

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Я. ГОРИНА»

На правах рукописи



НЕКИПЕЛОВ
СТАНИСЛАВ ИГОРЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ
ПАРАМЕТРОВ МОБИЛЬНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ДОЕНИЯ КОРОВ В
ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ**

Специальность: 05.20.01 – технологии и средства
механизации сельского хозяйства

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель – доктор
технических наук, профессор
Ужик В.Ф.

Белгород – 2020

РЕФЕРАТ

Диссертационная работа изложена на 221 стр. машинописного текста, в том числе содержит 10 таблиц, 54 рисунка и 15 приложений.

Список литературы включает 181 наименование.

Ключевые слова: доильный аппарат, агрегат, датчик, молоко, поток, шасси, пневмоцилиндр, устойчивость, корова, доение, вакуум, доильный стакан,

Диссертация направлена на совершенствование мобильных агрегатов для доения коров в фермерских хозяйствах.

На базе анализа информации о результатах исследований и известных конструкций разработан мобильный агрегат для доения коров с датчиком потока молока и пневмоцилиндром снятия доильного аппарата с вымени коровы.

Разработаны математические модели движения доильного аппарата, рабочего процесса шасси и пневмоцилиндра снятия доильного аппарата мобильного агрегата для доения коров.

Изложены методики и результаты экспериментальных исследований мобильного агрегата для доения коров, обоснованы основные конструктивно-режимные параметры.

Приведены результаты хозяйственных испытаний мобильного агрегата для доения коров и его экономическая эффективность.

СОДЕРЖАНИЕ		
ВВЕДЕНИЕ		5
1. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЗАВЕРШАЮЩЕЙ СТАДИИ ДОЕНИЯ КОРОВЫ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ЕЕ МЕХАНИЗАЦИИ		12
1.1. Физиологические и технологические аспекты доения коров		12
1.2. Классификация технических средств машинного доения коров		21
Выводы		30
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МОБИЛЬНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ДОЕНИЯ КОРОВ		32
2.1. Обоснование конструктивно-технологической схемы мобильного агрегата для доения коров		32
2.2. Теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров пневмоцилиндра снятия доильного аппарата и шасси мобильного агрегата доения коров		40
2.2.1. Теоретическое обоснование хода поршня пневмоцилиндра снятия доильного аппарата с вымени коровы		40
2.2.2. Теоретическое обоснование натяжение троса пневмоцилиндра снятия доильного аппарата с вымени коровы		43
2.2.3. Теоретическое обоснование положения центра тяжести шасси мобильного агрегата для доения коров		48
2.2.4. Теоретическое обоснование положения опор шасси мобильного агрегата для доения коров		53
2.2.5. Теоретическое определение реакций на опорах шасси мобильного агрегата для доения коров		66
2.2.6. Теоретическое обоснование диаметра и вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра снятия доильного аппарата с вымени коровы..		71
Выводы		81
3. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МОБИЛЬНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ДОЕНИЯ КОРОВ		86
3.1. Методика исследования силы натяжения троса пневмоцилиндра при движении доильного аппарата с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории при $\alpha_t=0$		88
3.2. Методика исследования положения центра тяжести мобильного агрегата для доения коров		93

3.3.	Методика исследования устойчивости от опрокидывания мобильного агрегата для доения коров ..	97
3.4.	Методика исследования силы, развиваемой на тросе пневмоцилиндром, в зависимости от его диаметра и подаваемого вакуумметрического давления	102
3.5.	Методика исследования времени достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра мобильного агрегата для доения коров	106
4.	РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МОБИЛЬНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ДОЕНИЯ КОРОВ	113
4.1.	Результаты исследований силы натяжения троса пневмоцилиндра при движении доильного аппарата с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории при $\alpha_t=0$	113
4.2.	Результаты исследования положения центра тяжести мобильного агрегата для доения коров...	117
4.3.	Результаты исследования устойчивости от опрокидывания мобильного агрегата для доения коров	121
4.4.	Результаты исследования силы, развиваемой на тросе пневмоцилиндром, в зависимости от его диаметра и подаваемого вакуумметрического давления	130
4.5.	Результаты исследования по установлению времени достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра мобильного агрегата для доения коров	132
	Выводы	139
5.	ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ АДАПТИВНОГО ДОИЛЬНОГО АППАРАТА С ДОЕНИЕМ В БИДОН	144
5.1.	Условия хозяйственных испытаний	144
5.2.	Методика испытания	145
5.3.	Результаты хозяйственных испытаний мобильного агрегата доения коров	146
5.4.	Экономическая эффективность мобильного агрегата для доения коров	148
5.4.1.	Расчет экономического эффекта экспериментального мобильного агрегата для доения коров	149
	Выводы	152
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	154
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	157
	ПРИЛОЖЕНИЯ	177

ВВЕДЕНИЕ

Создание новых производственных мощностей, укрепление и развитие действующих предприятий, развитие малого бизнеса, фермерского предпринимательства в области производства сырьевых ресурсов для выпуска продуктов питания животного происхождения – главная задача настоящего времени. Поэтому весьма актуально Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. № 717 "О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы» которым планируется до 2020 г. увеличить долю отечественного производства продовольствия [1].

В перечисленных направлениях развития аграрного сектора страны весьма значимым является направление, связанное с производством молока. Становление и развитие молочного скотоводства – непростая задача. Она связана с развитием материальной базы для выращивания и содержания дойного поголовья коров. Но этого недостаточно. Необходима большая, скрупулезная работа ученых и практиков по созданию новых пород скота, большая селекционная работа по формированию высокопродуктивного стада коров. Необходимо отрабатывать новые технологические приемы выращивания и содержания коров, обладающих высокой продуктивностью. При этом одно из главных составляющих в процессе производства молока - машинное доение коров. Этому вопросу следует уделить особое внимание, так как эта технологическая операция способна перечеркнуть все другие достижения в этом направлении вследствие того, что здесь происходит взаимодействие технических средств, - доильного оборудования, и биологического объекта – коровы. От эффективности их взаимодействия зависит надой молока от коровы, степень выдоенности вымени, состояние здоровья животного, последующая молочная продуктивность и многое другое [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

Современное промышленное производство базируется на использовании специализированных помещений [2, 3, 10 и др.], оборудованных высокопроизводительными доильными установками с различными способами фиксации коров

на период доения типа «Елочка», «Карусель» и др., снабженных элементами автоматики контроля и управления процессом доения. Но следует заметить, что как для доильного оборудования промышленных производств, роботизированных установок, так и более мелких производств, с применением линейных доильных машин, в качестве фактора, оказывающего влияние на формирование режима доения коровы, выбран один параметр – интенсивность потока молока, выводимого из вымени коровы, реже – из отдельно взятой доли [11]. Как результат - варьирование вакуумметрического давления доения, частоты а также соотношения тактов пульсаций пульсатора, хотя, как показывает практика, не во всех современных доильных установках регулируются перечисленные параметры в полном объеме.

Однако нельзя не обратить внимание еще на одно направление развития молочного скотоводства – мелкотоварное производство. Оно предусматривает доение небольших групп коров. Применение в таком случае доильных установок весьма ограничено. И зачастую для этого используются мобильные агрегаты для индивидуального доения одной, реже двух коров. Рассчитаны они на обслуживание стада до 10 голов. Как правило, в таких агрегатах применяются однорежимные доильные аппараты. Также следует заметить, что вследствие отсутствия каких-либо элементов автоматики управления технологическим процессом, оператор затрачивает на доение одной коровы не менее пяти минут, субъективно оценивая интенсивность потока молока, при котором доильный аппарат снимается с вымени коровы. В то время как при доении на доильной установке «Карусель» - не более 7...9 с [12].

Поэтому весьма важным для данного типа доильного оборудования является разработка элементов его конструкции, позволяющих уменьшить затраты ручного труда на обслуживание коровы в процессе доения, в частности на снятие доильного аппарата с вымени.

На решение данной задачи и направлена диссертационная работа.

Степень разработанности темы. Созданием доильных машин, способных обеспечить повышение производительности труда оператора машинного доения,

безопасный для вымени коровы режим извлечения молока, наряду с полным его опорожнением, занимались Андрианов Е.А., Винников И.К., Карташов Л.П., Краснов И.Н., В.В. Кирсанов, Огородников П.И., Соловьев С.А., Ужик В.Ф., Ульянов В.М., Цой Ю.А., и др. Однако, как свидетельствует анализ направлений и результатов исследований вышеперечисленных и др. авторов, не в полной мере изучена возможность применения такого режима доения в оборудовании для доения малочисленных групп коров в условиях фермерских хозяйств.

В частности, недостаточно исследована возможность применения последних достижений в области управляемого режима доения в мобильных агрегатах для доения коров. В этой связи требуются дополнительные исследования по изучению и разработке более совершенной конструкции мобильного агрегата для доения коров.

Цель исследований. Снижение затрат труда оператора машинного доения на основе разработки и обоснования параметров шасси доильной установки и пневмоцилиндра снятия доильного аппарата мобильного агрегата для доения коров.

Задачи исследований. Достижение цели исследований требует решения следующих задач:

- выявить перспективные направления в создании мобильных агрегатов для доения коров в фермерских хозяйствах;
- выполнить математическое моделирование движения доильного аппарата в процессе снятия с вымени, функционирования шасси доильной установки и пневмоцилиндра снятия доильного аппарата мобильного агрегата;
- обосновать конструктивные параметры шасси доильной установки и конструктивно-режимные параметры пневмоцилиндра снятия доильного аппарата с вымени коровы;
- изучить влияние разработанного мобильного агрегата для доения коров на снижение затрат труда, оценить его эффективность.

Объект исследований – рабочий процесс мобильного агрегата для доения коров

Предмет исследований – закономерности изменения положения опор шасси доильной установки и параметров пневмоцилиндра снятия доильного аппарата мобильного агрегата для доения коров.

Научная новизна диссертационной работы:

- конструктивно-технологическая схема мобильного агрегата для доения коров с устройством для своевременного и безопасного снятия доильного аппарата с вымени коровы;
- математические модели движения доильного аппарата в процессе снятия с вымени, функционирования шасси доильной установки и пневмоцилиндра снятия доильного аппарата с вымени коровы;
- теоретически и экспериментально обоснованные конструктивно-режимные параметры шасси доильной установки и пневмоцилиндра снятия доильного аппарата с вымени коровы.

Теоретическая и практическая значимость. Разработан мобильный агрегат для доения коров, обладающий возможностью контроля интенсивности потока молока на завершающей стадии доения и снятия доильного аппарата с вымени коровы по завершению доения, что позволяет снизить затраты труда оператора. Оригинальность технического решения подтверждена патентами на изобретение РФ № 2654245, № 2707518 «Доильный агрегат». Установлены теоретические зависимости для расчета положения опор шасси доильной установки и конструктивно-режимных параметров пневмоцилиндра снятия доильного аппарата с вымени коровы мобильного доильного агрегата. Их верность доказана лабораторными исследованиями и хозяйственными испытаниями.

Результаты диссертационных изысканий имеют практическую значимость для сельскохозяйственного производства, учебных заведений, проектных и научных организаций.

Методология и методы исследований. При проведении математического моделирования движения доильного аппарата в процессе снятия с вымени, ра-

бочего процесса шасси и пневмоцилиндра снятия доильного аппарата мобильного агрегата для доения коров использованы известные законы физики, теоретической механики, гидравлики и математики. Математическое моделирование проводили с целью получения математических зависимостей, которые позволяют установить основные конструктивные параметры шасси и конструктивно-режимные параметры пневмоцилиндра снятия доильного аппарата. При проведении экспериментальных исследований применяли общеизвестные и частные методики. Экспериментальные исследования и хозяйственные испытания осуществляли с использованием как известных современных приборов, так и специально разработанных, в том числе тензометрических стендов (пат. РФ № 2683478). Анализ материалов исследований осуществляли с использованием программного обеспечения известными методами статистической обработки данных.

Положения, выносимые на защиту:

- конструктивно-технологическая схема мобильного агрегата для доения коров в условиях фермерских хозяйств;
- математические модели движения доильного аппарата в процессе снятия с вымени, рабочего процесса шасси и пневмоцилиндра снятия доильного аппарата мобильного агрегата для доения коров;
- результаты лабораторных исследований по обоснованию и оптимизации конструктивных параметров шасси и конструктивно-режимных параметров пневмоцилиндра снятия доильного аппарата мобильного агрегата для доения коров;
- результаты хозяйственных испытаний разработанного мобильного агрегата для доения коров;

Степень достоверности результатов работы. Достоверность научных положений подтверждается удовлетворительной сходимостью теоретических и экспериментальных исследований, сравнительными испытаниями разработанного мобильного агрегата для доения коров, применением современных методик и средств обработки результатов экспериментов.

Апробация работы. Основные положения работы доложены, обсуждены на международных, всероссийских и региональных научно-практических конференциях: Адаптивный манипулятор для доения коров / Ужик В.Ф., Некипелов С.И. Материалы XXI Всероссийской конференции с международным участием «Проблемы и решения современной аграрной экономики», 23 – 24 мая 2017 г., п. Майский. Переносной манипулятор для доения коров / Ужик В.Ф., Некипелов С.И. 20-я Всероссийская конференция с международным участием «Инновационная техника и ресурсосберегающие технологии в животноводстве», 18-19 апреля 2017 г., г. Москва. Переносной манипулятор с почетвертным управляемым режимом доения коров / Ужик В.Ф., Кузьмина О.С., Китаёва О.В., Некипелов С.И. 22-я Всероссийская конференция с международным участием «Научное обеспечение производства органической продукции животноводства», 24-25 апреля 2019 г., г. Москва. Передвижной доильный агрегат для коров / Ужик В.Ф., Некипелов С.И. Материалы XXII Всероссийской конференции с международным участием «Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы», 28-29 мая 2018 г., п. Майский. Мобильный агрегат для доения коров / Ужик В.Ф., Некипелов С.И. 21-я Всероссийская конференция с международным участием «Научно-методические и организационные аспекты модернизации объектов животноводства», 18-19 апреля 2018 г., г. Москва. Передвижной доильный агрегат для коров с пневмоцилиндром снятия доильного аппарата / Ужик В.Ф., Некипелов С.И., Китаева О.В. Материалы XXIII Всероссийской конференции с международным участием «Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее», 28-29 мая 2019 г., п. Майский.

Мобильный агрегат для доения коров на Российской агропромышленной выставке «Золотая Осень» в 2018 году награжден серебряной медалью.

Публикации.

По материалам диссертации опубликовано 15 работ, в т. ч. в изданиях, рекомендованных ВАК РФ – 4 работы, получено 4 патента РФ. Общий объем публикаций составил 9,94 усл. печ. л., в том числе 5,14 усл. печ. л. принадлежит лично соискателю.

Объем диссертации:

Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, библиографического списка и приложений. Работа изложена на 221 стр. машинописного текста, в том числе содержит 10 таблиц, 54 рисунка и 15 приложений. Список литературы включает 181 наименование.

