилизировать величину вакуума в доильных стаканах.

На сегодняшний день многие современные доильные аппараты не обеспечивают полное выдаивание молока из вымени коров из-за недостаточной адаптации к физиологии вымени животных, что, в конечном счете, приводит к передержке доильных стаканов на вымени и, зачастую, несвоевременному переключению на пониженный вакуум при снижении молокоотдачи [9, 17].

Цель исследования: повышение эффективности адаптивного доильного аппарата путем обоснования конструктивно-режимных параметров пульсатора, обеспечивающего изменение частоты пульсаций и соотношения тактов сосания и сжатия в доильном стакане в зависимости от интенсивности потока молока.

Задачи исследования:

1. На основе анализа и синтеза сформировать новую конструкцию адаптивного доильного аппарата, отличительной особенностью которого является механический пульсатор с возможностью автоматического изменения частоты пульсаций и соотношения тактов сосания и сжатия в доильном стакане в зависимости от интенсивности потока молока.

2. Разработать математическую модель рабочего процесса пульсатора адаптивного доильного аппарата.

3. Обосновать параметры и режимы работы пульсатора адаптивного доильного аппарата.

4. Экспериментально исследовать работу пульсатора адаптивного доильного аппарата и оценить эффективность его применения.

В результате выполнения будет получена конструкция адаптивного доильного аппарата, разработана математическая модель рабочего процесса пульсатора, выведены основные конструктивные параметры.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

В настоящее время в агропромышленном комплексе России весьма актуальна проблема увеличения производства молока. Одним из способов решения этой проблемы является повышение эффективности машинного доения коров.

Сложность процесса машинного доения заключается в том, что эффективность и полнота молоковыведения зависит, с одной стороны, от рефлекторной деятельности организма, а с другой – от технических характеристик доильного оборудования.

Машинное доение коров – технологический процесс, при осуществлении которого исполнительный механизм (доильный аппарат) работает во взаимодействии с организмом животного. Это взаимодействие (доение) происходит 2...4 раза в день по 4...5 мин на протяжении длительного периода[9].

Машинное доение уступает ручному по эффективности, однако облегчает труд операторов и повышает производительность, позволяет получить чистое, доброкачественное молоко за счет того, что оно не контактирует с внешней средой, а попадает в доильное ведро или молокопровод, имея при этом низкую себестоимость [17].

Известно, что эффективность и полнота молоковыведения при доении коров зависит не только от рефлекторной деятельности организма животного, но и от технических характеристик доильного оборудования. Отклонение от норм и нарушение правил эксплуатации доильного оборудования приводит к нарушению функции молочной железы животных [29].

По словам Карташова, молочная железа отличается тем, что молоко из нее выводится не постоянно, а во время сосания или доения. В это время нейрогипофиз начинает выделять гормон – окситоцин, поступающий в кровь и

приблизительно через 40...50 секунд доходящий до молочной железы. Окситоцин вызывает сокращение звездчатых клеток альвеол. При этом альвеолы сжимаются и выталкивают молоко в молочные протоки и цистерны. Продолжительность действия этого гормона 5...7 мин, а затем он разрушается. Поэтому корову необходимо выдаивать сразу же после подготовки вымени [12].

Доли вымени коров имеют ярко выраженную неравномерность развития. Поэтому необходимо создание такого доильного оборудования, которое обладало бы достаточной пропускной способностью и адаптивными свойствами [29].

Использование доильных аппаратов с управляемым режимом доения позволяет повысить молочную продуктивность коров и снизить их заболеваемость маститом [1].

По оценкам Петухова Н.А., Петухова В.Н., Диденко А.А., от применяемой доильной техники зависит производительность труда и поддержание продуктивности коров на необходимом уровне в течение лактации [18].

По словам Винникова И.К. продуктивность коровы и качество молока зависит от многих факторов, в том числе от качества и полноты молоковыведения. Идеальной системой молоковыведения является естественная биологическая система «корова-теленка». Основной ее «недостаток» – быстрое насыщение теленка, что не способствует росту продуктивности коровы. Определенный рост продуктивности животных обеспечило ручное доение, но в массе своей полнота выдаивания ограничивается усталостью рук доярки в наиболее тяжелой заключительной фазе молоковыведения. «Ненасытный» и «не знающий усталости» обычный доильный аппарат обеспечивает полноту выдаивания, но в заключительной фазе доения из-за передержек, которых почти невозможно избежать, возникает «сухое доение», вызывающее у коров болевые ощущения, кроводои, массовые

маститные заболевания, снижение продуктивности, качества молока и преждевременный запуск коров [5].

Необходимо подчеркнуть, что одним из важнейших резервов повышения молочной продуктивности коров является использование доильных аппаратов с наилучшими техническими характеристиками для данной группы коров – таких аппаратов, которые способны поддержать рефлекс молокоотдачи во время доения на достаточно высоком уровне. [13].

Принято считать, что биотехническая система состоит, как правило, из следующих элементов: технического устройства, устройства управления и животного [1817]. Эта система (человек – машина – животное), участвующая в машинном доении, является самонастраивающейся, иерархической (многоуровневой) [10].

Важное значение в стимуляции процесса лактации играет процесс доения.

Считается, что существующие модели доильных аппаратов, как в нашей стране, так и за рубежом, не обеспечивают стимуляцию режима молокоотдачи, имеют низкую интенсивность доения, влияют на заболеваемость коров маститом [18].

По мнению Барышникова И.А., адекватный доильный аппарат, режимы и параметры которого соответствуют физиологическим требованиям коровы к машинному доению, должен осуществлять стимуляцию рефлекса молокоотдачи, полностью выдаивать и не наносить вреда вымени животного [2].

Как считают Петухов Н.А., Петухов В.Н. и Диденко А.А., доильный аппарат должен объединять процессы стимуляции рефлекса молокоотдачи «высокочастотными» (10 Гц) колебаниями стенок сосковой резины и получения такта отдыха (периодический впуск атмосферного давления в подсосковую камеру), а также разделять процессы извлечения молока из соска и его транспортировки из коллектора, совершать их параллельно, не зависимо один от другого [18].

Принцип действия существующих доильных аппаратов, как считают Карташов Л.П. и Куранов Ю.Ф., довольно прост: высасывание молока из вымени коровы (так же, как это делает теленок) и сжатие соска для восстановления нормального кровообращения в соске и вымени коровы. Одновременно с высасыванием молока доильный аппарат должен стимулировать молокоотдачу коровы и не тормозить истечение молока **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

На эффективность машинного доения коров влияют самые разнообразные факторы, которые можно разбить на группы: технические характеристики доильных установок, технологические показатели процесса, селекционно-генетические показатели вымени и молокоотдачи [9].

Одно из направлений повышения эффективности молочного животноводства – совершенствование процесса доения коров, заключающееся в разработке и использовании доильного оборудования наиболее полно отвечающего зоотехническим, ветеринарным, физиологическим и инженерным требованиям [1].

При организации процесса машинного доения следует также учитывать случайные факторы, так как влияние многих из них очень велико (например, утечки тока, возникающие при плохом заземлении электродвигателей, приводят к снижению молочной продуктивности коров до 30%) [9].