1 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЗАВЕРШАЮЩЕЙ СТАДИИ ДОЕНИЯ КОРОВЫ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ЕЕ МЕХАНИЗАЦИИ

1.1 Физиологические и технологические аспекты доения коров

Самый простой способ извлечения молока из вымени коровы для удовлетворения потребности населения в молочных продуктах – ручное доение. Однако это достаточно трудоемкая операция и, как свидетельствует опыт прошлых лет, у рабочих, профессионально занимающихся ручной дойкой коров, в большинстве случаев уже через 10...12 лет наблюдается заболевание кистей рук [13]. Поэтому неслучайно, еще с начала XIX века начали заниматься созданием технических средств, способных заменить руку человека в процессе доения коров [14]. Самые простые машины были выполнены в виде резервуара, присасываемого к вымени под воздействием вакуумметрического давления, создаваемым меховым отсасывателем воздуха. А уже в конце XIX века появился доильный аппарат, послуживший основой современного доильного оборудования. Но, к сожалению, до настоящего времени продолжают работы по отысканию его оптимальной конструкции [14]. Разрабатываются новые пульсаторы, коллекторы, доильные стаканы и сосковая резина, меняются режимы их работы, однако желаемый результат – полное извлечение молока из долей вымени за время действия окситоцина в организме коровы без последствий для молочной железы до настоящего времени не достигнут. Естественно, что в конструкцию доильного аппарата должна быть заложена способность реагирования на физиологические особенности коров, морфофункциональные свойства вымени, на реакцию нейрогуморальной системы животного на доильные импульсы путем изменения способов и режимов воздействия на соски вымени исполнительных механизмов. А вот как реагировать и пытаются выяснить ученые и практики на протяжении многих лет.

Очевидно, что самый эффективный механизм извлечения молока из вымени коровы – это механизм, созданный самой природой. Это теленок [6, 7]. Такой принцип воздействия на сосок коровы, каким обладает теленок, и должен быть заложен в конструкцию доильного аппарата. Изучая процесс сосания коровы,

ученые отмечают, что теленок при этом совершает достаточно простые действия, поочередно то увеличивая вакуумметрическое давление, то снижая его до 20 мм.рт.ст. при чередовании со скоростью 100...120 циклов в минуту [6, 7, 15]. Но в то же самое время и Велиток И.Г. и Пейнович М.Л., а также и другие исследователи отмечают тот факт, что теленок в процессе кормления из вымени коровы извлекает только цистернальное молоко, и то не в полном объеме со всех долей [6, 15, 16]. Но при этом отмечается тот факт, что воздействие теленка на сосок коровы - абсолютно безвредно.

Абсолютно безвредно и ручное доение, так как сосок не испытывает воздействие вакуумметрического давления в процессе выведения молока, а оно просто выжимается из соска пальцами дояра. Однако ручное доение, как и сосание коровы теленком обладают одним общим недостатком: - они не стимулируют продуцирование молока и, как следствие, рост молочной продуктивности коров [6. 7. 15. 16. 17, 18, 19, 20]. При сосании коровы теленком молоко из сосков извлекается поочередно и только в количестве, достаточном для его насыщения. При ручном доении молоко извлекается из одного-двух сосков до момента полного выдаивания. Однако время доения превышает время действия окситоцина в организме животного, что также не способствует стимулированию развития молочной железы. Решение проблемы – применение доильного аппарата. Но, как отмечает Продивлянов А.В., до настоящего времени не удалось создать доильный аппарат один в один представляющий сосание коровы теленком [3]. Вместе с тем применяемые доильные машины позволили сократить затраты ручного труда, повысить число коров, которые доит за смену один оператор, в результате увеличения выдоенности коров наблюдается рост молочной продуктивности животных [18, 19, 20].

А параллельно, уже на протяжении многих лет, продолжают работы по совершенствованию доильных машин. Для этого неоднократно проводились исследования процесса потребления молока теленком из вымени коровы для выявления тех тонкостей, которые можно было-бы заложить в конструкцию доильных аппаратов.

Например, Королев В.Ф. установил зависимость времени начала патологических изменений участка тела живого организма, подвергаемого воздействию вакуумметрического давления от величины этого давления [17]. Способность противостоять внешнему воздействию, по рекомендации Королева В.Ф., можно положить в основу расчета режимных параметров воздействия на сосок вымени коровы.

В работах Петухов Н.А., Петухов В.Н., Диденко А.А. приведены результаты исследования по определению характера воздействия теленка на сосок вымени коровы в процессе стимулирования и сосания вымени [21, 22]. При этом выявлена одна особенность процесса сосания молока – низкочастотное 1,5...2,5 Гц и высокочастотное, 5...22,5 Гц, колебание давления в полости рта теленка. Установлено, что стимулирующим воздействием на молочную железу обладает частота колебаний давления, находящаяся в интервале 7,5...12,5 Гц.

В ряде работ отмечается, что номинальное вакуумметрическое давление доения для основной массы коров составляет 46,6...49,33 кПа, и увеличение его может вызвать гиперемии соска, что чревато воспалением вымени [5, 6, 16, 17, 22, 23, 24, 25, 26, 27]. Но следует иметь ввиду, что это же давление в доильном стакане, но после завершения доения и отсутствии выводимого молока из соска также может вызвать поражение вымени. По данным Юлдашева Ф.Ф. и его коллег это может вызвать сокращение лактации до 240 дней и потерю до 100 кг молока в результате заболеваемости вымени коровы маститом [28].

Также способно вызвать заболевание вымени устаревшее отечественное доильное оборудование, обладающее достаточно «жестким» режимом работы, при нарушении правил его эксплуатации, [29, 30]. Поэтому для обеспечения безвредного воздействия на вымя коровы необходимо, чтобы доильный аппарат обладал адекватным стимулирующим воздействием на молочную железу, способным вызвать и поддерживать лактацию вымени, а также его защиту от пагубного воздействия вакуумметрического давления в критические моменты: - при установке доильного аппарата на вымя и отсутствии припуска молока, а также при завершении доения и снижении потока молока ниже допустимых значений [17, 31, 32, 33,

34, 35, 36, 37].

В силу отсутствия единой точки зрения, каким же должен быть режим работы доильного аппарата, конструкция его исполнительного органа, различными изготовителями в содружестве с учеными и практиками отрабатываются разнообразные направления. При этом варьированию подвергаются вакуумметрическое давление, частота пульсаций и соотношение тактов, выбирается стабильный режим работы или меняющийся в зависимости от интенсивности потока молока, осуществляется контроль процесса доения в целом по вымени или почетвертной. Кроме того, отрабатываются конструкции доильного оборудования применительно к различным способам фиксации животных на время доения, а также при свободном их выгульном содержании в условиях фермерских хозяйств и частных подворий.

Для установления эффективности принимаемых решений, уточнения конструктивно-режимным параметрам доильных машин, неоднократно проводились исследования как в лабораториях, так и в производственных условиях многими учеными [17, 36, 31, 32, 38, 39, 40, 41, 42, 43 и др.].

Так, исследованиями Бородина С.А., Андрианова А.А., Андрианова Е.А., Шацкого В.П. подтверждена необходимость как предварительной, так и заключительной стимуляции лактации молочной железы [44]. Это связано с тем, что машинное доение не в полной мере реализует генетический потенциал животного, так как извлекается из молочной железы не все альвеолярное молоко. Как отмечают авторы, для решения этой проблемы в низковакуумном доильном аппарате АДУ-1-03 предусмотрен в такте сжатия выпуск воздуха в приемную камеру коллектора, а значит, и в подсосковые камеры стаканов атмосферного воздуха, тем самым обеспечивая интенсивную транспортировку молока из молокоприемной камеры коллектора в молокоприемное устройство, и снижение вакуумметрического давления до 8...12 кПа. Так как доильный аппарат АДУ-1-04 включает двухблочный пульсатор с высокочастотной составляющей пульсаций движения воздушного потока, то стимулирующее воздействие вибрацией сосковой резины осуществляется на протяжении всего доения. А вот в доильном аппарате, разработанном Ульяно-

вым В.М. стимулирующее воздействие на соски вымени путем вибрации сосковой резины с амплитудой 1...2 мм оказывается только в начальный момент и при завершении доения. Доильный аппарат «Нурлат» обладает возможностью в зависимости от интенсивности выведения из вымени молока, регулировать как вакуум доения, так и частоту тактов пульсатора. В своей разработке Бородин С.А., Андрианов А.А., Андрианов Е.А. и Шацкий В.П. предлагают стимулирующее воздействие на соски вымени осуществлять в начале и конце доения путем микроколебанием сосковой резины и снижения вакуумметрического давления доения до 33 кПа [45, 46, 47, 48].

Бородин С.А., Андрианов Е.А., Андрианов А.А. разработали многофункциональный доильный аппарат, реализующий три режима доения: однофазный со стимуляцией молокоотдачи, двухтактный, трехфазный стимулирующий. Стимулирующее воздействие осуществляется в начале процесса доения и при снижении интенсивности потока молока до критического значения [49, 50, 51].

Достаточно интересно техническое решение доильного аппарата непрерывного извлечения молока из соска [52, 53, 54, 55, 56]. Возможным это стало в результате деления межстенной камеры доильного стакана на две равные камеры двумя вертикальными перегородками. При подаче пульсирующего вакуумметрического давления в межстенные камеры доильного стакана в противофазе, при одновременном сохранении постоянного вакуумметрического давления под соском, происходит непрерывное отсасывание-выжимание молока. смена тактов в камерах стаканов вызывает их колебание в обеих плоскостях, тем самым оказывая дополнительное стимулирующее воздействие на вымя коровы.

Винников И.К., Забродина О.Б., Бахчевников О.Н. и Литвинов В.Н. отмечают, что вследствие несовершенства технологий машинного доения коров и технических средств для их осуществления до 50% коров подвержены заболеваемости вымени маститом, в то время как при ручном доении эта цифра не превышает 3...5%. Это касается не только нашей страны. В мире не создан доильный аппарат для использования при стойловом содержании коров, в полной мере соответствующий зоотехническим требованиям и исключая «сухое» доение [14]. По мне-

нию авторов только автоматизация процесса доения с элементами обратной связи могут решить проблему здоровья дойного стада, трудозатрат на обслуживание животных, увеличения надоя молока от коров и улучшения его качества [57, 58].

В полной мере проблема автоматизации процесса доения коров решается при использовании доильных установок-роботов, производимых зарубежными компаниями [59, 60, 61, 62, 63].

В России созданием роботизированных систем доения крупного рогатого скота занимаются Кормановский Л.П., Цой Ю.А., Кирсанов В.В., Никитин Е.А., Рузин С.С., Павкин Д.Ю., Сенькевич С.Е. и др. [64, 65, 66, 67, 68].

Интересны результаты сравнительных испытаний передвижной доильной установки Vosio MMU11 и системы добровольного доения (VMS-1) компании «Де Лаваль», выполненные в ООО «Вакинское Агро», Рыбновского района, Рязанской области Туниковым Г.М. и Кулибековым К.К. [69]. Для этого были отобраны две группы коров-первотелок голштинской породы по 45 голов, в соответствии с требованиями по отбору животных для сравнительных испытаний. Животные контрольной группы содержались на привязи. Их доение осуществлялось агрегатами индивидуального доения Vosio MMU11 компании «Де Лаваль». Опытная группа содержалась беспривязно со свободным доступом к доильной установке – роботу VMS-1 компании «Де Лаваль». При этом изучались молочная продуктивность, физико-химический состав молока, морфофункциональные свойства вымени. Результаты исследований подтвердили целесообразность использования автоматизированных систем для обслуживания и доения коров. По удою за сто дней лактации животные опытной группы превзошли животных контроля на 498 кг. На 11% коров опытной группы больше имели форму вымени, отвечающую требованиям по форме и равномерности развития. Коровы опытной группы превосходили коров группы контроля и по остальным показателям. Поэтому очевидна целесообразность использования для доения коров робота VMS-1 компании «Де Лаваль».

В своих исследованиях состояния молочно-товарных ферм России Цой Ю.А. и Передня В.И. отмечают о необходимости в рамках научно-технической российско-белорусской программы «Молоко», наряду с другими важными направления-

ми совершенствования технологии производства молока, разрабатывать автоматизированные доильные модули и доильные аппараты для создания оптимальных условий обслуживания и доения коров, способствующих снижению затрат ручного труда, степени выдоенности коров, росту молочной продуктивности, и повышению безопасности воздействия доильных машин на молочную железу [70].

Анализируя информацию об известных манипуляторах промышленного типа, Кирсанов В.В., Цой Ю.А., Кормановский Л.П., Павкин Д.Ю. и Никитин Е.А. пришли к заключению, что для использования в составе доильных установок боше всего подходят манипуляторы, обладающие тремя степенями свободы углового а также цилиндрического типа [71]. Вместе с тем, с целью удешевления предлагаемой конструкции, авторы рекомендуют использовать гибридный манипулятор, включающий два элемента:- подвижной и неподвижной. Причем подвижной элемент обеспечивает установку доильных стаканов на соски вымени, а неподвижный – их снятие и поддержку.

Хрипин В.А., Ульянов В.М., Кирьянов А.Ю., Коледов Р.В. и Панферов Н.С. отмечают, что «...до 30% затрат ручного труда при производстве молока занимает машинное доение коров» [72, 73]. А применение доильных машин, не содержащих дополнительных устройств для управления доением, чревато передержками доильного аппарата на молочной железе и, как следствие, стрессами и заболеванием коров. И главным при этом является исключение человеческого фактора, обеспечение адекватного взаимодействия машины и животного, что, в конечном счете, скажется на полноте выдоенности вымени коровы, а, значит, на молочной продуктивности, увеличит срок использования коровы и рост ее генетического потенциала. По мнению исследователей, современное доильное оборудование, применяемое на линейных установках, оборудованных молокопроводом, должны комплектоваться элементами автоматики контроля потока молока, выводимого из вымени, и снятия доильного аппарата с молочной железы. Ими разработано, изготовлено и испытано в лабораторных условиях устройство для автоматического снятия доильного аппарата [72, 73]. Испытания подтвердили работоспособность предлагаемой конструкции съемного механизма для доильных аппаратов, выполненного в

виде барабана, приводимого в действие пневмодвигателем.

При установлении мощности привода N на валу барабана использовали уравнение:

$$N = M\omega, \quad (1.1)$$

где ω - угловая скорость, рад/с;

M – крутящий момент, Нм,

который определяли по уравнению:

$$M = \frac{mgD}{2}, \quad (1.2)$$

где m – масса подвешенного груза, кг;

D – диаметр барабана, м;

При снятии доильного аппарата его движение регламентировано недопустимостью его контакта с полом стойла животного при перемещении в нижнюю точку траектории. Для нахождения закона движения доильного аппарата с углом φ отклонения от вертикали, Ульянов В.М., Кирьянов А.Ю., Хрипин В.А. воспользовались уравнением Лагранжа [74]:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial L}{\partial \varphi} = 0, \quad (1.6)$$

где L - функция Лагранжа, Дж;

В ходе дальнейших теоретических исследований процесса снятия доильного аппарата с молочной железы Ульянов В.М., Хрипин В.А., Коледов Р.В. и Кирьянов А.Ю. устанавливали критическую частоту вращения барабана механизма снятия, при которой выполняется условие предотвращения контакта доильного аппарата со стойлом коровы [75]. В окончательном виде уравнение для расчета этого параметра имеет вид:

$$\omega_{kr} = \frac{\sqrt{g(y-b)(1-\cos \varphi_0)}}{r \cos \varphi_0}. \quad (1.7)$$

где r – радиус барабана пневмодвигателя, м;

φ_0 – текущий угол, рад;

b – расстояние до пола, м.

Отличительной особенностью манипулятора, разработанного Ужик В.И.,

является то, что в нем в качестве силового элемента, снимающего доильный аппарат с вымени коровы, используется пневмоцилиндр [76, 77, 78, 79, 80, 81, 82]. Математическим моделированием рабочего процесса снятия доильного аппарата массой m Ужик В.И. установлено значение усилия F_c пневмоцилиндра, требуемого для предотвращения контакта доильного аппарата с полом стойла животного в процессе снятия с вымени коровы в нижней точке траектории:

$$F_c = mg \left[\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{2R\varphi}{k} - \frac{3\varphi^2}{2} \right) - \left(\frac{\varphi^2}{2 \cdot 2!} - \frac{\varphi^4}{4 \cdot 4!} + \frac{\varphi^6}{6 \cdot 6!} \cos \varphi \right) \right], \quad (1.8)$$

где k – параметр Архимедовой спирали;

φ – текущий угол положения доильного аппарата, *рад*.

R – начальный радиус движения доильного аппарата, *м*.

При этом вакуумметрическое давление P_v в пневмоцилиндре должно быть равно:

$$P_v = \frac{mg \left[\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{2R\varphi}{k} - \frac{3\varphi^2}{2} \right) - \left(\frac{\varphi^2}{2 \cdot 2!} - \frac{\varphi^4}{4 \cdot 4!} + \frac{\varphi^6}{6 \cdot 6!} \cos \varphi \right) \right]}{S_c}, \quad (1.9)$$

где S_c – площадь поперечного сечения цилиндра, *м*.

а диаметр патрубка длиной l_p , сообщающий его с источником вакуумметрического давления:

$$d = \sqrt[4]{\frac{256\mu l_p S_c^2 k \varphi}{\pi^2 \left\{ mg \left[\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{2R\varphi}{k} - \frac{3\varphi^2}{2} \right) - \left(\frac{\varphi^2}{2 \cdot 2!} - \frac{\varphi^4}{4 \cdot 4!} + \frac{\varphi^6}{6 \cdot 6!} \cos \varphi \right) \right] - P_v S_c \right\} \sqrt{\frac{R-k\varphi}{g}}}}, \quad (1.10)$$

где μ – вязкость воздуха, *Па·с*.

Очевидно, что при доении малочисленных групп крупного рогатого скота применение промышленных доильных установок нецелесообразно. Как правило, в таких случаях используют агрегаты индивидуального доения коров. При их совершенствовании и установке дополнительных устройств, реализующих управляемый режим доения, в том числе и выведение доильного аппарата из-под вымени коровы, может возникать ситуация, при которой будет возникать опасность опрокидывания агрегата. Предложенный Ульяновым Ю.Н. мобильный автомат для доения коров снабжен рычажным многозвенным манипулятором, обеспечивающим управляемый режим доения и снятие доильных стаканов с молочной железы по завершению процесса доения [83, 84, 85]. В результате математического моде-

лирования процесса снятия доильного аппарата с вымени коровы Ульяновым Ю.Н. установлена зависимость, характеризующая взаимосвязь между положением центра тяжести, меняющимся в зависимости от угла поворота звеньев манипулятора, и положением опор агрегата, при которых обеспечивается устойчивость агрегата [86, 87, 88, 89, 90].

Таким образом, как свидетельствуют вышеприведенные результаты исследований различных способов воздействия на молочную железу с целью поиска оптимального воздействия, обладающим максимальным эффектом, обеспечивающим рост молочной продуктивности коров, повышение производительности труда наряду со сведением к минимуму заболеваемость вымени маститом, целесообразность элементов автоматизации в доильных машинах не вызывает сомнений.

Вместе с тем, следует отметить, что при создании мобильного агрегата для доения коров перед нами стоит две задачи:

- повышение молочной продуктивности коров с одновременным обеспечением безопасного доения;
- снижение затрат труда на обслуживание мобильного агрегата для доения коров.

Как следует из вышеприведенного анализа, с минимальными затратами, но достоверным эффектом достичь этого можно путем отслеживания завершения процесса доения и снятия доильного аппарата с вымени коровы.

Поэтому представляется весьма важным для получения более полной информации об известных устройствах, контролирующей интенсивность потока молока, и механизмах снятия доильного аппарата с вымени коровы, и выявления наиболее приемлемых их конструкций для использования в мобильных агрегатах доения коров, выполнить их анализ, систематизацию и классификацию.

1.2 Классификация технических средств машинного доения коров

Как подтверждает проведенный анализ, спектр варьирующих воздействий на молочную железу коровы достаточно обширен. Поэтому обрабатываются раз-

личные направления в создании новых технических средств, реализующих эти воздействия с достаточным эффектом.

Рассматривая известное технологическое оборудование для доения коров, новые технические решения, следует отметить, что, прежде всего, при систематизации их следует рассматривать в нескольких направлениях: - это оборудование для добровольного доения коров, доильные установки-роботы; станочное доильное оборудование, применяемое при беспривязно-боксовой системе содержания коров с доением в доильном зале; привязное содержание со сбором молока в молокопровод; привязное содержание со сбором молока в доильные ведра; привязно-беспривязное содержания коров в условиях фермерских хозяйств и частных подворий (Рисунок 1.1).

Как уже отмечалось выше, в широком ассортименте налажен выпуск роботизированных доильных установок. В настоящее время уже более 10000 таких машин нашли себе применение в молочном скотоводстве. Но их совершенствование продолжается.

Так, Андерссон Ян-Эрик (SE) предлагает с целью безопасности процесса доения использовать робот, который содержит три звена, рабочий орган, датчик и блок управления [91].

Первое, второе и третье звено могут поворачиваться в пределах своего углового сектора через соответствующие соединения, чем обеспечивается движение рабочего органа в трехмерном пространстве в пределах своей рабочей зоны.

Отличительной особенностью доильного робота, разрабатываемого Аксельссоном Томасом (SE) является то, что он содержит захватное устройство для доильных стаканов, а к его основанию с возможностью поворачиваться относительно его оси с помощью сочленения прикреплен соединительный механизм [92]. Но несмотря на наиболее щадящие условия доения животных, присутствие высокого вакуумметрического давления в подсосковой камере доильного стакана, которое значительно превышает давление во рту теленка, не исключает возможность поражения вымени животного.

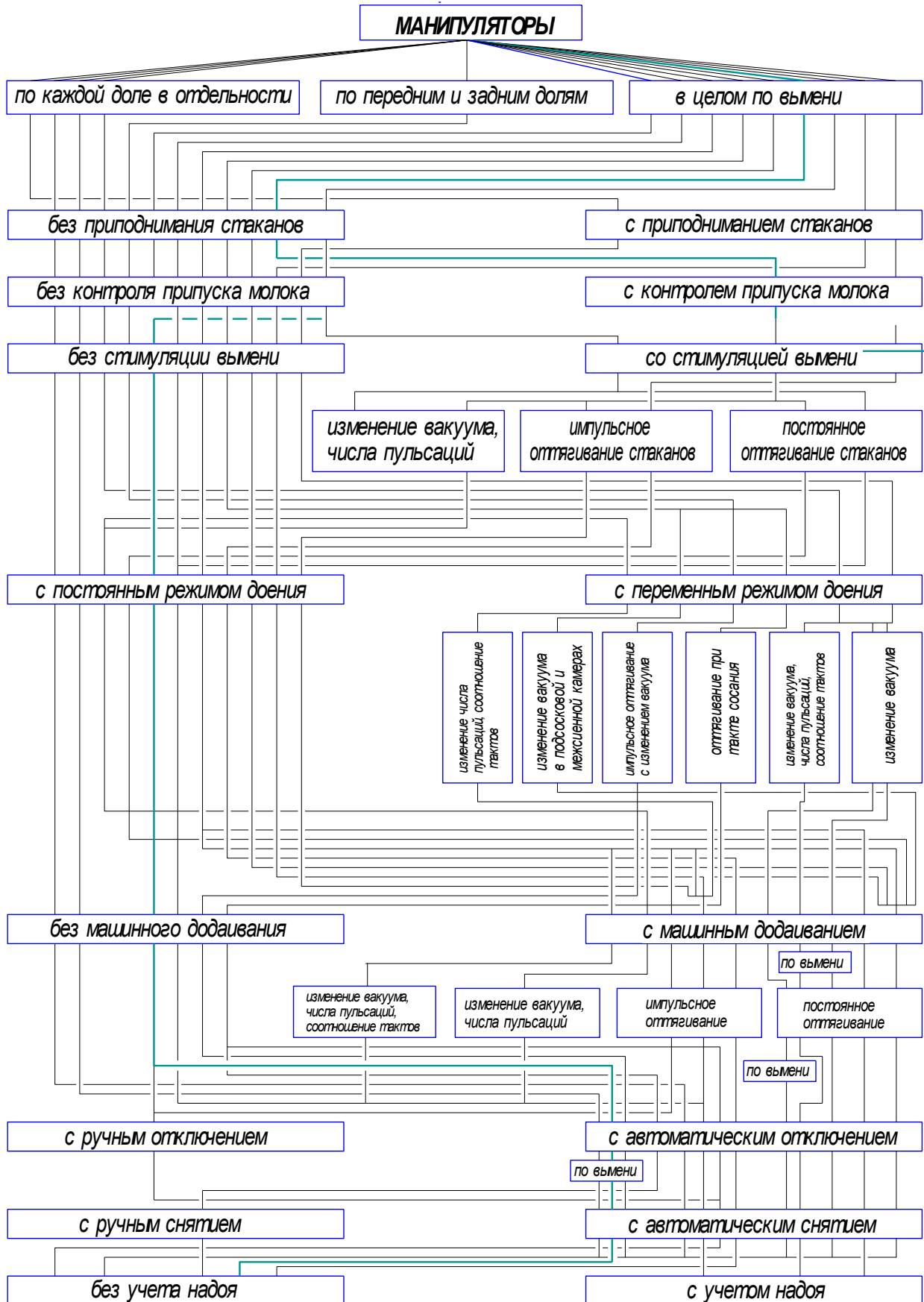


Рисунок 1.1 – Классификация манипуляторов доильных установок

Так же как технология добровольного доения коров, так и беспривязно-боксовая технология содержания коров, дает определенную свободу животным для их перемещения, скажем, к кормовому столу, в зону размещения водопоилок, лежачков и т.д., создавая благоприятные условия для их нормального существования. Кроме того, при такой технологии создаются наиболее благоприятные условия для поддержания заданного микроклимата содержания коров за счет свободного сообщения внутренней части помещения с внешней средой. Но при этом в некоторой степени усугубляется проблема обеспечения безопасности воздействия на вымя доильного оборудования. И поэтому остается актуальным вопрос совершенствования взаимодействия доильного аппарата и молочной железы.

Самая простая адаптация доильного аппарата к интенсивности потока молока реализована в машине конструкции Великобритании, которая содержит систему рычагов, управляемых пневмоцилиндрами [93]. При прекращении молокоотдачи данные рычаги под воздействием пневмоцилиндров посредством гибкой тяги снимают доильный аппарат с вымени коровы.

Силовой пневматический цилиндр с держателем и датчиком потока молока патенту по США [94] – механизм, который решает ту же задачу: - отключение и удаление доильного аппарата из-под вымени коровы в конце доения.

Известен силовой механизм для снятия доильного аппарата, который содержит основную опору и опору доильного аппарата, управляемые датчиком потока молока [95], а также самое простое устройство – пневмоцилиндр снятия доильного аппарата, отличительной особенностью которого является то, что нижний его торец закрыт, а трос втягивается вовнутрь через его верхний обрез [96].

Силовой элемент в виде пневмоцилиндра содержит и следующий автомат снятия доильного аппарата с вымени коровы, только сообщение его с вакуумной магистралью по команде датчика потока молока осуществляется посредством электроклапана [97].

Достаточно проста, но решающая поставленную задачу путем использования электронного блока управления и шнурового механизма с направляющим рычагом – снятие доильного аппарата с вымени коровы, конструкция манипулятора

фирмы "Бабсон Бразер К" [98].

А вот следующее доильное устройство, обладает дополнительной опцией: - изменение вакуумметрического давления доения (Приложение А, рисунок 9) [99].

Усложняя конструкцию манипуляторов, но тем самым изменяя перечень выполняемых операций, Стренгевиц О.Я., Галван Б.И. и Дриго В.А. предложили включить в его конструкцию поплавковый датчик для контроля потока молока, включающим режим дооя при интенсивности потока молока ниже 400-450 мл/мин [100].

Зеленцов А.И., Цой Ю.А., Дриго В.А. и Бериньш А.А., разрабатывая манипулятор доильной установки, также предусмотрели в его конструкции возможность оттягивания доильных стаканов при уменьшении потока молока до критического значения, используя для этого тягу, одним концом соединяемую с доильным аппаратом, а свободным концом - с пневмоцилиндром и пружиной [101].

Викторова Н.Н., Тюхтин А.И. и Парманов М. также разработали устройство для снятия доильных стаканов с сосков вымени с аналогичным предыдущему устройству техническим решением оттягивания доильных стаканов [102].

Попроще по конструкции, но такими же функциями обладает следующий манипулятор, разработанный Викторовой Н.Н., Патрушевым А.А. и Конюховым С.В. [103].

Манипулятор конструкции Научно-производственном объединении по селекционной технике обладает демпфирующим эффектом, смягчающий рывки и толчки, когда включается режим дооя [104]. Для этого он снабжен гидроцилиндром.

Отличительная особенность конструкции манипулятора, разработанного во ВНИПТИМЭСХ Винниковым И.К., Красновым И.Н., Самургашьяном И.А., Забродиной О.Б., наличие гибких нитей, соединяемых с доильным аппаратом таким образом, что обеспечивается оттягивание доильных стаканов в естественном направлении положения сосков при снижении интенсивности потока молока до заданного уровня, и снятие их с вымени по прекращению молокоотдачи [105].

А в режиме работы манипулятора конструкции НПО "Целинсельхозмеха-

низация" предусмотрено импульсное оттягивание доильных стаканов, стимулирующее интенсивность молоковыведения [106].

Устройство додоя и снятия доильных стаканов в виде гофрированной трубки содержит доильный аппарат Винникова И.К., разработанный Винниковым И.К. совместно с Забродиной О.Б., Рудой О.И. [107]. Для осуществления этого процесса доильный аппарат подвешен на гибкой тяге.

Самостоятельно Винниковым И.К. и в соавторстве с Пахомовым Ю.В., Бахчевниковым О.Н., Коваленко А.В., Шелушиной И.А. Беновой Е.В., Дмитренко С.А., и Падалко Г.А. разработаны двухрежимные доильные аппараты [108, 109, 110, 111].