По мнению Карташова Л.П. и др., чтобы полностью выдоить корову и не допустить заболеваний вымени, необходимо тщательно и в определенной последовательности выполнять все технологические операции машинного доения, соблюдая при этом определенные правила, обязательные при работе на любых доильных установках [13].

Значительное влияние на процесс машинного доения коров оказывают технические характеристики доильных установок. Они изменяются в широких пределах при различных нарушениях технического состояния установок **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

Нарушение и резкие изменения технических параметров доильных установок во время доения оказывают существенное влияние на скорость молокоотдачи и увеличивает время выдаивания животных [30].

Интенсификация производства молока, повышение продуктивности животных предъявляет все более высокие требования к соблюдению зоотехнических и технологических требований при доении коров. Высокопродуктивные животные наиболее чувствительны к нарушениям технологии доения, что приводит к заболеваниям вымени и, как следствие, снижению продуктивности, выбраковке, существенным экономическим потерям.

Рядом отечественных и зарубежных исследований установлено, что систематическая диагностика технического состояния систем доения, своевременное и качественное устранение выявленных дефектов позволяет снизить заболевания коров маститом, повысить продуктивность животных на 3...5% [9].

При создании доильных аппаратов разработчики подбирают такое сочетание рабочих параметров, которое обеспечивало бы полное выдаивание коровы за оптимальный промежуток времени с наименьшими затратами ручного труда и при этом не наносило бы ущерба здоровью молочной железы.

По мнению Карташова Л.П., большое значение на эффективность доения оказывают колебания рабочего вакуума под соском, причинами чего является недостаточное сечение вакуумных трубопроводов, синхронная работа пульсаторов, малая производительность вакуумных насосов.

В то же время доение коров при стабильном рабочем вакууме способствует выработке у коров устойчивого рефлекса молокоотдачи [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Вакуум – перепад давлений, действующий на сфинктер соска с двух сторон: избыточное давление молока изнутри и вакуум снаружи в подсосковом пространстве доильного стакана. Чем выше этот перепад, тем быстрее, при

прочих равных условиях, молоко отсасывается из вымени. В то же время чем выше вакуум под соском, тем больше травмирующее воздействие вакуума на ткани вымени и тем больше вероятность раздражения молочной железы и заболевания коров маститом. Как показала практика, оптимальное значение вакуума для различных аппаратов находится в пределах 45...53 кПа [12].

Карташов Л.П. в своей книге «Машинное доение коров» указывает, что имеются доильные аппараты, копирующие акт сосания или ручное доение. Однако многолетняя практика показала, что для внедрения эффективного машинного доения оказалось недостаточным механическое копирование основных параметров акта сосания и ручного доения [9].

Доильные аппараты с пониженным вакуумметрическим давлением в подсосковой камере доильного стакана, особенно использующие его на протяжении всего доения, в меньшей степени обуславливают заболевание коров маститом [7].

Применяемый доильный аппарат должен соответствовать физиологическим требованиям к машинному доению, основными из которых являются:

- стимуляция полноценного рефлекса молокоотдачи без затрат ручного труда;
- полнота выдаивания при каждом доении;
- интенсивность выдаивания, соответствующая молокоотдаче животных (подстройка параметров и режимов работы в зависимости от динамики молокоотдачи);
- безвредность для вымени.

Существующие доильные аппараты не полностью отвечают физиологическим требованиям. Малоэффективное доение приводит к неполному выдаиванию, в результате происходит снижение молочной продуктивности и наступает преждевременный запуск коров [30].

Определяющий фактор пригодности доильного оборудования – физиологичность. Под этим термином следует понимать его способность обеспечивать оптимальный режим доения, исключая вредное воздействие на молочную железу, и полное выдаивание животного. Это, прежде всего, связано с физиологической особенностью вымени коров – неравномерностью развития его долей [6].

Поэтому главными задачами при создании наиболее совершенных конструкций доильных аппаратов являются следующие: а) устранение конструктивных недостатков и причин, ведущих к торможению рефлекса молокоотдачи при доении; б) достижение полного взаимодействия исполнительного механизма и соска, обеспечивающего возбуждение рефлекса молокоотдачи без дополнительных затрат ручного труда; в) обеспечение простоты конструкций, надежности их работы и удобства в эксплуатации [9].

Одними из основных показателей, характеризующих работу доильных аппаратов, являются частота пульсаций, соотношение тактов. Частота пульсаций у большинства аппаратов регулируется и легко контролируется. Соотношение тактов на отечественных доильных аппаратах не регулируется. Оба этих показателя характеризуют работу пульсатора [4].

Пульсатор служит «сердцем» доильного аппарата. Чтобы животное не испытывало дискомфорта, не наносился вред его здоровью, пульсатор должен работать в соответствии с требованиями завода-изготовителя [9].

Пульсатор выполняет функцию регулирующей части доильного аппарата, задающей режим его работы. Это сложная пневматическая система, состоящая из ряда камер, объем и давление в которых значительно меняются, и трубок-дросселей различных длины и диаметра, соединяющих эти камеры. Расчет такой системы сводится к определению времени истечения и наполнения управляющей камеры воздухом.

Обследование состояния пульсаторов в ряде хозяйств показали, что на их долю приходится свыше 80% отказов, вследствие технологических и конструкционных причин [21].

Поэтому остается актуальным вопрос создания пульсатора, надежного и с технологической, и с конструкционной точки зрения.

Даже при удачной регулировке и настройке пульсаторов потеря «стереотипов доения» возможна из-за неправильной сборки доильных стаканов.

Основным рабочим органом, взаимодействующим с выменем животного при машинном доении, является сосковая резина. Желательно, чтобы на всех доильных аппаратах, закрепленных за оператором, сосковая резина соответствовала одной группе [4].

Наибольшая дестабилизация вакуумного режима наступает во время надевания доильных стаканов на соски, поэтому подавать разрежение в подсосковые камеры необходимо в завершающей стадии надевания каждого доильного стакана [21].

Основная часть современных доильных аппаратов в нашей стране и за рубежом работает при разрежении 42...53 кПа, но в некоторых конструкциях этот диапазон гораздо шире (33,3...91,3 кПа).

Для осуществления эффективного доения требуется обеспечить и постоянство рабочего разрежения. Его нестабильность приводит к нарушению стереотипа доения, ухудшению рефлекса молокоотдачи, росту затрат времени на доение животных, снижению продуктивности коров [30].

Главная угроза здоровью и жизни коров – мастит (воспаление вымени). Основным источником этого заболевания – применение не отрегулированного, неподбранного для конкретного дойного стада доильного аппарата, который к тому же работает на форсированных режимах (высокое разрежение под соском и жёсткое давление на сосок), дополнительно травмируя животных [12].

Как считают С.И.Щукин, И.Е. Петров, один из существенных недостатков серийных доильных аппаратов – обратный отток молока при такте сжатия – «аэрозольный» эффект, вызывающий мастит соска [32].