В первом варианте двухрежимный доильный аппарат, состоящий из доильных стаканов и коллектора с мембранно-клапанным блоком и камерами постоянного и переменного вакуума, а также атмосферного давления, обеспечивает массаж сосков и вымени, безопасность для вымени и высокую скорость молоковыведения [108].

Во втором варианте двухрежимный доильный аппарат за счет формирования сигнала выполняет механический додой, а также в результате наличия в конструкции гофрированного подъемника, обеспечивает массаж, отключение и снятие доильного аппарата без манипулятора [109].

С целью повышения надежности и эффективности в работе в следующем варианте двухрежимного доильного аппарата интенсивность потока молока фиксирует струйный датчик с ферромагнитным рассекателем потока воздуха [110].

В четвертом варианте двухрежимный доильный аппарат с целью повышения надежности в эксплуатации в качестве управляющих элементов режимом доения использует логические элементы «ИЛИ» [111].

Обеспечением более полной выдоенностью коров характеризуется манипулятор с четвертным управлением режимом доения, разработанный Винниковым И.К., Дриго В.А., Сисюкиным Ю.М., Берендсом Т.К., Забродиной О.Б. и Розенбергом Я.Я. [112].

Аналогичная цель преследовалась и в Белгородской ГСХА при разработке

адаптивной конструкции манипулятора доения коров, который содержит четыре датчика потока молока для каждого доильного стакана [113].

Более эффективное устройство содержит механизм оттягивания на каждом стакане [114].

Следующая группа автоматов доения – это автоматы, используемые для доения коров в стойлах при привязном их содержании со сбором молока в молокопровод.

Отличительная особенность манипулятор, разработанного в Ставропольском СХИ – наличие приспособления для выполнения ветеринарно-санитарной обработки вымени, а также его мобильность [115].

Снятие доильного аппарата с вымени коровы в манипуляторе, оформленном по заявке Великобритании, осуществляется при помощи пневмоцилиндра, прикрепленного к поперечной направляющей, установленной между двумя стойлами [116].

Во ВНИПТИМЭСХ разработан передвижной манипулятор доения коров с механизмом подвода, дооя и снятия доильных стаканов с вымени коровы, отличительной его особенностью является наличие конвейера для его перемещения [117].

В аналогичной передвижной установке все оборудование размещено на платформе [118].

Передвижной манипулятор с постоянным оттягиванием доильных стаканов разработан Винниковым И.К. [119].

Манипулятор доения, подвешиваемый на крупе коровы и содержащий элементы управления режимом доения, отключения и снятия доильных стаканов разработан Кормановским Л.П., Винниковым И.К., Соловьевым Р.В. и Макаровым Э.Р. [120].

Аналогичную компоновочную схему имеет подвешиваемый на крупе коровы манипулятор, разработанный Кормановским Л.П., Кирсановым В.В., Цоем Ю.А., Павкиным Д.Ю. [121]. Отличительная его особенность – использование электрифицированных элементов контроля и управления режимом доения: дат-

чик-счетчик молока, отключатель вакуума, электромагнитный пульсатор.

С целью повышения удобства эксплуатации Винниковым И.К. разработан манипулятор для доения коров, устанавливаемый посредством подвижной каретки на поворотной балке, к которой прикреплен силовой цилиндр снятия доильного аппарата с молочной железы [122]. Каретка содержит ролики и тормозные колодки для фиксации каретки и силового цилиндра.

Несколько проще конструкция следующего доильного устройства. Это манипулятор Винникова И.К. [123]. Отличается от предыдущей данная конструкция тем, что его пневматические элементы коммутации воздушных потоков размещены в закрытом корпусе, сообщающимся с внешней средой через фильтр. Поплавковая камера выполнена в трубе и содержит магнитный поплавок для отслеживания интенсивности потока молока, а формирователь управляющего сигнала – струйный двуплечий рассекаТЕЛЬ.

Доильный аппарат Некрашевича В.Ф., Ульянова В.М., Утолина В.В. и Москвитина И.А. оборудован горизонтально установленным пневмоцилиндром снятия доильного аппарата, управляемого поплавковым датчиком потока молока, полым штоком соединяемым с коммутатором воздушного потока, подаваемого в пневмоцилиндр [124].

Широко известны переносные автоматы «UNICOMBIWAGEN», обеспечивающие управляемый режим доения и снятие доильных аппаратов с вымени коровы [125].

В Белгородском ГАУ разработаны манипуляторы доения коров, обеспечивающие изменяемый режим доения по каждому соску коровы [126, 127, 128, 129].

Так, Ужик О.В. и Ужик Я.В. разработали переносной манипулятор, отличительной особенностью которого является то, что поплавковый датчик потока молока содержит гаситель скорости движения молока, тем самым стабилизируя режим контроля его интенсивности [126].

Ужик О.В. разработала переносной манипулятор для доения коров, отличающийся тем, что механизм, который обеспечивает снятие доильного аппарата с молочной железы выполнен в виде роликов, охватывающих молочный шланг, со-

общающий коллектор доильного аппарата с молокопроводом, и приводимых в действие пневмодвигателем по команде блока управления [127].

А разработанный Ужик О.В. в соавторстве с Ужик Я.В. переносной манипулятор для доения коров отличается тем, что в дополнение к предыдущей разработке данная конструкция снабжена системой отдельного доения сосков в переменном режиме [128].

В манипуляторе, разработанном Ужик В.Ф., Некипеловым С.И. и Китаевой О.В. молокоприемные камеры четырехсекционного коллектора одновременно служат поплавковыми камерами датчиков потока молока, магниты поплавков которых, взаимодействуя с герконами, управляют режимом воздействия на сосок. По завершению доения пневмоцилиндр обеспечивает снятие доильного аппарата [129].

Представляет интерес приспособление для снятия доильного аппарата с вымени коровы, выполненное в виде барабана для наматывания троса, идущего к доильному аппарату, фиксируемого в исходном положении храповиком [130].

Интересное техническое решение механизма снятия доильных аппаратов с вымени коровы предложили Некрашевич В.Ф., Ульянов В.М., Кирьянов А.Ю., Москвитин И.А. Коледов Р.В., Хрипин В.А. и Медведев Н.А. [131, 132]. Его принцип основан на наматывании троса на барабан, приводимый в действие пневмодвигателем.

Отличительная особенность автомата доения, разработанного Звенигородским В.П. и Заболотьком О.А., заключается в том, что он смонтирован на доильном ведре и в процессе доения осуществляет импульсное оттягивание доильных стаканов для освобождения молочных каналов [133].

Аналогична компоновочная схема доильного устройства, разработанного в США, которое имеет молокоприемник с прикрепленными доильными стаканами через датчики потока молока [134]. Снимает доильные стаканы с вымени животного пневмоцилиндр.

В отличие от предыдущего устройства, в разработке по заявке Великобритании предусмотрено почетвертное отсоединение доильных стаканов [135, 136].

Как отмечалось выше, значительная часть коров доится на небольших фермах и у частников. Для облегчения труда часто используют агрегаты индивидуального доения коров. И для обеспечения оптимального режима доения их автоматизация весьма актуальна. В настоящее время известны частные решения проблемы.

Так известен передвижной доильный модуль, обладающий возможностью снятия доильного аппарата с вымени коровы (Приложение А, рисунок 1) [137]. Для снятия доильного аппарата с вымени коровы доильный модуль оборудован поворотным рычажным механизмом, имеющим возможность и вертикального перемещения. Свободный конец рычага гибкой тягой связан с доильным аппаратом.

В Белгородском ГАУ разработан мобильный автомат доения коров, в конструкцию которого заложена возможность почетвертного управляемого режима доения и снятия доильного аппарата при помощи рычажного механизма (Приложение А, рисунок 2) [138]. Но, вместе с тем, следует заметить, что рычажный механизм достаточно громоздок и ограничен в размерах, так как при чрезмерном удлинении рычагов нарушается устойчивость доильного агрегата.

Выводы

Из полученной информации вытекает, что на данном уровне развития техники для обеспечения безопасного доения коров в небольших фермерских хозяйствах и частных подворий с использованием для этого передвижных доильных установок требуется механизировать завершающие операции доения животных.

Как следует из изложенной выше информации, знакомства с вариантами конструкций доильных машин, можно так сформулировать **цель** настоящей работы: снижение затрат труда оператора машинного доения на основе разработки и обоснования параметров шасси доильной установки и пневмоцилиндра снятия доильного аппарата мобильного агрегата для доения коров.

Достижение цели исследований требует решения следующих задач:

- выявить перспективные направления в создании мобильных агрегатов для доения коров в фермерских хозяйствах;

- выполнить математическое моделирование движения доильного аппарата в процессе снятия с вымени, функционирования шасси доильной установки и пневмоцилиндра снятия доильного аппарата мобильного агрегата;
- обосновать конструктивные параметры шасси доильной установки и конструктивно-режимные параметры пневмоцилиндра снятия доильного аппарата с вымени коровы;
- изучить влияние разработанного мобильного агрегата для доения коров на снижение затрат труда, оценить его эффективность.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МОБИЛЬНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ДОЕНИЯ КОРОВ

2.1 Обоснование конструктивно-технологической схемы мобильного агрегата для доения коров

В основу компоновочной схемы современного доильного оборудования положены разработки конца XIX - начала XX века. Но вместе с тем следует отметить, что в конструкции доильных машин, особенно в последние десятилетия, происходят значительные изменения. В истоки этих изменений легли результаты углубленного изучения закономерностей основных физиологических функций лактирующего организма коровы, познания методов стимуляции молочной продуктивности, исследований влияния стимулов сосания или доения на формирование активных реакций двигательного аппарата молочной железы, изучения характера воздействия на соски и доли вымени коровы теленка в процессе кормления и т.д.

Бурный технический прогресс, создание электронных систем контроля и управления технологическими процессами в полной мере коснулись и отрасли машиностроения в области доильного оборудования. Стремление максимально приблизить характер воздействия технического устройства на соски вымени коровы к естественному процессу сосания коровы теленком повлекло за собой необходимость применения элементов автоматики, контролирующих поток молока и осуществляющих управление режимом воздействия на соски вымени. Управляемые параметры – вакуумметрическое давление доения в камерах доильных стаканов, частота и соотношение тактов пульсаций пульсатора, а также момент снижения вакуумметрического давления по завершению доения или отключения и снятия доильного аппарата с вымени коровы. Но следует заметить, что вне зависимости от конструкции, используемые доильные аппараты оказывают достаточно «жесткое» воздействие на соски вымени. По данным исследований в процессе сосания коровы в полости рта месячного теленка вакуумметрическое давление не превышает 30,0 кПа, а у теленка в возрасте 2-3 дня и вовсе составляет 8,0

кПа, в то время как вакуумметрическое давление в доильных аппаратах не опускается ниже 33,0 кПа [1, 2, 3]. В номинальном режиме доения в большинстве доильных аппаратов вакуумметрическое давление колеблется в интервале 42,0...48,0 кПа. Это связано, прежде всего, с необходимостью быстрого извлечения молока в период действия окситоцина.

Нами отработывались методы защиты вымени коровы от вредного воздействия высокого вакуума при доении в бидон, а также при сборе молока в молокопровод [139, 140, 141, 142, 143].

Используя этот опыт, а также на основе системного синтеза имеющейся информации об управляемых режимах доения коров, известных технических решениях конструкций исполнительных узлов и механизмов доильных машин, нами сформирован алгоритм работы мобильного агрегата для доения коров, приведенный на рисунке 2.1.

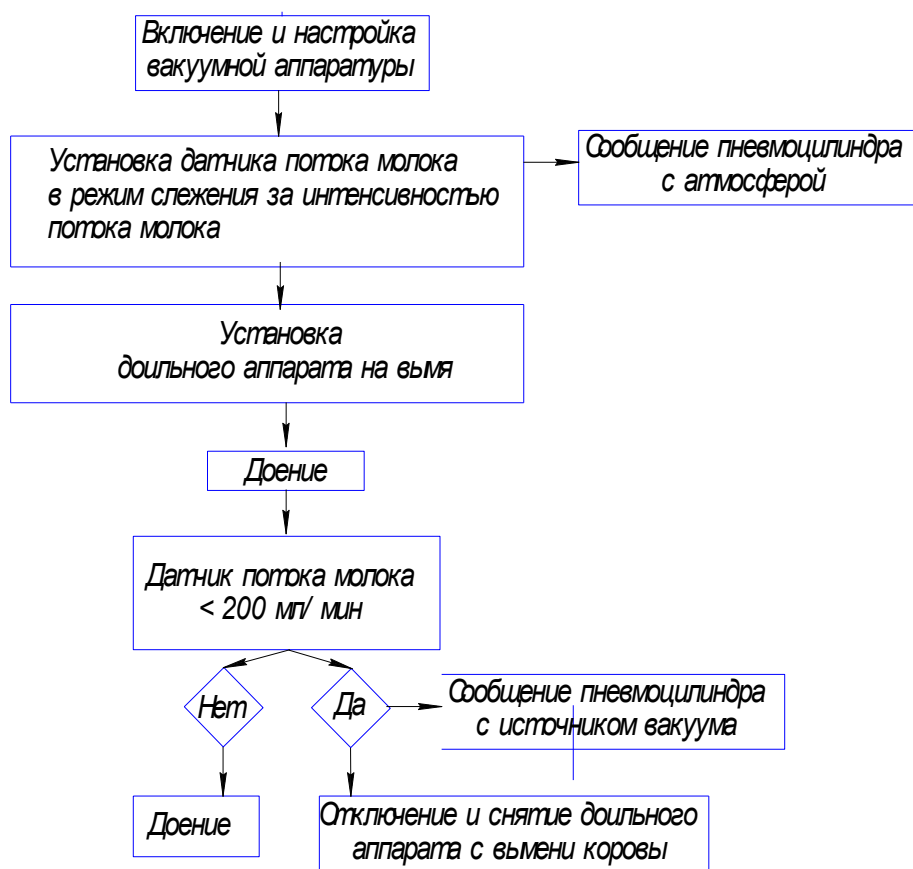


Рисунок 2.1 - Алгоритм работы мобильного агрегата для доения коров

Алгоритм предусматривает следующие действия оператора и режимы работы агрегата: оператор включает вакуумную аппаратуру агрегата, устанавливает за-

данное вакуумметрическое давление и устанавливает датчик потока молока в стартовое положение, зафиксировав поплавок опрокидывающейся скобой, подставив ее под головку плунжера. В результате пневмоцилиндр снятия доильного аппарата сообщается с атмосферой. Оператор устанавливает доильный аппарат на вымя коровы. Начинается процесс доения. При увеличении интенсивности потока молока выше контрольного значения, например 200 мл/мин., поплавок всплывает, приподнимая плунжер вместе с головкой и тем самым освобождая опрокидывающуюся скобу, которая возвращается в исходное положение. Датчик потока молока переходит в следящий режим. При снижении потока молока в доильных стаканах ниже контрольного значения, поплавок опускается в крайнее нижнее положение и отключает доильный аппарат от вакуумметрического давления, прекращая доение, и одновременно подключает пневмоцилиндр для снятия доильного аппарата с вымени коровы. Доение завершено.

Данный алгоритм работы мобильного агрегата для доения коров послужил основой для разработки его блок-схемы, которая приведена на рисунке 2.2.

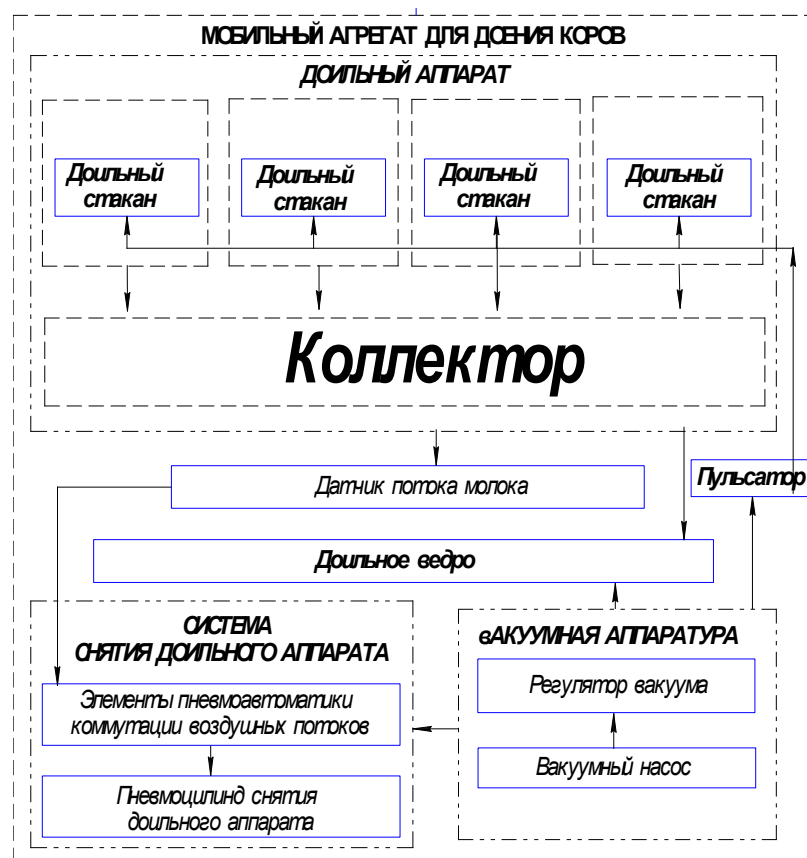


Рисунок 2.2 – Блок-схема мобильного агрегата для доения коров

Блок схемой предусматривается включение в конструкцию мобильного агрегата для доения коров соответствующих узлов и механизмов, предназначенных для контроля интенсивности потока выводимого из вымени, отслеживания момента завершения процесса доения и снятия доильного аппарата с молочной железы коровы.

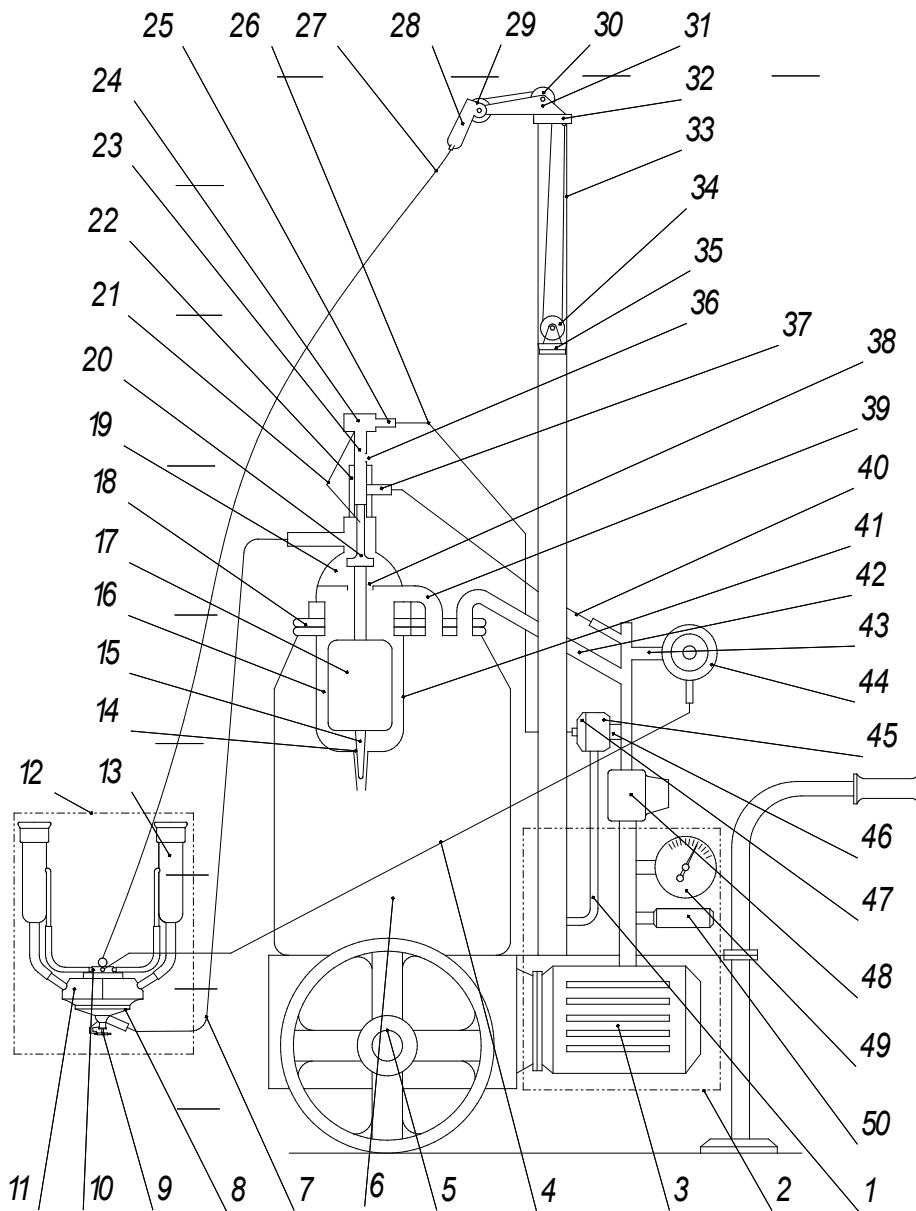
Все это, в конечном счете, направлено на достижение конечной цели: - исключение вредного воздействия на молочную железу животного, способного вызвать заболеваемость маститом, повысить выдоенность коровы, исключить субъективный фактор влияния на процесс доения, повысить производительность труда оператора за счет автоматизации заключительной операции доения.

Предложенную блок-схему доильного устройства мы использовали при разработке конструктивно-технологической схемы мобильного агрегата для доения коров. Ее новизна подтверждена патентами на изобретение (Рисунок 2.3) (Приложение Б), (Приложение В) [144, 145, 146, 147].

Разработанный нами мобильный агрегат для доения коров (Рисунок 1) обеспечивает отсоединение и выведение из-под вымени коровы доильного аппарата по завершению доения.

Доильный агрегат (рисунок 2.3) включает шасси 5 доильного агрегата, доильный аппарат 12, доильное ведро 6, вакуумную аппаратуру 2 и вертикально установленный на шасси 5 пневмоцилиндр 33. Сверху пневмоцилиндра 33 на подшипнике 32 смонтирован рычаг 31 с роликами 29 и 30. Поршень 35 пневмоцилиндра 33 содержит обводной ролик 34. К коллектору 8 доильного аппарата 12 присоединен трос 27, противоположный конец которого, проходя по обводным роликам 29 и 30 рычага 31 и далее охватывая ролик 34 поршня 35, прикреплен к верхнему обрезу пневмоцилиндра 33.

Для удержания троса 27 на обводных роликах 29 и 30 к свободному концу поворотного рычага 31 шарнирно прикреплен хвостовик 28. В крышке 18 доильного ведра 6 установлен датчик потока молока 41, выполненный в виде поплавковой камеры 16 с поплавком 17.



1, 40, 42, 43, 46 – патрубок; 2 - вакуумная аппаратура; 3 - вакуумный насос; 4 - гибкий шланг; 5 – шасси; 6 - доильное ведро; 7 - гибкий молочный шланг; 8 – коллектор; 9 – клапан; 10 - распределительная камера; 11 - молокоприемная камера; 12 - доильный аппарат; 13 - доильный стакан; 14 - сливное калиброванное отверстие; 15 – игла; 16 - поплавковая камера; 17 – поплавок; 18 – крышка; 19 - молокоприемная камера; 20 – клапан; 21 - опрокидывающаяся скоба; 22 – гильза; 23 - полый плунжер; 24- головка; 25 – штуцер; 26 - гибкий шланг; 27 – трос; 28 – хвостовик; 29 - обводной ролик; 30 - обводной ролик; 31 - поворотный рычаг; 32 – подшипник; 33 – пневмоцилиндр; 34 - обводной ролик; 35 – поршень; 36 – отверстие; 37 – штуцер; 38 - сливное отверстие; 39 - переливной патрубок; 41 - датчик потока молока; 44 – пульсатор; 45 – пневмоусилитель; 47 - камера управления; 48 - запорный вентиль; 49 – вакуумметр; 50 – вакуумрегулятор.

Рисунок 2.3 - Мобильный агрегат для доения коров

В нижней части поплавков 17 содержит конусообразную иглу 15, образующую в дне молокоприемной камеры 16 сливное калиброванное отверстие 14, а к верхней его части последовательно присоединены клапан 20, в нижнем своем положении разъединяющий молокоприемную камеру 19 и поплавковую камеру 16 перекрыв сливное отверстие 38, и полый плунжер 23 с отверстием 36 и головкой 24 со штуцером 25. Плунжер 23 установлен в гильзе 22, которая снабжена штуцером 37. Отверстие 36 в плунжере 23 выполнено таким образом, что при нижнем положении поплавок 17 отверстие 36 сообщает полость плунжера 23 со штуцером 37 гильзы 22, а при всплытии поплавок 17 или установки датчика потока молока 41 в стартовое положение – с атмосферой. Для установки датчика потока молока 41 в стартовое положение гильза 22 содержит опрокидывающуюся скобу 21, устанавливаемую под головку 24 плунжера 23 при перемещении оператором соединения головка 24 – плунжер 23 – клапан 20 – поплавков 17 вверх до упора. В процессе доения и накопления молока в поплавковой камере 16 поплавков 17 всплывает и приподнимает вверх сопряженные с ним детали, тем самым освобождая скобу 21, которая переходит в исходное положение, освобождая плунжер 23. Датчик потока молока 41 переходит в режим контроля интенсивности выводимого из вымени коровы потока молока. Молокоприемная камера 19 датчика потока молока 41 гибким молочным шлангом 7, перекрываемым клапаном 9, соединена с молокоприемной камерой 11 коллектора 8, а поплавковая камера 16 переливным патрубком 39 соединена с полостью доильного ведра 6. Вакуумная аппаратура 2 доильного агрегата включает вакуумный насос 3, вакуумрегулятор 50, вакуумметр 49 и запорный вентиль 48. Доильное ведро 6 соединено с вакуумной аппаратурой 2 патрубком 42, штуцер 37 гильзы 22 датчика потока молока 41 – патрубком 40. Пневмоцилиндр 33 к вакуумной аппаратуре 2 подключен патрубками 1 и 46 через пневмоусилитель 45, камера управления 47 которого соединена со штуцером 25 головки 24 плунжера 23 гибким шлангом 26.

Доильный агрегат (рисунок 2.3) работает так. Оператор подвозит доильный агрегат к корове, подключает агрегат к источнику электрической энергии, включает вакуумную аппаратуру 2 и открывает запорный вентиль 48. При этом ваку-

умметрическое давление по патрубку 42 поступает в доильное ведро 6 и далее по переливному патрубку 39, а также через калиброванный канал 14 в поплавковую камеру 16, по патрубку 43 - через пульсатор 44 к доильным стаканам 13, а по патрубку 46 – к пневмоусилителю 45. Одновременно вакуумметрическое давление по патрубку 40 поступает в штуцер 37 гильзы 22, откуда через совмещенное со штуцером 37 отверстие 36 при нижнем положении поплавка 17 в полость плунжера 23 и далее через головку 24 и штуцер 25 по гибкому шлангу 26 вакуумметрическое давление поступает в камеру управления 47 пневмоусилителя 45. В результате пневмоусилитель 45 сообщает патрубок 1 с патрубком 46, тем самым обеспечив подачу вакуумметрического давления в пневмоцилиндр 33. Под воздействием вакуумметрического давления поршень 35, перемещаясь вниз, посредством обводного ролика 34 втягивает трос 27 внутрь пневмоцилиндра 33, который в свою очередь, обкатываясь по обводным роликам 29 и 30 поворотного рычага 31 поднимает за коллектор 8 доильный аппарат 12 вверх до упора поршня 35 в дно пневмоцилиндра 33. Затем оператор, контролируя вакуумметром 49, регулятором 50 устанавливает заданное вакуумметрическое давление доения в доильном ведре 6, в пульсаторе 44 и далее в межстенных камерах доильных стаканов 13, а также в пневмоцилиндре 33.

Доильный агрегат готов к работе.

Оператор за головку 24 совместно с клапаном 20 и поплавком 17 поднимает плунжер 23 вверх до упора и устанавливает опрокидывающуюся скобу 21 под головку, тем самым устанавливая датчик потока молока 41 в стартовое положение. При этом вакуумметрическое давление из поплавковой камеры 16 через открытое сливное отверстие 38 поступает в молокоприемную камеру 19 датчика потока молока 41 и далее в перекрытый клапаном 9 коллектора 8 гибкий молочный шланг 7. Одновременно при перемещении плунжера 23 вверх его отверстие 36 выходит из зоны взаимодействия с гильзой 22, тем самым обеспечив доступ атмосферного давления в полость плунжера 23 и далее через головку 24 и штуцер 25 по гибкому шлангу 26 в камеру управления 47 пневмоусилителя 45. При этом пневмоусилитель 45 отключает патрубок 1 от патрубка 46, соединяемого с вакуумной аппара-

турой 2, и сообщает его с атмосферным давлением, которое поступает в пневмоцилиндр 33 и освобождает поршень 35 от действующего на него перепада давлений. Оператор, перемещая доильный аппарат 12 в направлении вымени коровы и одновременно вытягивая трос 27 из пневмоцилиндра 33, воздействует на хвостовик 28, который, проворачиваясь в шарнире и ориентируясь в направлении натяжения троса 27, в свою очередь проворачивает поворотный рычаг 31 в подшипнике 32 в том же направлении, обеспечивая перемещение троса 27, который обкатываясь по обводным роликам 29 и 30 поворотного рычага 31 и обводному ролику 34 перемещает поршень 35 пневмоцилиндра 33 вверх. Поднеся доильный аппарат 12 под вымя коровы, оператор открывает клапан 9 и устанавливает доильные стаканы 13 на соски. Начинается доение.