И.И. Балковой установил, что колебания рабочего разрежения в вакуумной системе приводят к заболеванию маститом до 32% коров, раздражению молочной железы на 23...30%, снижению молочной продуктивности на 23% и сокращению периода лактации на 25%. Коровы, заболевшие маститом, обычно снижают молочную продуктивность на 10...18%.

Одновременно средняя продолжительность продуктивной жизни коров сокращается до 3...4 лет. При этом значительное число животных (31,8 %) выбраковывается вследствие повреждения одной и более четвертей вымени. У 90,9% переболевших маститом коров также наблюдается снижение продуктивности. Количество молока в больных долях вымени в среднем уменьшается на 42%. При поражении только одной доли у коровы теряется 10...15% молока [30].

Для адаптивного управления доением необходимо для каждого соска вычислять присущие ему динамические характеристики – постоянные времени молоковыведения и молокоотдачи – и уточнять коэффициенты передаточных функций, внося изменения в режим управления, что обеспечит быстрое, безопасное и наиболее полное молоковыведение [22].

Для того, чтобы избежать различных нарушений в управлении машинным доением и получить высокие удои, необходимо знать не только систему машин и оборудования, но и эксплуатационную надежность биологических закономерностей образования молока и молокоотдачи у коров [17].

Немаловажное значение при доении коров имеет интенсивность потока молока, которая возрастает с ростом молочной продуктивности коров. Этот показатель является одним из основных селекционных признаков при отборе высокопродуктивных первотелок. Исследованиями, которые проводил Корж

Г.П., установлено, что максимальная интенсивность молокоотдачи у коров красной пестрой степной породы колеблется в пределах 1,1...3,1 л/мин [14].

Интенсивность молокоотдачи и полнота выдаивания в большей степени зависит от наполнения вымени молоком. При заполнении вымени менее чем на 40% доить коров не рекомендуется. Величина удоев, скорость молокоотдачи коров и затраты труда операторов в значительной степени зависят от приемов подготовки вымени к доению, отвечающей требованиям физиологии молокоотдачи [22].

При любом методе доения главное, чтобы в вымени не оставалось молоко. Постоянно остающееся в вымени молоко неблагоприятно действует на последующее молокообразование. В результате систематически снижаются удои, и коров приходится рано выбраковывать. Кроме того, остатки молока вызывают заболевание вымени, что также приводит к значительному снижению молочной продуктивности. Современные доильные аппараты требуют тщательной подготовки вымени перед дойкой: применяемый для извлечения молока вакуум вызывает болевые реакции, приводит к наползанию доильных стаканов на вымя, что не позволяет полностью вывести все образовавшееся молоко и нарушает кровообращение в сосках [17].

Механическая стимуляция молокоотдачи подготовительными устройствами способствует более полному опорожнению вымени коровы. Время машинного доения уменьшается на 13,3%, производительность доильной установки увеличивается на 10,4%. Механический способ стимуляции позволяет более стабильно готовить вымя к дойке: увеличивается не только производительность доильной установки, но и продуктивность коров [1]. Однако, механические устройства стимуляции молокоотдачи на сегодняшний день обладают громоздкой и несовершенной конструкцией.

Поэтому подмывание, массаж вымени и сдаивание первых порций молока вручную являются важными приемами машинного доения, а их общая продолжительность должна составлять не менее 0,75 мин в расчете на корову.

Для создания совершенных доильных аппаратов есть все необходимые предпосылки [17]. Для решения задачи создания адаптивного доильного аппарата с управляемым режимом доения, наиболее полно отвечающего физиологии животных, необходимо объединить накопленные знания, а также выявить направления в создании новых доильных аппаратов с управляемым режимом доения.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Выбор объекта исследования

Объектом исследования являлся рабочий процесс адаптивного доильного аппарата, а также закономерности изменения параметров технологического процесса доения в зависимости от основных конструктивных и технологических параметров адаптивного доильного аппарата.

2.2 Выбор методов исследования

Математический анализ и моделирование. Будут рассчитаны основные конструктивно-режимные параметры, такие как мощность привода пульсатора, диаметры вакуумных каналов, объемы камер пульсатора, межстенной камеры доильных стаканов, время включения тактов сосания и сжатия, оптимальные соотношения тактов и частота пульсаций, давление внутри системы, расход воздуха.

2.3 Использование адаптивного доильного аппарата

Применение адаптивного доильного аппарата для машинного доения коров, причем как для индивидуального доения, так и для доения в молокопровод.

3. РАСЧЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

В результате обзора известных конструкций и изучения принципа их работы составлена классификация доильных аппаратов (рис. 1).

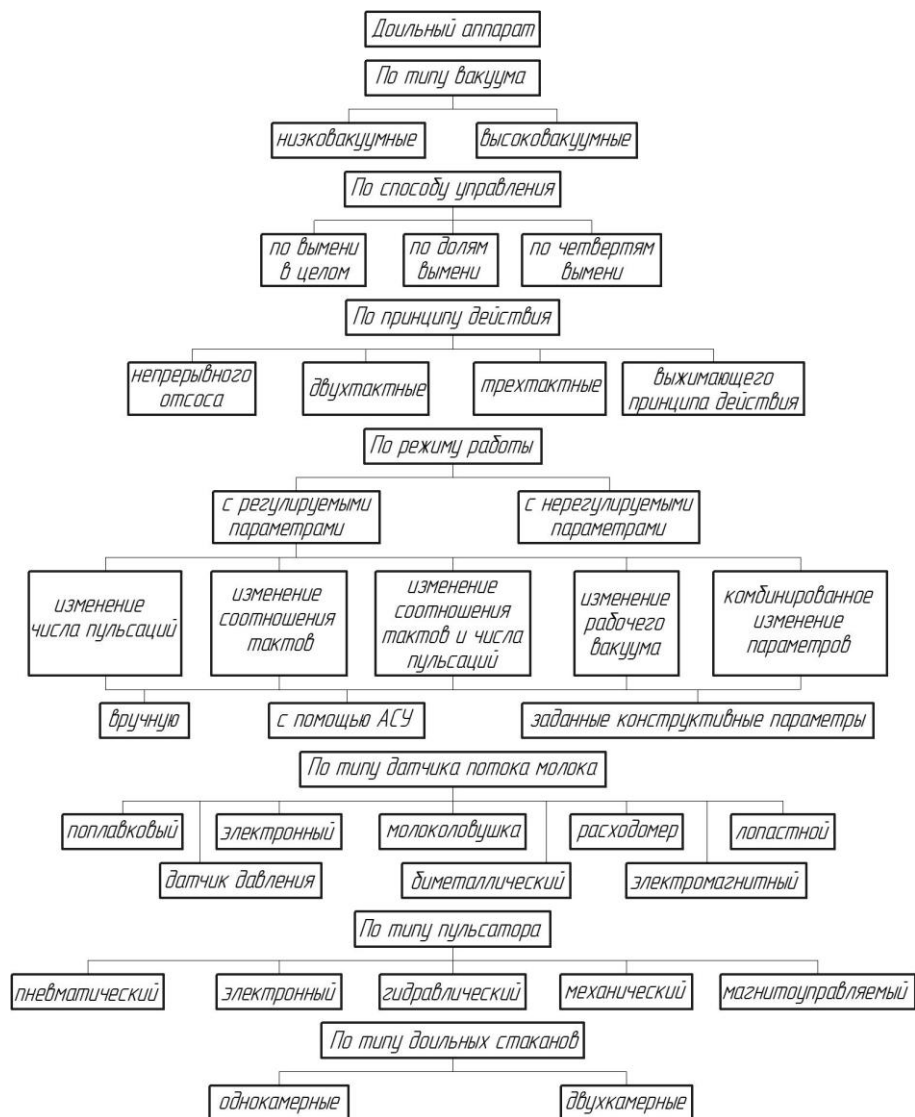


Рис. 1 – Классификация доильных аппаратов

Изучив конструкции пульсаторов доильных аппаратов и принцип их работы, составлена их классификация (рис. 2).

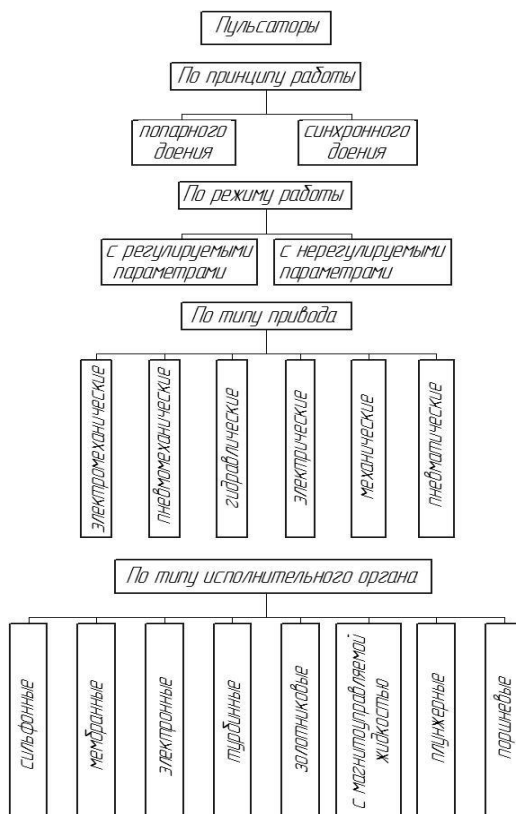


Рис. 2 – Классификация пульсаторов доильных аппаратов

Проанализировав собранный материал, нами предложен адаптивный доильный аппарат с механическим пульсатором (рис. 3) [9].

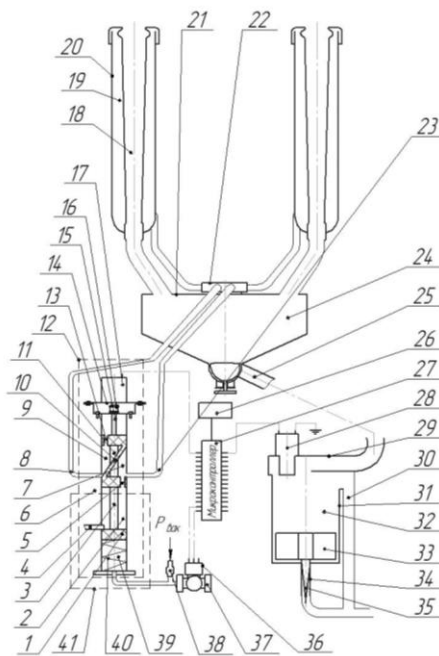


Рис. 3 – Адаптивный доильный аппарат

1 – поршень, 2 – надпоршневая камера пневмоцилиндра, 3 – шток, 4, 8, 23, 25 – патрубки, 5, 13 – отверстия, 6 – корпус, 7 – камера постоянного вакуумметрического давления, 9 – камера постоянного атмосферного давления, 10 – разделительные стенки золотника, 11 – золотник, 12 – пульсатор, 14 – крышка пульсатора, 15 – шлицевой вал, 16 – эластичное соединение,

17 – электродвигатель, 18 – подсосковая камера, 19 – межстенная камера доильного стакана, 20 – доильный стакан, 21 – коллектор, 22 – распределительная камера коллектора, 24 – молокоприемная камера, 26 – регистратор интенсивности молоковыведения, 27 – микроконтроллер, 28 – лазерный дальномер, 29 – крышка датчика потока молока, 30 – переливной патрубок, 31 – датчик потока молока, 32 – молоколовушка, 33 – поплавок, 34 – сливной патрубок, 35 – игла, 36 – шаговый электродвигатель, 37 – дроссель, 38 – калиброванный канал, 39 – подпоршневая камера, 40 – пружина, 41 – пневмоцилиндр.

Доильный аппарат работает следующим образом. Сливной патрубок датчика потока молока соединяют с молокоприемным устройством (на схеме не показано). Патрубок пульсатора и калиброванный канал подключают к источнику вакуумметрического давления (на схеме не показан). Лазерный дальномер, установленный на крышке датчика потока молока, через микроконтроллер электрически соединяют с шаговым электродвигателем дросселя, электродвигателем вращения золотника и регистратором интенсивности молоковыведения в процессе доения коровы. При этом вакуумметрическое давление из молокоприемного устройства (на схеме не показано) поступает в подсосковую камеру доильного стакана через молокоприемную камеру коллектора, патрубком соединенную с поплавковым датчиком потока молока, выполненным в виде молоколовушки с переливным патрубком и сливным патрубком, перекрываемым иглой, прикрепленной к поплавку, и соединяемым с молокоприемным устройством (на схеме не показано). Причем, для обеспечения линейной зависимости между перемещением поплавка и площадью открываемого отверстия для слива молока из молоколовушки по патрубку, игла выполнена с поверхностью, описанной уравнением:

$$y = x^2 \frac{(2r^2 - x^2)l}{r^2} + z^2 \frac{(2r^2 - z^2)l}{r^2}, \quad (1)$$

где: r - радиус сливного отверстия, м; x , z - текущее значение радиуса иглы по оси X и Z , соответственно, м; l – длина иглы, м.

При этом золотник вращает электродвигатель, соединенный с золотником шлицевым валом. При вращении золотник совмещает попеременно камеру постоянного вакуумметрического давления и камеру постоянного

атмосферного давления с патрубками и, соединенными с межстенными камерами доильных стаканов через распределительные камеры коллектора, обеспечивая в них переменный вакуум, который регулирует выведение молока. При этом в камеру постоянного атмосферного давления посредством отверстия поступает атмосферный воздух, а в камеру постоянного вакуумметрического давления посредством отверстия из надпоршневой камеры пневмоцилиндра через патрубок – вакуумметрическое давление. Регулированием частоты вращения золотника электродвигателем изменяют частоту пульсаций в зависимости от значений молокоотдачи, принимаемых микроконтроллером, электрически соединенным с регистратором интенсивности молоковыведения в процессе доения коровы и с лазерным дальномером, установленным для регистрации положения поплавка в молоколовушке на крышке датчика потока молока.