При малой интенсивности молоко успевает вытекать из поплавковой камеры 16 через сливное калиброванное отверстие 14, образуемое конусообразной иглой 15 в ее дне, в доильное ведро 6. При увеличении интенсивности потока молока и его накоплении в поплавковой камере 16, поплавок 17 всплывает, приподнимая вверх головку 24 плунжера 23, тем самым освободив опрокидывающуюся скобу 21, которая проворачиваясь, опускается в первоначальное положение, и датчик потока молока 41 переходит в режим слежения. При чрезмерном накоплении молока в поплавковой камере 16, его излишки перетекают по переливному патрубку 39 в доильное ведро 6. При завершении доения по мере уменьшения интенсивности потока молока поплавок 17 опускается вниз и при интенсивности ниже заданного значения, например 200мл/мин, занимает крайнее нижнее положение, перекрыв клапаном 20 сливное отверстие 38, тем самым разъединив молокоприемную камеру 19 и поплавковую камеру 16 и отключив подачу вакуумметрического давления по гибкому молокопроводному шлангу 7 к доильному аппарату 12. Одновременно плунжер 23, перемещаясь вниз, совмещает со штуцером 37 гильзы 22 отверстие 36 через которое в полость плунжера 23 и далее через головку 24 и штуцер 25 по гибкому шлангу 26 вакуумметрическое давление поступает в камеру управления 47 пневмоусилителя 45. В результате пневмоусилитель 45 сообщает патрубок 1 с патрубком 46, тем самым обеспечив подачу вакуумметрического

давления в пневмоцилиндр 33. Под воздействием вакуумметрического давления поршень 35, перемещаясь вниз, посредством обводного ролика 34 втягивает трос 27 внутрь пневмоцилиндра 33, который в свою очередь, обкатываясь по обводным роликам 29 и 30 поворотного рычага 31 за коллектор 8 снимает доильный аппарат 12 с вымени коровы и поднимает вверх до упора поршня 35 в дно пневмоцилиндра 33.

Доильный агрегат отключают от источника электроэнергии. Снимают крышку 18 доильного ведра с датчиком потока молока 41, сливают молоко из доильного ведра 6 в молокоприемный резервуар.

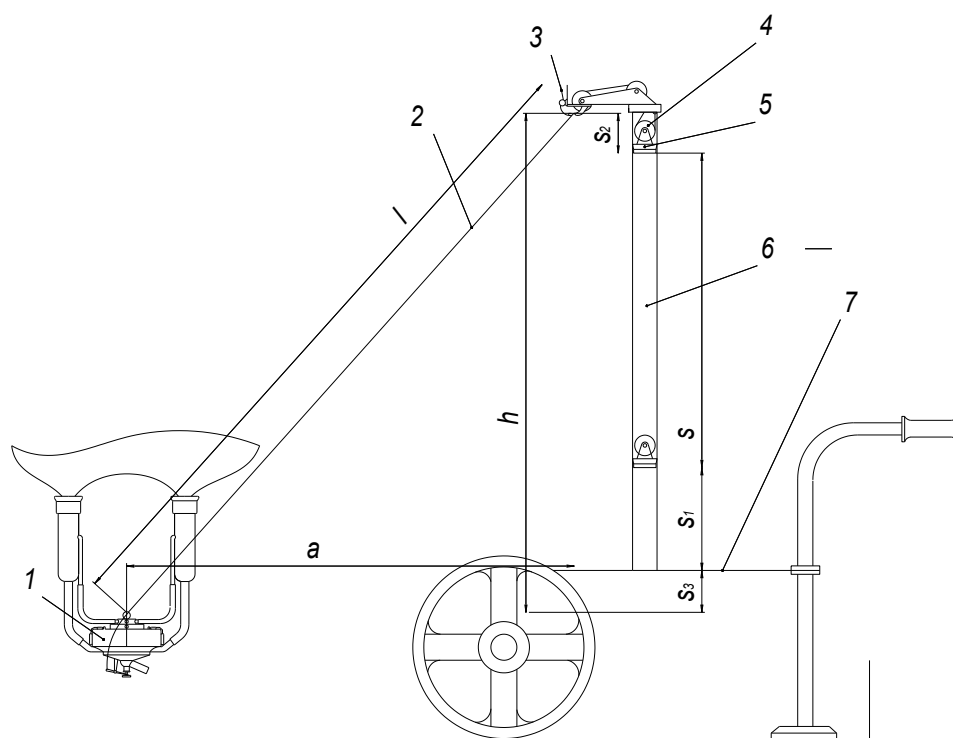
Доение завершено.

Автоматическое отключение и выведение доильного аппарата из-под вымени коровы позволит исключить ручной труд и субъективную оценку процесса завершения доения.

2.2 Теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров пневмоцилиндра снятия доильного аппарата и шасси мобильного агрегата доения коров

2.2.1 Теоретическое обоснование хода поршня пневмоцилиндра снятия доильного аппарата с вымени коровы

При составлении математической модели рабочего процесса пневмоцилиндра снятия доильного аппарата с вымени коровы учитывали то, что, во первых - мобильный агрегат устанавливают как можно ближе к вымени коровы, и во вторых – при снятии доильного аппарата с молочной железы он не должен соприкасаться с полом стойла животного. В таком случае, как следует из описания конструкции и работы пневмоцилиндра 6 (Рисунок 2.4), для фиксации доильного аппарата в крайнем верхнем положении ход поршня 5 должен быть не менее половины длины максимально выдвинутого из пневмоцилиндра 6 троса 2 от доильного аппарата 1 до хвостовика 3 на поворотном рычаге, связывающего доильный аппарат 1 с поршнем 5 пневмоцилиндра 6 [148, 149, 150, 151, 152, 153, 154]:



1 - доильный аппарат; 2 - трос; 3 - хвостовик; 4 – обводной ролик; 5 - поршень; 6 - пневмоцилиндр; 7 – платформа тележки.

Рисунок 2.4 - К расчету хода поршня пневмоцилиндра снятия доильного аппарата с вымени коровы

$$s \geq \frac{l}{2}, \quad (2.1)$$

где l – длина троса от точки крепления к доильному аппарату до хвостовика, м;

s – ход поршня, м.

Из рисунка 2.4 следует, что длина троса 2 от точки крепления к доильному аппарату 1 до хвостовика 3 зависит от удаления доильного аппарата от положения хвостовика 3 в горизонтальной плоскости, а также разности высот положения точки крепления троса к доильному аппарату 1 и хвостовика 3. В таком случае мы можем записать :

$$l = \sqrt{a^2 + h^2}, \quad (2.2)$$

где a и h – расстояние от точки крепления троса к доильному аппарату до положения хвостовика соответственно в горизонтальной и вертикальной плоскости, м;

Обращаясь к рисунку 2.4, мы можем отметить, что расстояние h от точки крепления троса к доильному аппарату до положения хвостовика в вертикальной плоскости зависит от хода поршня, расстояния от платформы 7 до поршня 5 при крайнем нижнем его положении, отклонения по высоте хвостовика 3 относительно

но поршня 5 при крайнем верхнем его положении, а также отклонения по высоте положения точки крепления троса 2 к доильному аппарату 1 относительно платформы 7 тележки доильного агрегата:

$$h = s + s_1 \pm s_2 \pm s_3, \quad (2.3)$$

где s – ход поршня, m ;

s_1 - расстояние от платформы до поршня при крайнем нижнем его положении, m ;

s_2 - отклонение по высоте хвостовика относительно поршня при крайнем верхнем его положении, m ;

s_3 - отклонение по высоте положения точки крепления троса к доильному аппарату относительно платформы тележки доильного агрегата, m .

В таком случае уравнение (2.2) с учетом уравнения (2.3) приобретает вид:

$$l = \sqrt{a^2 + (s + s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2}, \quad (2.4)$$

Но следует заметить, что в процессе работы доильного агрегата, трос 2 должен быть в ненапрянутом положении. Это достигается дополнительным выдвижением троса 2 из пневмоцилиндра 6 до достижения поршнем 5 крайнего верхнего его положения. В таком случае уравнение (2.1) можно представить в виде:

$$s \geq \frac{kl}{2}, \quad (2.5)$$

где k – коэффициент удлинения троса.

Отсюда:

$$l \leq \frac{2s}{k}, \quad (2.6)$$

Подставив уравнение (2.4) в уравнение (2.6):

$$\frac{2s}{k} \geq \sqrt{a^2 + (s + s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2}, \quad (2.7)$$

и решив его относительно s :

$$s = \frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}}{(k^2 - 4)} \quad (2.8)$$

мы получаем уравнение для расчета хода поршня, при котором обеспечивается снятие доильного аппарата с вымени коровы с последующей его фиксацией в

крайнем верхнем положении. Его графическая интерпретация – на рисунке 2.5 [155, 156].



Рисунок 2.5 - График зависимости потребного хода поршня от расстояния от точки крепления троса к доильному аппарату до положения хвостовика в горизонтальной плоскости

Как показывают результаты теоретических исследований, для условия, что s_1 - расстояние от платформы до поршня, при крайнем нижнем его положении, равно 0,1 м; s_2 - отклонение по высоте хвостовика относительно поршня, при крайнем верхнем его положении, равно 0,1 м; s_3 - отклонение по высоте положения точки крепления троса к доильному аппарату относительно платформы тележки доильного агрегата, равно 0,1 м; k – коэффициент удлинения троса, равен 1,2, при расстоянии от точки крепления троса к доильному аппарату до положения хвостовика в горизонтальной плоскости 1,00 м – требуемый ход поршня пневмоцилиндра составляет 0,70 м, а при увеличении расстояния до 1,50 м ход поршня возрастает до 1,04 м [155].

2.2.2 Теоретическое обоснование натяжение троса пневмоцилиндра снятия доильного аппарата с вымени коровы

Очевидно, что в процессе снятия доильный аппарат совершает колебательное движение. Плоское движение исследуемого процесса снятия доильного аппарата с молочной железы коровы можно моделировать математическим маятником. Но, исходя из условия предотвращения его контакта с полом стойла коровы, в своих

рассуждениях мы будем рассматривать движение маятника переменной длины [148, 149, 153, 154].

Как следует из рисунка 2.6 в начальный момент в тросе его крепления должно быть создано усилие F_n удержания доильного аппарата от падения на пол.

Его значение можно представить в виде:

$$F_n \geq F_{да} \cos \alpha , \quad (2.9)$$

где $F_{да}$ – сила тяжести, действующая на доильный аппарат, H ;

α – угол отклонения троса от вертикали в начальный момент снятия доильного аппарата вымени коровы, $рад$.

Сила тяжести $F_{да}$, действующая на доильный аппарат, массой m , равна:

$$F_{да} = mg, \quad (2.10)$$

где g – ускорение свободного падения, $м/с^2$.

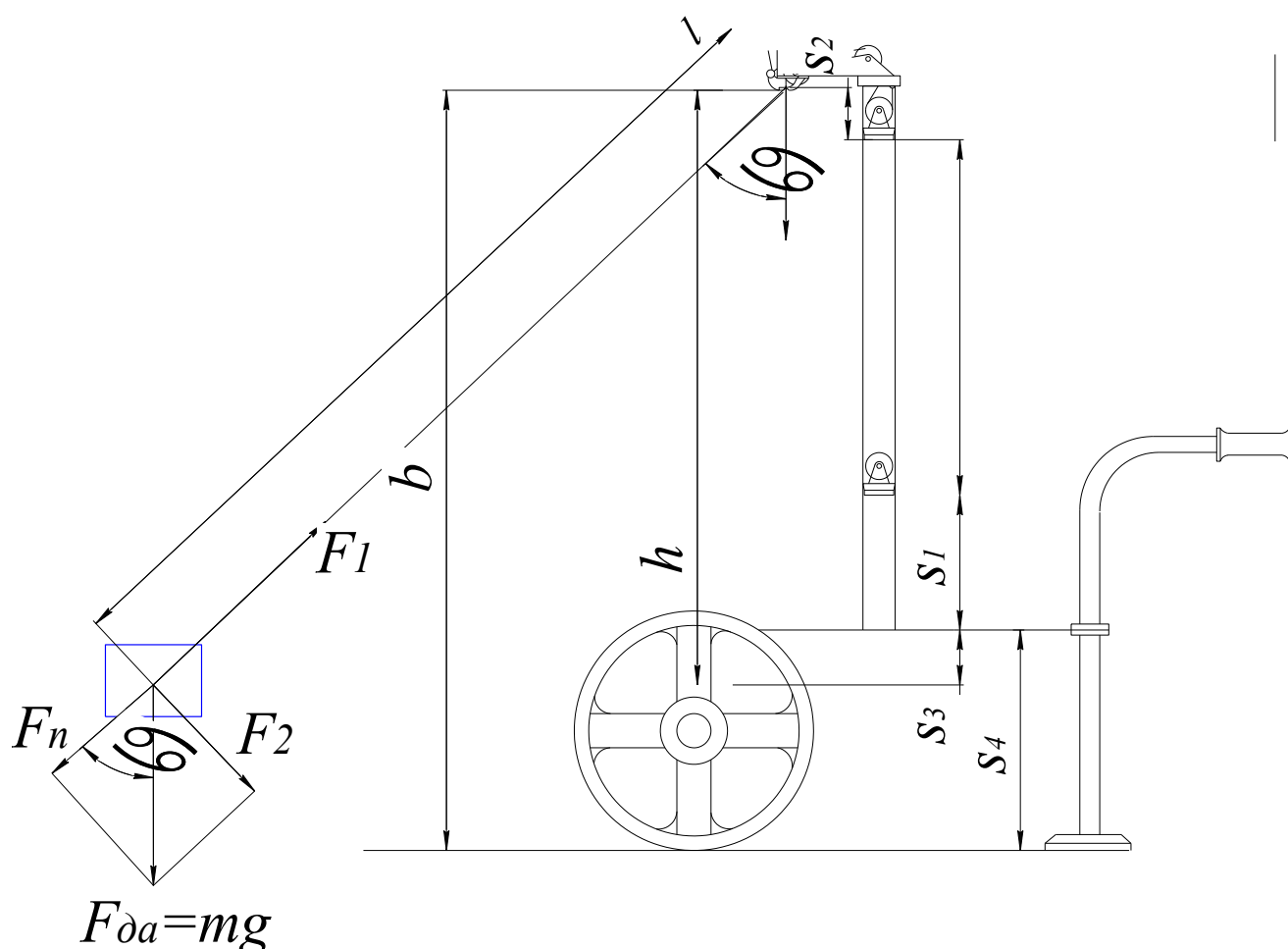


Рисунок 2.6 - Начальный момент движения доильного аппарата при снятии с вымени коровы

А угол α отклонения троса от вертикали в начальный момент снятия доильного аппарата вымени коровы зависит от расстояния от точки крепления троса к доильному аппарату до положения хвостовика соответственно в горизонтальной и вертикальной плоскости a и h :

$$\alpha = \arctan \frac{a}{h}, \quad (2.11)$$

Но по мере перемещения доильного аппарата, с появлением скорости движения, возникает центробежная сила, оказывающая влияние на натяжение троса пневмоцилиндра:

$$F_1 = F_{\text{да}} \cos \alpha + F_{\text{cen}}, \quad (2.12)$$

где F_{cen} - центробежная сила, H .