Продольным перемещением золотника по шлицевому валу в корпусе пульсатора штоком пневмоцилиндра, поршень которого подпружинен пружиной, расположенной в подпоршневой камере, сообщаемой через калиброванный канал с источником вакуумметрического давления (на схеме не показан), а через регулируемый шаговым электродвигателем дроссель – с атмосферой, регулируют соотношение тактов.

В предлагаемом доильном аппарате механический пульсатор обеспечивает изменение соотношения тактов и частоты пульсаций в автоматическом режиме в зависимости от интенсивности потока молока, регистрируемой датчиком потока молока в виде молоколовушки. Автоматическое изменение параметров обеспечивает блок управления с микроконтроллером, который на основании данных интенсивности молокоотдачи устанавливает режим доения (рис.4) [3, 5, 6, 7, 11].

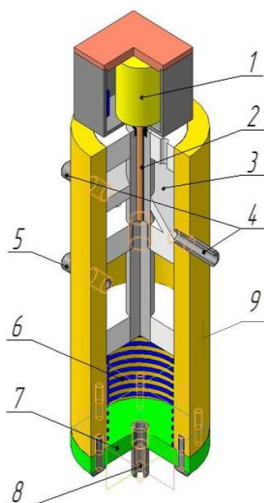


Рис.4 – Механический пульсатор

1-электродвигатель, 2-вал, 3-золотник, 4-патрубки, соединяемые с парами доильных стаканов, 5-патрубок, соединяемый с источником постоянного вакуумметрического давления, 6-пружина, 7-крышка, 8-патрубок, соединяемый с источником переменного давления, 9-корпус пульсатора

Исполнительный механизм пульсатора – золотник со сходящимися книзу наклонными разделительными стенками вакуумметрической и атмосферной камер, одновременно имеющего возможность продольного перемещения в корпусе относительно впускных и выпускных отверстий для изменения соотношения тактов пульсаций – представлен на рисунке 5.

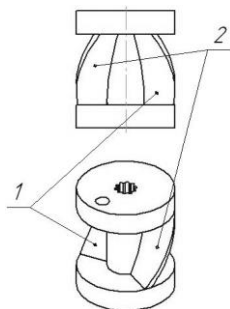


Рис. 5 – Золотник пульсатора

1, 2 – разделительные стенки камер вакуумметрического и атмосферного давления

На золотник механического пульсатора, действует сила прижатия F (рис. б) к внутренней поверхности корпуса пульсатора, которая определяется по формуле:

$$F = S \cdot (P_{ATM} - P_{BAK}), \quad (2)$$

где S – площадь золотника, воспринимающая воздействие разности давления P_{ATM} и P_{BAK} , м²; P_{ATM} – атмосферное давление, Па; P_{BAK} – вакуумметрическое давление, Па.

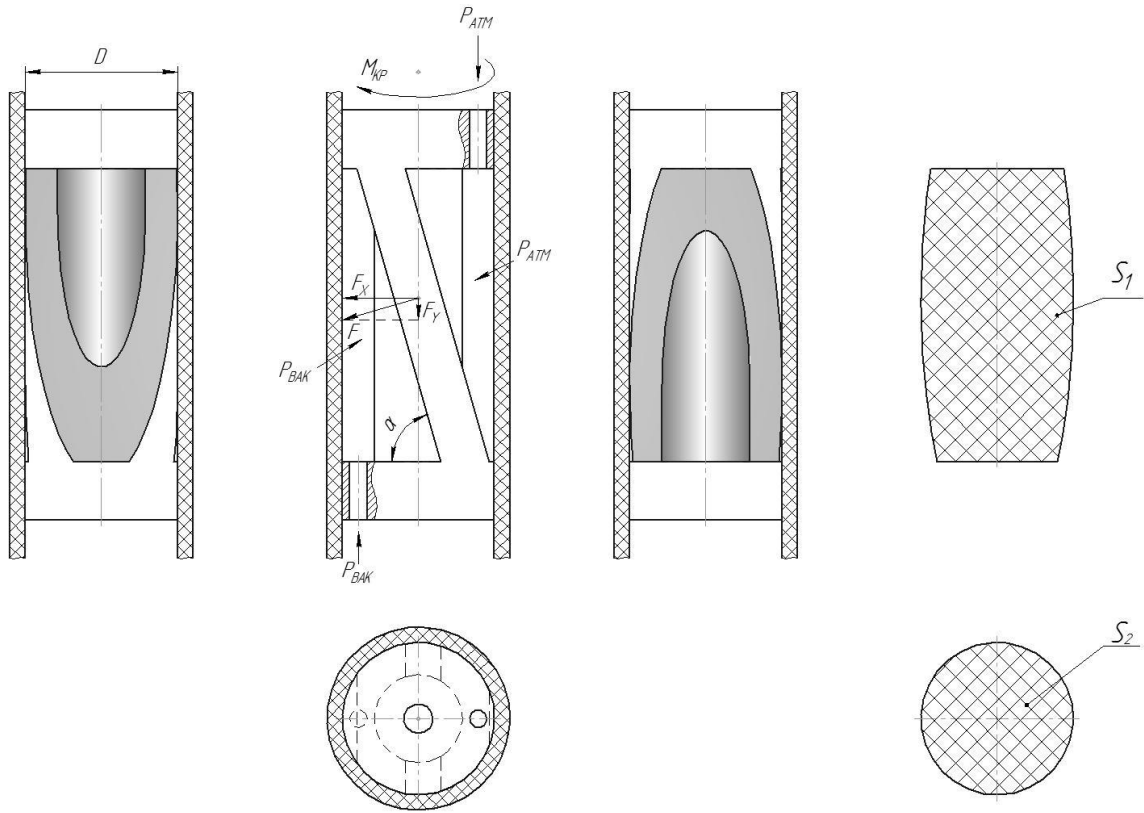


Рис. 6 – Схема сил, действующих на золотник

Горизонтальная составляющая F_x силы прижатия определяется по формуле:

$$F_x = S_1 \cdot (P_{ATM} - P_{BAK}) \cdot \sin \alpha, \quad (3)$$

где α – угол наклона разделительных пластин золотника, °.

Площадь контакта в данном случае представляет собой усеченный эллипс и определяется из соотношения:

$$S_1 = S_{\text{э.}} - S_{\text{с.э.1}} - S_{\text{с.э.2}}, \quad (4)$$

где $S_{\text{э.}}$ - площадь эллипса, м²; $S_{\text{с.э.1}}$ и $S_{\text{с.э.2}}$ – площади сегментов эллипса, м².

Площадь эллипса мы можем определить как площадь круга под углом:

$$S_{\text{э.}} = \frac{\pi d^2}{4 \cos \alpha'}, \quad (5)$$

где d - диаметр золотника, м.

Площадь сегмента эллипса мы можем определить также как площадь сегмента круга под углом. Получим:

$$S_{c.з.1} = \frac{R^2(\alpha_1 - \sin \alpha_1)}{2 \cos \alpha}, \quad S_{c.з.2} = \frac{R^2(\alpha_2 - \sin \alpha_2)}{2 \cos \alpha}, \quad (6)$$

где α_1 и α_2 - углы отсекаемых сегментов; R - радиус золотника, м.

Подставляем уравнения (5) и (6) в уравнение (4):

$$S_1 = \frac{\pi d^2}{4 \cos \alpha} - \frac{R^2(\alpha_1 - \sin \alpha_1)}{2 \cos \alpha} - \frac{R^2(\alpha_2 - \sin \alpha_2)}{2 \cos \alpha} \quad (7)$$

Подставив уравнение (7) в уравнение (3) получим:

$$F_X = \left(\frac{\pi d^2}{4 \cos \alpha} - \frac{R^2(\alpha_1 - \sin \alpha_1)}{2 \cos \alpha} - \frac{R^2(\alpha_2 - \sin \alpha_2)}{2 \cos \alpha} \right) \cdot (P_{ATM} - P_{BAK}) \cdot \sin \alpha \quad (8)$$

Согласно уравнению (8) график зависимости горизонтальной составляющей силы прижатия от значений вакуумметрического давления и диаметра исполнительного механизма представлен на рисунке 7.

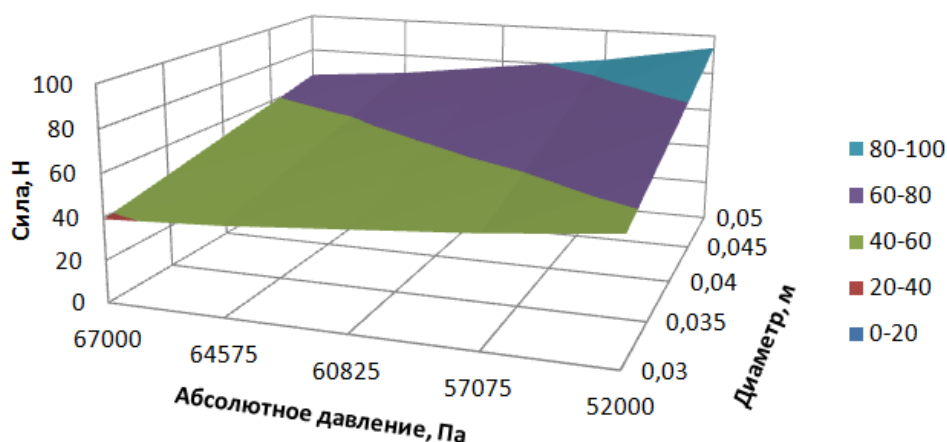


Рис. 7 – График зависимости горизонтальной составляющей силы прижатия от вакуумметрического давления и диаметра золотника

На графике, при варьировании абсолютного давления 67000...52000 Па и диаметре исполнительного механизма пульсатора – золотника – от 0,03 до 0,05 м значение горизонтальной составляющей силы прижатия к стенке корпуса пульсатора изменяется от 39,1 до 93,7 Н.

Вертикальная составляющая F_Y силы прижатия F , действующей на разделительную пластину золотника, будет равна:

$$F_Y = S_2 \cdot (P_{ATM} - P_{BAK}) \cdot \cos \alpha \quad (9)$$

Площадь контакта в данном случае представляет собой круг и определяется по формуле:

$$S_2 = S_k = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (10)$$

Подставив уравнение (10) в уравнение (9) получим:

$$F_Y = \frac{\pi d^2}{4} \cdot (P_{ATM} - P_{BAK}) \cdot \sin \alpha, \quad (11)$$

Графическая интерпретация уравнения (11), характеризующего зависимость вертикальной составляющей силы прижатия от значений вакуумметрического давления и диаметра исполнительного механизма, приведена на рисунке 8.

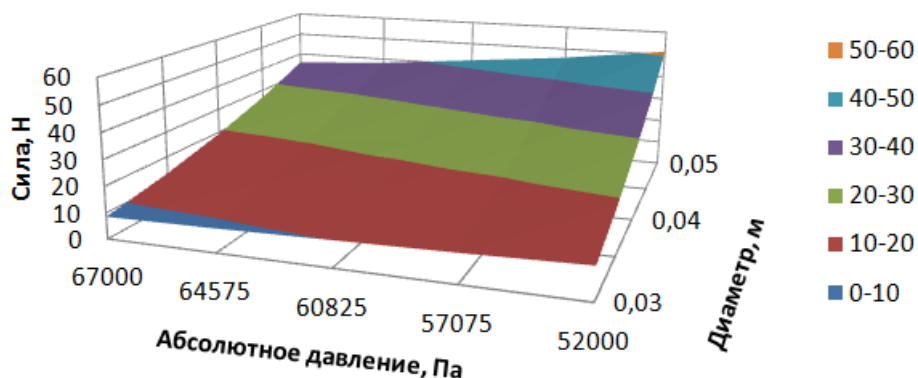


Рис. 8 – График зависимости вертикальной составляющей силы прижатия от вакуумметрического давления и диаметра золотника

При изменении абсолютного давления от 67000 до 52000 Па и диаметре золотника от 0,03 до 0,05 м значение вертикальной составляющей силы прижатия к стенке корпуса пульсатора возрастает от 39,1 до 93,7 Н.

Необходимый крутящий момент $M_{кр}$ привода золотника определяется из соотношения:

$$M_{кр} = F_{тр} \cdot r = k \cdot N \cdot r, \quad (12)$$

где k – коэффициент трения; N – нормальная сила реакции опоры, Н; r – радиус золотника, м.

График зависимости крутящего момента от значений вакуумметрического давления и диаметра исполнительного механизма представлен на рисунке 9.

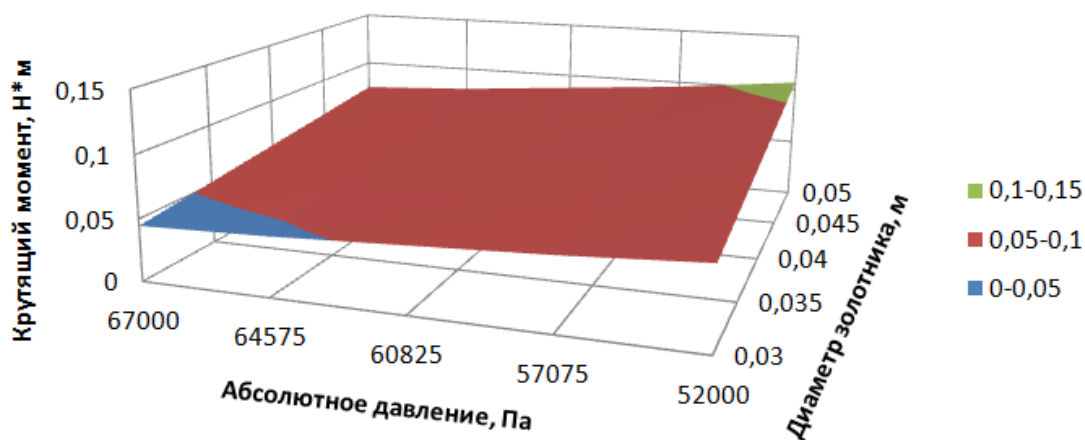


Рис. 9 – График зависимости крутящего момента от вакуумметрического давления и диаметра золотника

В нашем случае при величине абсолютного давления от 67000 до 52000 Па и диаметре золотника от 0,03 до 0,05 м значение крутящего момента изменяется от 0,045 до 0,107 Н*м.