При скорости v_d движения доильного аппарата, направленной по касательной к траектории его перемещения, центробежная сила определяется выражением:

$$F_{\text{cen}} = \frac{mv_d^2}{R}, \quad (2.13)$$

где R – радиус траектории движения доильного аппарата, m .

В нашем случае $R=l$ – длине троса от точки крепления к доильному аппарату до хвостовика.

Однако следует заметить, что, как отмечалось выше, длина троса l – величина переменная. А так как высота над уровнем пола точки подвеса доильного аппарата, относительно которой осуществляется его вращение в процессе снятия с вымени коровы:

$$b = s + s_1 \pm s_2 \pm s_3 + s_4, \quad (2.16)$$

где b - высота над уровнем пола точки подвеса доильного аппарата, m ;

s_4 – высота расположения платформы агрегата над уровнем пола, m , текущее значение длины троса при движении доильного аппарата в горизонтальной плоскости можно представить в виде:

$$l_t = l - \frac{(l-b)(\alpha-\alpha_t)}{\alpha}, \quad (2.17)$$

где l_t – текущее значение длины троса, m .

Смещение вверх вдоль линии троса подвеса обусловлено необходимостью изменения траектории движения доильного аппарата по высоте для предотвращения его столкновения с полом стойла коровы.

В таком случае кинетическая энергия доильного аппарата будет состоять из двух составляющих:

$$W_d = W_k + W_c, \quad (2.18)$$

где W_d – кинетическая энергия доильного аппарата, Дж;

W_k – кинетическая энергия доильного аппарата, движущегося со скоростью v_k , направленной по касательной к траектории его перемещения радиусом l , Дж;

W_c – кинетическая энергия доильного аппарата, движущегося со скоростью v_c , направленной вдоль линии троса к оси вращения, Дж.

Потенциальная энергия доильного аппарата будет равна:

$$W_p = mg \left(l - \frac{(l-b)(\alpha-\alpha_t)}{\alpha} \right) (\cos \alpha_t - \cos \alpha), \quad (2.19)$$

где α_t – текущее значение угла α , рад.

А центростремительная сила:

$$F_{cen} = \frac{mv_d^2}{l_t}, \quad (2.20)$$

или:

$$F_{cen} = \frac{mv_d^2}{l - \frac{(l-b)(\alpha-\alpha_t)}{\alpha}}, \quad (2.21)$$

Полная энергия доильного аппарата в крайних положениях равна кинетической или потенциальной энергии. В таком случае:

$$W_d - W_p = 0, \quad (2.22)$$

Или:

$$\frac{mv_k^2}{2} + \frac{mv_c^2}{2} - mg \left(l - \frac{(l-b)(\alpha-\alpha_t)}{\alpha} \right) (\cos \alpha_t - \cos \alpha) = 0, \quad (2.23)$$

А так как:

$$v_k^2 + v_c^2 = v_d^2, \quad (2.24)$$

Также можно записать:

$$\frac{mv_d^2}{2} - mg \left(l - \frac{(l-b)(\alpha-\alpha_t)}{\alpha} \right) (\cos \alpha_t - \cos \alpha) = 0, \quad (2.25)$$

Из этого уравнения следует, что:

$$v_d^2 = 2g \left(l - \frac{(l-b)(\alpha-\alpha_t)}{\alpha \cos \alpha_t} \right) (\cos \alpha_t - \cos \alpha), \quad (2.26)$$

Подставив данное уравнение в уравнение (2.21), определим центростремительную силу, действующую на доильный аппарат:

$$F_{cen} = \frac{2mg \left(l - \frac{(l-b)(\alpha-\alpha_t)}{\alpha} \right) (\cos \alpha_t - \cos \alpha)}{l - \frac{(l-b)(\alpha-\alpha_t)}{\alpha}}. \quad (2.27)$$

или:

$$F_{cen} = 2mg(\cos \alpha_t - \cos \alpha). \quad (2.28)$$

Это дает нам возможность записать уравнение для определения натяжение троса пневмоцилиндра:

$$F_1 = mg \cos \alpha + 2mg(\cos \alpha_t - \cos \alpha) = mg(2 \cos \alpha_t - \cos \alpha). \quad (2.29)$$

Из уравнения (2.29), графическая интерпретация которого (рисунок 2.7) построена для конструктивных параметров доильного агрегата, приведенных выше, и варьировании массы доильного аппарата от 3 до 4 кг, следует, что натяжение троса в процессе движения доильного аппарата меняется [153, 154, 156]. Причем, в начальный момент движения (Рисунок 2.7. а.) чем больше удаление доильного аппарата от агрегата, тем меньше натяжение троса F_t . Так, при использовании доильного аппарата массой 4 кг, при удалении 1,5 м натяжение троса составляет 25,37 Н, в то время как при нулевом удалении ($a=0$) натяжение составляет 40 Н.

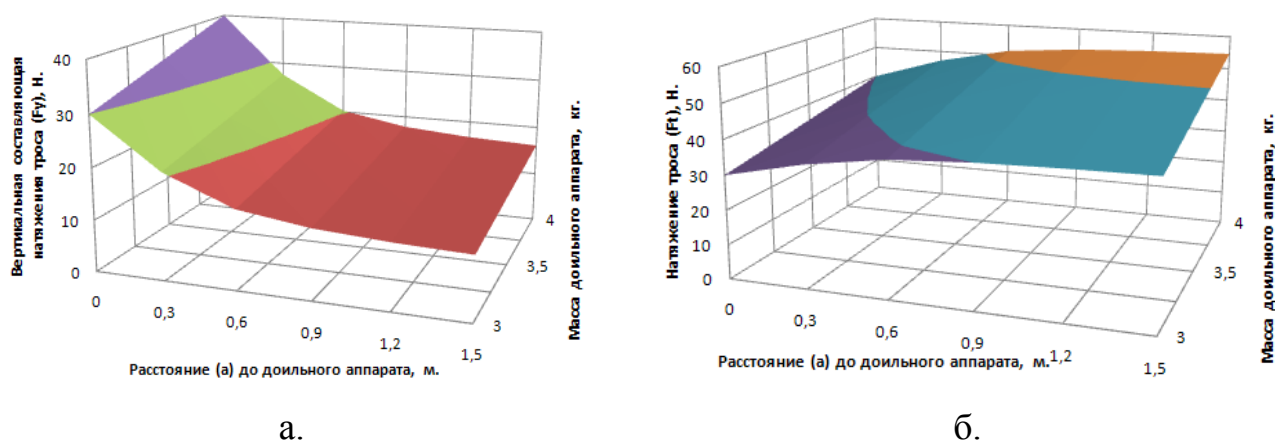


Рисунок 2.7 - Натяжение троса пневмоцилиндра в начальной точке траектории (а.) при $\alpha_t = \alpha$ и в нижней точке (б.) при $\alpha_t = 0$ в зависимости от расстояния (а) и массы доильного аппарата

В то же время при прохождении в процессе движения нижнего положения траектории (Рисунок 2.7. б.), отмечается увеличение натяжения троса с увеличением удаления. Оно возрастает от 40 до 54,63 Н.

2.2.3 Теоретическое обоснование положения центра тяжести шасси мобильного агрегата для доения коров

Актуальным является обеспечение устойчивого состояния агрегата, так как формируемое пневмоцилиндром усилие F_l удержания доильного аппарата от падения на пол вызывает возникновение момента опрокидывания $M_{опр}$ под воздействием на поворотный рычаг пневмоцилиндра развиваемой в тросе силы F_t (рисунок 2.6) [148, 149, 153, 154] :

$$F_1 = F_t . \quad (2.30)$$

Как следует из рисунка 2.6, вертикальная составляющая силы F_t может быть представлена выражением вида:

$$F_{ty} = F_1 \cos \alpha , \quad (2.31)$$

а горизонтальная –

$$F_{tx} = F_1 \sin \alpha . \quad (2.32)$$

Или с учетом уравнений (2.9), (2.10) и (2.29):

$$F_{ty} = mg \cos \alpha_t (2 \cos \alpha_t - \cos \alpha) , \quad (2.33)$$

$$F_{tx} = mg \sin \alpha_t (2 \cos \alpha_t - \cos \alpha) . \quad (2.34)$$

Рисунок 2.8 наглядно демонстрирует нелинейный характер возрастания натяжения троса пневмоцилиндра в зависимости от текущего угла положения доильного аппарата [156].

Однако анализ уравнений (2.33) и (2.34) свидетельствует о том, что если вертикальная составляющая F_{ty} натяжения троса F_t плавно растет, то горизонтальная составляющая F_{tx} вначале увеличивается, а затем снижается до нуля в нижней точке траектории (Рисунок 2.9).

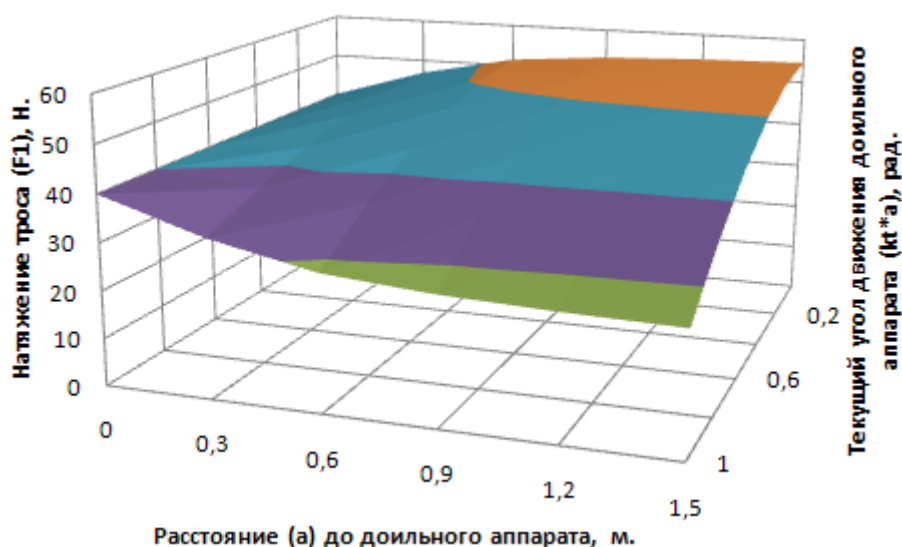


Рисунок 2.8 - Натяжение троса пневмоцилиндра в зависимости от текущего угла (α_t) положения и расстояния (a) до доильного аппарата

Так, при удалении доильного аппарата от агрегата 1,5 м и массе 4 кг, в начале движения натяжение троса пневмоцилиндра составляет 19,61 Н. Когда текущий угол α_t составляет $0,8\alpha$, начального угла положения доильного аппарата, натяжение троса составляет 23,03 Н. Затем оно снижается до нуля.

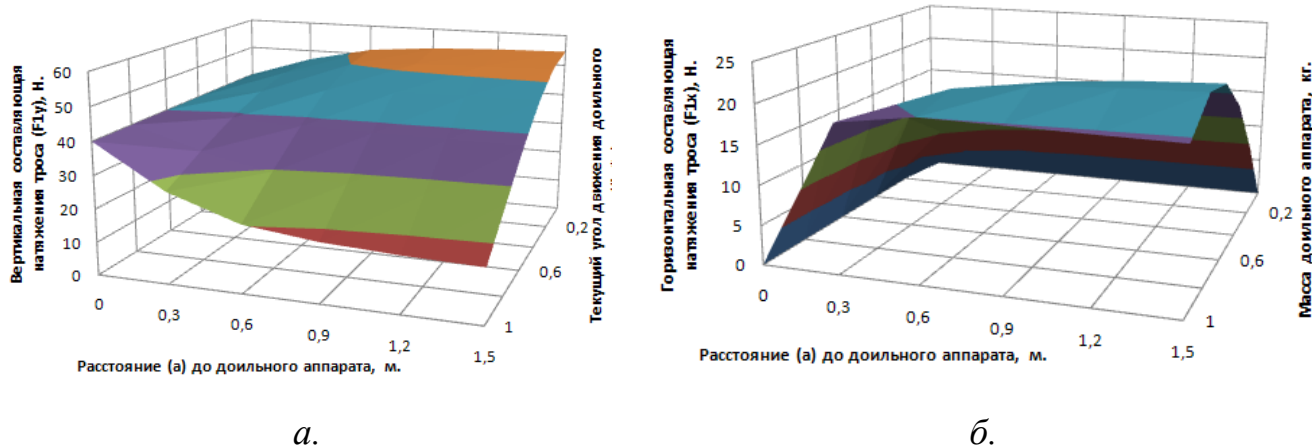


Рисунок 2.9 - Вертикальная (а.) и горизонтальная (б.) составляющая силы натяжения троса пневмоцилиндра в зависимости от текущего угла положения и расстояния (a) до доильного аппарата

Из учебной и научной литературы, а также выполненных Ульяновцевым Ю.Н. исследований следует, что для устойчивого состояния технических средств, а в нашем случае мобильного агрегата для доения коров, геометрический центр тяжести должен находиться внутри горизонтально расположенного многоугольника, образованного линиями, последовательно соединяющими точки его опор [86,

88, 150, 151, 152]. Для определения положения центра тяжести мобильного агрегата вполне можно воспользоваться теоремой Вариньона, гласящей о том, что момент равнодействующей относительно оси системы координат равен алгебраической сумме моментов сил исследуемой системы относительно этой же оси [150, 151, 152, 153, 154]:

$$M_x(F_\Sigma) = Gy_c = \sum_0^n q_k y_k; \quad y_c = \frac{\sum_0^n q_k y_k}{G}; \quad (2.35)$$

$$M_y(F_\Sigma) = Gx_c = \sum_0^n q_k x_k; \quad x_c = \frac{\sum_0^n q_k x_k}{G}, \quad (2.36)$$

где M_x – момент равнодействующей относительно оси x , Hm ;

M_y – момент равнодействующей относительно оси y , Hm ;

G – равнодействующая действующих сил исследуемой системы, H ;

x_c – координата центра тяжести по оси x , m ;

y_c – координата центра тяжести по оси y , m ;

q_k – k -тая сила, H ;

x_k – координата точки приложения k -той силы по оси x , m ;

y_k – координата точки приложения k -той силы по оси y , m .

Как показано на рисунке 2.10, начало координат расположим в точке первой опоры агрегата.