Допустим, что в процессе работы пульсатора в камере вакуумметрического давления сохраняется постоянное значение давления, а объем межстенной камеры доильного стакана - постоянный. Тогда скорость изменения вакуумметрического давления в межстенной камере можно представить как:

$$\frac{dh}{dt} = P_a \frac{Q_s}{V_{ку}}, \quad (13)$$

где h – текущее давление воздуха в межстенной камере в абсолютном исчислении, Па; Q_s – расход воздуха, $м^3/с$; $V_{ку}$ – объем межстенной камеры доильного стакана, $м^3$, P_a - атмосферное давление в системе, Па [8].

Уравнение расхода воздуха можно представить как:

$$Q_s = K \cdot (P_{атм} - P_{вак}), \quad (14)$$

где $P_{атм}, P_{вак}$ – атмосферное и вакуумметрическое давление в системе, соответственно, Па, K – коэффициент Пуазейля, равный

$$K = \frac{\pi d^4}{128\eta l}, \quad (15)$$

где d - диаметр канала, м, l - длина канала, м, η - коэффициент вязкости среды.

Преобразовав уравнение (13) с учетом (14) и проинтегрировав его в пределах от $P_{вак}$ до $P_{атм}$, получим расчетное время t включения такта сжатия:

$$t_{сж} = \int_{P_{вак}}^{P_{атм}} \frac{128\eta l_k V_{ку}}{\pi d_{ко}^4 P_{атм}} \frac{dh}{(P_{атм} - P_{м.к.})} = \frac{128\eta l_k V_{ку}}{\pi d_{ко}^4 P_{атм}} \cdot \ln \frac{(P_{атм} - P_{вак.})}{(P_{атм} - P_{м.к.})}, \quad (16)$$

где l_k -длина вакуумного канала, м, $V_{ку}$ - объем камеры управления, м³, $P_{м.к.}$ - давление в межстенной камере доильного стакана, Па,

Диаграмма изменения времени включения такта сжатия в зависимости от изменения длины и диаметра вакуумного канала представлена на рисунке 10.

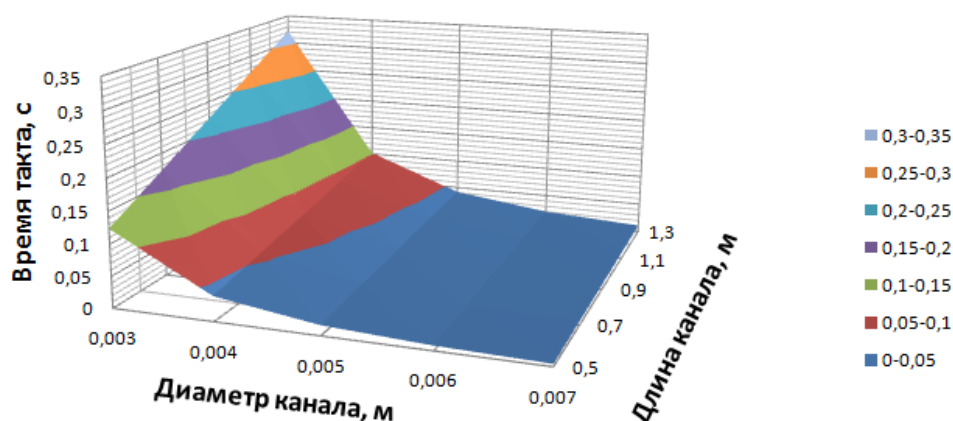


Рис.10 - Диаграмма изменения времени включения такта сжатия

На диаграмме при изменении диаметра канала от 0,003 до 0,007 м и длине канала от 0,5 до 1,3 м время включения такта сжатия изменяется в пределах от 0,004 до 0,322 с.

А проинтегрировав его в пределах от $P_{атм}$ до $P_{вак}$, получим расчетное время $t_д$ включения такта сосания:

$$t_д = \int_{P_{атм}}^{P_{вак}} \frac{128\eta l_k V_{ку}}{\pi d_{ко}^4 P_a} \frac{dh}{(P_{м.к.} - P_{вак})} = \frac{128\eta l_k V_{ку}}{\pi d_{ко}^4 P_a} \cdot \ln \frac{dh}{(P_{м.к.} - P_{вак})}, \quad (17)$$

Диаграмма изменения времени включения такта сосания в зависимости от изменения длины и диаметра вакуумного канала представлена на рисунке 11.

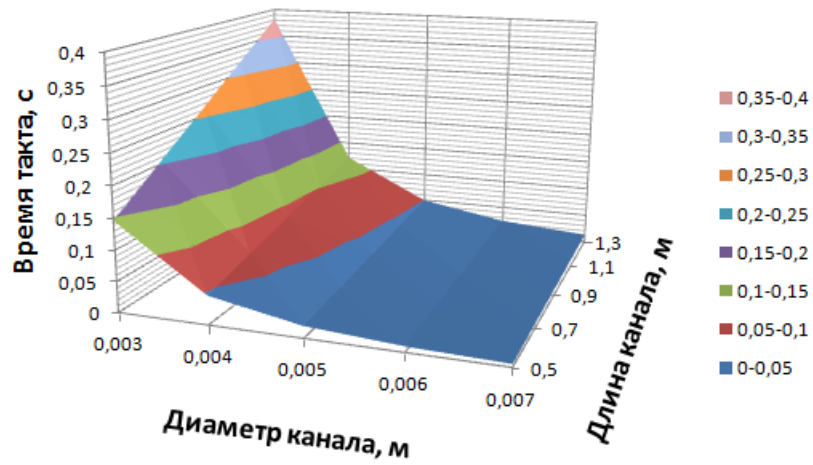


Рис. 11 - Диаграмма изменения времени включения такта сосания

Согласно диаграмме при изменении диаметра канала от 0,003 до 0,007 м и длины канала от 0,5 до 1,3 м время включения такта сосания изменяется в пределах от 0,005 до 0,381 с.

4. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Адаптивный доильный аппарат имеет свои преимущества и недостатки. К преимуществам относят: небольшую себестоимость, повышение полноты выдаиваемости до 98%, повышение молочной продуктивности коров на 3...5%.

1. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА

1.1 Список публикаций по проекту.

1. Ужик В.Ф., Клёсов Д.Н. Разработка адаптивного доильного аппарата с механическим пульсатором // В.Ф. Ужик, Д.Н. Клёсов / Вестник всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. - 2016. - № 3 (23). - с. 57-61.

2. Ужик В.Ф., Клёсов Д.Н. Разработка пульсатора для доильного аппарата / Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2016. - №4 (12). *(принято к печати)*.

1.2 Копии статей

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный нами доильный аппарат предназначен для доения коров в коровнике с привязным содержанием, на передвижных доильных установках и доильных залах.

В конструкции данного аппарата механический пульсатор обеспечивает изменение соотношения тактов и частоты пульсаций в автоматическом режиме в зависимости от интенсивности потока молока, регистрируемой датчиком потока молока в виде молоколовушки. Автоматическое изменение параметров обеспечивает блок управления с микроконтроллером, который на основании данных интенсивности молокоотдачи устанавливает режим доения.

Математическим моделированием рабочего процесса пульсатора установлено, что как горизонтальная так и вертикальная составляющая усилия прижатия золотника к внутренней поверхности корпуса пульсатора, равно как необходимый крутящий момент привода золотника и усилие его перемещения по оси ординат зависят от коммутируемых атмосферного и вакуумметрического давления, диаметра и площади золотника, воспринимающей разность давлений, угла наклона разделительной пластины и коэффициента трения.

Расход воздуха имеет линейную зависимость. Время включения такта сжатия варьируется в пределах от 0,004 до 0,322 с, а такта сосания - в пределах от 0,005 до 0,381 с. Частота пульсаций – 50...80 пульсов в минуту, соотношение тактов – от 30...70 до 70...30 (такт сосания: такт сжатия), диаметр исполнительного механизма пульсатора – 0,03...0,05 м, диаметр вакуумного канала – 0,0005...0,0007 м, крутящий момент привода пульсатора – 0,045...0,107 Н*м, мощность привода – 0,03...0,014 Вт.

Использование данного доильного аппарата с механическим пульсатором в конструкции адаптивного доильного аппарата за счет автоматического регулирования частоты пульсаций и соотношения тактов позволит повысить степень выдаиваемости коров на 3-5%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверкиев А.А., Баловнева Е.Г. Предпосылки разработки модели механической стимуляции рефлекса молокоотдачи коров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета – 2012г. – №1(33) – С.86-89
2. Барышников И.А. Физиологические механизмы машинного доения. – М.-Л.,: Наука, 1964. – С.8-10
3. Белокобыльский А.А. Обоснование параметров доильного аппарата с управляемым режимом работы.// МЭСХ – 2007г. - №11 – С. 9-12.
4. Борознин В.А., Борознин А.В. Обоснование диагностических параметров пульсатора.// МЭСХ – 2007г. - №3 – С. 16-18.
5. Винников И.К. Основные направления модернизации доения коров // Вестник аграрной науки Дона – 2011г. - №1(13) – С.74-79.
6. Вторый В.Ф., Вторый С.В. Оценка качества работы пульсаторов доильных аппаратов.// МЭСХ – 2012г. - №3 – С.19-20.
7. Забродина О.Б., Мартыненко О.И. Адаптивное управление процессом доения.// МЭСХ – 2010г. - №7 – С.28-29
8. Заявка №2016100964. Доильный аппарат //Ужик В.Ф., Клёсов Д.Н., Ужик О.В. №2016100964 RU; Заявлено 13.01.2016.
9. Ижболдина С., Попов А., Николаев В. Настройка доильных аппаратов.//Сельский механизатор – 2004г. - №7 – С.28.
10. Карташов Л.П. Машинное доение коров. – М.: Колос, 1982.-301с., ил.
11. Карташов Л.П. и др. Механизация, электрификация и автоматизация животноводства / Л.П. Карташов, А.И. Чугунов, А.А. Аверкиев. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Колос, 1997. 368 с.
12. Карташов Л.П., Трубников В.В. Способ оценки доильных аппаратов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета – 2011г. – №2(30) – С.74-75.

13. Карташов Л.П. и др. Учебник мастера машинного доения / Л.П. Карташов, В.Г. Звизяцковский, Л.И. Сорокина и др.– М.: Колос, 1994. – 368 с.
14. Корж Г.П. Результаты исследования динамики выведения молока из вымени лактирующих животных /Г.П. Корж // Труды / Кубанский СХИ, 1984. Вып. 239. С. 80-88.
15. Мартынов Е.А. Автоматизация доения коров с применением манипуляторов доения / Е.А. Мартынов, О.А. Чехунов // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства.- 2015. - № 3 (19). - С. 51-53.
16. Патент №2539957 RU, МПК А 01 j 5/10 (2006.01). Пульсатор для доильных установок / Ужик В.Ф., Клёсов Д.Н., Ужик О.В. – №2013146314/13 Заявлено 16.10.2013; Оpubл. 27.01.2015 Бюл. №3
17. Пейнович М. Л. Новые данные по физиологии доения // Тр. Сиб-НИИЖа. Новосибирск, 1957. Вып. 13.
18. Петухов Н.А., Петухов В.Н., Диденко А.А. Доильный аппарат, соответствующий физиологическим требованиям животного //Достижения науки и техники АПК - 2009г. - №10 – С.44-46
19. Петухов Н.А., Петухов В.Н. Исследование стимулирующего воздействия на молокоотдачу коров // Техника в сельском хозяйстве – 2013г. - №3 – С.24-25
20. Петухов Н.А., Петухов В.Н., Диденко А.А. Перспективные направления доильных аппаратов.// Техника и оборудование для села – 2009г. - №9 – С.23-25.
21. Саврасов М., Арсеньев Д., Смелик В. Выбор доильного аппарата.// Сельский механизатор – 2007г. - №4 – С.30-31.
22. Симарев Ю. Инженеры и конструкторы, учите физиологию.// Сельский механизатор – 2006г. - №3 – С.30.
23. Симарев Ю. Эффективность машинного доения.// Сельский механизатор – 2004г. - №12 – С.20-21

24. Соляник С.С. Вакуумный режим доильных установок.// МЭСХ – 2007г. - №5 – С. 15-16
25. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства / Под ред. директора Департамента научно-технической политики и образования Минсельхоза России В.В. Нунгезера, акад. Россельхозакадемии Ю.Ф. Лачуги и чл.-корр. Россельхозакадемии В.Ф. Федоренко. – Ч. II. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 492 с.
26. Ужик В.Ф. Механический пульсатор для доильного аппарата / В.Ф. Ужик, Д.Н. Клёсов, О.В. Ужик // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства, 2014. - № 4 (16). - С. 86-88.
27. Ужик В.Ф. Пульсатор адаптивного доильного аппарата / В.Ф. Ужик, О.А. Чехунов, О.В. Ужик, П.Ю. Кокарев, Д.Н. Клёсов // Сельский механизатор. – 2014.- №12. – с. 26-27.
28. Ужик В.Ф. Обоснование конструктивно-режимных параметров пульсатора адаптивного доильного аппарата / В.Ф. Ужик, О.В. Ужик, О.А. Чехунов, Д.Н. Клёсов, В.А. Шахов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015.- №6 (56). – с. 88-90.
29. Ужик О.В. К обоснованию параметров регулирующих устройств адаптивного доильного аппарата // Вестник Казанского ГАУ – 2013г. – № 4 (30) – С.82-86.
30. Ужик О.В., Ужик Я.В. Основа повышения эффективности машинного доения коров – автоматизация элементов технологического процесса.// Достижения науки и техники АПК - 2008г. - №6 – С.47-49.
31. Шулятьев В.Н. и др. Усовершенствованный доильный аппарат.//Техника в сельском хозяйстве – 2006г. - №6 – С.12-13.
32. Щукин С.И., Петров И.Е. Доильный аппарат с независимым вакуумом.//МЭСХ – 2012г. - №2 – С. 9-11.