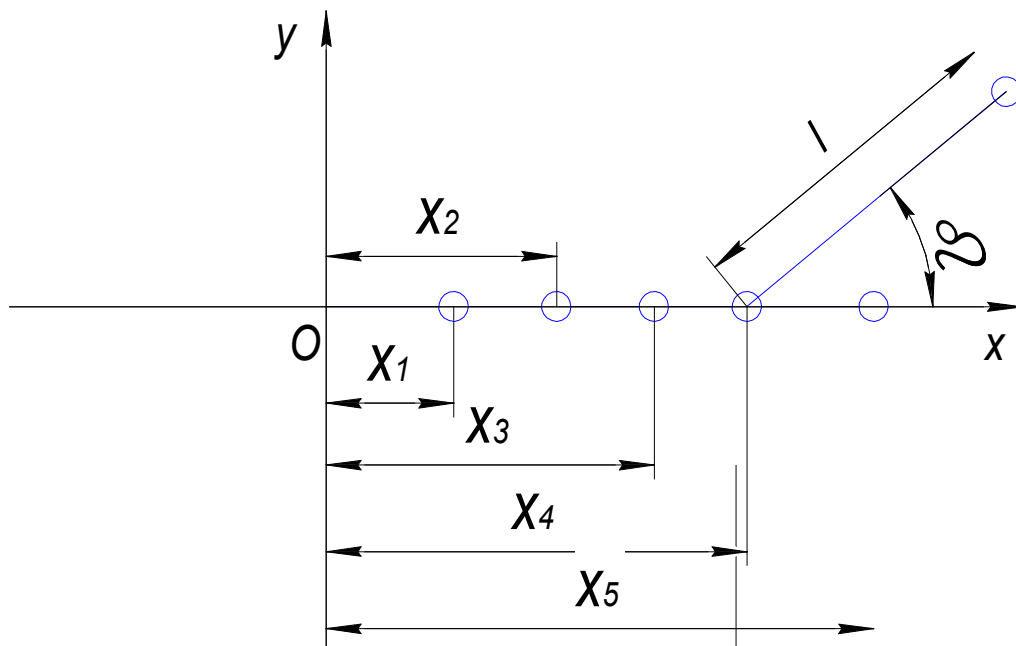


Рисунок 2.10 - К определению положения центра тяжести мобильного агрегата

Из рисунка 2.10 следует, что центр тяжести меняет свое положение в зависимости от угла β установки поворотного рычага пневмоцилиндра, через ролики которого проходит трос, соединяемый с установленным на вымени коровы доильным аппаратом. Поэтому мы можем записать:

(2.37)

$$F x_c = F_d x_1 + F_v x_2 + F_a x_3 + F_c x_4 + F_{dv} x_5 + F_z \left(x_4 + \frac{l_z}{2} \cos \beta \right) + F_{ty} (x_4 + l \cos \beta),$$

где $F = F_d + F_v + F_a + F_c + F_{dv} + F_z + F_{ty}$ - равнодействующая веса составных частей агрегата с учетом вертикальной составляющей силы F_t , развиваемой пневмоцилиндром в момент снятия доильного аппарата с вымени коровы, H ;

F_d – вес электродвигателя, H ;

F_v – вес вакуумной аппаратуры, H ;

F_a – вес платформы агрегата, H ;

F_c – вес пневмоцилиндра, H ;

F_{dv} – вес доильного ведра, H ;

F_z – вес поворотного рычага, H ;

x_1 – координата центра тяжести электродвигателя, m ;

x_2 – координата центра тяжести вакуумной аппаратуры, m ;

x_3 – координата центра тяжести платформы агрегата, m ;

x_4 – координата центра тяжести пневмоцилиндра, m ;

x_5 – координата центра тяжести доильного ведра, m ;

l_z – длина поворотного рычага, m .

$$F y_c = F_z \frac{l_z}{2} \sin \beta + F_{ty} l_z \sin \beta . \quad (2.38)$$

И теперь из полученных уравнений мы можем выразить координаты центра тяжести агрегата с учетом вертикальной составляющей силы F_t , развиваемой пневмоцилиндром в момент снятия доильного аппарата с вымени коровы для предупреждения соприкосновения его с полом стойла животного:

$$x_c = \frac{F_d x_1 + F_v x_2 + F_a x_3 + F_c x_4 + F_{dv} x_5 + F_z \left(x_4 + \frac{l_z}{2} \cos \beta \right) + F_{ty} (x_4 + l_z \cos \beta)}{F_d + F_v + F_a + F_c + F_{dv} + F_z + F_{ty}} ; \quad (2.39)$$

$$y_c = \frac{F_z \frac{l_z}{2} \sin \beta + F_{ty} l_z \sin \beta}{F_d + F_v + F_a + F_c + F_{dv} + F_z + F_{ty}} . \quad (2.40)$$

А с учетом возможного наклона агрегата вдоль оси x на угол γ и вдоль оси y на угол δ уравнения (2.39) и (2.40) приобретают вид:

$$x_c = \frac{F_d x_1 + F_v x_2 + F_a x_3 + F_c x_4 + F_{dv} x_5 + F_z \left(x_4 + \frac{l_z}{2} \cos \beta \right) + F_{ty} (x_4 + l_z \cos \beta)}{F_d + F_v + F_a + F_c + F_{dv} + F_z + F_{ty}} \cos \gamma ; \quad (2.41)$$

$$y_c = \frac{F_z \frac{l_z}{2} \sin \beta + F_{ty} l_z \sin \beta}{F_d + F_v + F_a + F_c + F_{dv} + F_z + F_{ty}} \cos \delta . \quad (2.42)$$

Для горизонтальной площадки при условии, что вес электродвигателя $F_d = 54 \text{ H}$; вакуумной аппаратуры $F_v = 38 \text{ H}$; платформы агрегата $F_a = 250 \text{ H}$; пневмоцилиндра $F_c = 30 \text{ H}$; доильного ведра $F_{dv} = 50 \text{ H}$; поворотного рычага $F_z = 10 \text{ H}$; а координата центра тяжести электродвигателя $x_1 = 0,3 \text{ м}$; вакуумной аппаратуры $x_2 = 0,15 \text{ м}$; платформы агрегата $x_3 = 0,4 \text{ м}$; пневмоцилиндра $x_4 = 0,3 \text{ м}$; доильного ведра $x_5 = 0,4 \text{ м}$; длина поворотного рычага $l_z = 0,1 \text{ м}$, при угле β , угле поворота поворотного рычага, равном нулю, центр тяжести агрегата находится на удалении от начала координат $0,358\text{-}0,362 \text{ м}$ (Рисунок 2.11) [155].

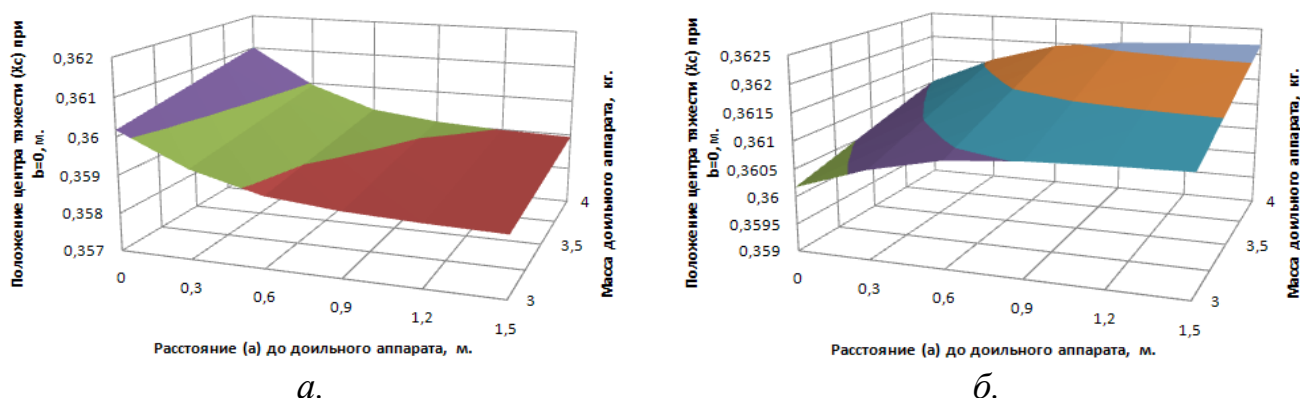


Рисунок 2.11 - Положение центра тяжести агрегата x_c при нахождении доильного аппарата в начальной точке траектории (а.), при $\alpha_i = \alpha$, и нахождении в нижней точке (б.), при $\alpha_i = 0$, в зависимости от расстояния (а) и массы доильного аппарата

Причем, при нахождении доильного аппарата в начальной точке траектории по мере увеличения угла его отклонения от вертикали удаление центра тяжести от начала координат уменьшается, а при движении доильного аппарата в нижнюю точку траектории, наоборот растет.

2.2.4 Теоретическое обоснование положения опор шасси мобильного агрегата для доения коров

Как правило, в мобильных доильных агрегатах для индивидуального доения коров применяется шасси в виде одноосной тележки с двумя колесами и одним упором. Как отмечалось выше, в процессе снятия доильного аппарата с вымени коровы возникает опрокидывающий момент. Как следует из рисунка 2.6, его значение может быть описано следующим равенством [150, 151, 152, 153, 154]:

$$M_{\text{опр}} = F_{tx} b , \quad (2.43)$$

где b – высота над уровнем пола точки приложения опрокидывающей силы F_{tx} , м.

А с учетом возможного наклона агрегата вдоль оси x на угол γ и вдоль оси y на угол δ уравнение (2.43) приобретает вид:

$$M_{\text{опр}} = F_{tx} b \cos \gamma \cos \delta , \quad (2.44)$$

Опрокидывание агрегата предотвращается моментом устойчивости (удерживающим моментом). Он определяется как произведение веса G агрегата с учетом вертикальной составляющей силы F_t на расстояние от его центра тяжести до оси опрокидывания:

$$M_{\text{уст}} = Gd , \quad (2.45)$$

где d - расстояние от центра тяжести агрегата до оси опрокидывания, м.

На границе устойчивости агрегата от опрокидывания мы имеем:

$$M_{\text{опр}} = M_{\text{уст}} . \quad (2.46)$$

А так как в технике устойчивость технических средств от опрокидывания оценивается коэффициентом $k_{уст}$ запаса устойчивости, значение которого принимается в зависимости от условий их эксплуатации и определяется как:

$$k_{уст} = \frac{M_{уст}}{M_{опр}} , \quad (2.47)$$

то мы можем записать:

$$M_{уст} = k_{уст} M_{опр} , \quad (2.48)$$

и отсюда, используя уравнения (2.16), (2.44) и (2.45), мы можем определить расстояние от центра тяжести агрегата до линии опрокидывания, на которой должны быть размещены опоры агрегата:

$$d = \frac{k_{уст} F_{tx} (s + s_1 \pm s_2 \pm s_3 + s_4) \cos \gamma \cos \delta}{F_d + F_v + F_a + F_c + F_{dv} + F_z + F_{ty}} . \quad (2.49)$$

Как показывает анализ уравнений (2.41) и (2.42) по мере изменения угла β направления приложения опрокидывающей силы и, как следствие, вращения поворотного рычага, центр тяжести агрегата изменяет свое положение, описывая окружность, радиус r_1 которой можно представить в виде (рисунок 2.12):

$$r_1 = \frac{F_z \frac{l_z}{2} + F_{ty} l_z}{F_d + F_v + F_a + F_c + F_{dv} + F_z + F_{ty}} \cos \gamma \cos \delta . \quad (2.50)$$

Отсюда следует, что для обеспечения устойчивого положения мобильного агрегата с требуемым коэффициентом запаса устойчивости $k_{уст}$, опоры шасси агрегата должны быть за пределами зоны ограниченной окружностью радиуса r (Рисунок 2.12). При этом не следует учитывать возможность установки агрегата на поверхности с уклоном в ту или иную сторону:

$$r = r_1 + d . \quad (2.51)$$

Или с учетом уравнений (2.49) и (2.50):

$$r = \frac{F_z \frac{l_z}{2} + F_{ty} l_z + k_{уст} F_{tx} (s + s_1 \pm s_2 \pm s_3 + s_4)}{F_d + F_v + F_a + F_c + F_{dv} + F_z + F_{ty}} , \quad (2.52)$$

Принимаем самую простую схему опор шасси агрегата доения коров – трехточечную (Рисунок 2.12).

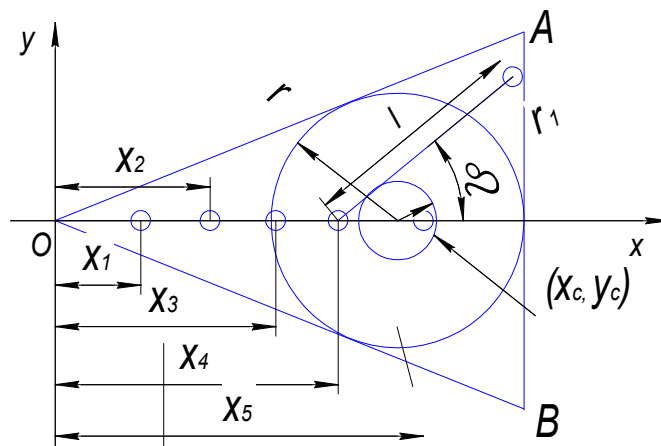


Рисунок 2.12 - Положение опор шасси мобильного агрегата для доения коров

А так как начало координат расположено в точке O первой опоры шасси агрегата, то две другие опоры шасси A и B могут быть установлены на линии AB , выполненной перпендикулярно оси x и касательно окружности радиуса r с противоположной от начала координат стороны.

При условии, что направление действия опрокидывающей силы F_{tx} совпадает с направлением оси x , угол β равен нулю, расстояние до линии AB (линии контакта опор шасси) от начала координат (первой опоры) составит:

$$x_A = x_B = x_c + d, \quad (2.53)$$

или с учетом уравнений (2.41) и (2.49):

$$x_A = x_B = \frac{F_d x_1 + F_v x_2 + F_a x_3 + F_c x_4 + F_{dv} x_5 + F_z \left(x_4 + \frac{l_z}{2}\right) + F_{ty} (x_4 + l_z) + k_{yct} F_{tx} (s + s_1 \pm s_2 \pm s_3 + s_4)}{F_d + F_v + F_a + F_c + F_{dv} + F_z + F_{ty}}, \quad (2.54)$$

где x_A , x_B – расстояние от первой опоры шасси агрегата до линии AB контакта опор – координаты точек A и B контакта опор шасси по оси x , m .

Как следует из рисунка 2.12, точки A и B установки опор расположены в точках пересечения линии AB и касательных OA и OB к окружности радиусом r , исходящих из начала координат O . Для определения их координат y_A , y_B по оси y , будем исходить из следующих соображений. Координату x_o центра окружностей радиусов r и r_1 для условия, что угол $\beta = 0$, можно определить, используя уравнение:

$$x_o = x_c - r_1, \quad (2.55)$$

В таком случае угол наклона касательной OA к оси x :

$$\varepsilon = \arcsin \frac{r}{x_o}, \quad (2.56)$$

где ε - угол наклона касательной OA к оси x , rad .

Отсюда координата y_A точки A по оси y будет равна:

$$y_A = x_A \operatorname{tg} \varepsilon, \quad (2.57)$$

Поскольку точки A и B расположены симметрично относительно оси x , то:

$$y_B = -x_A \operatorname{tg} \varepsilon. \quad (2.58)$$

Но следует отметить еще один очень важный аспект. Процессу движения доильного аппарата по траектории под воздействием силы тяжести предшествует

процесс отсоединения доильных стаканов от сосков вымени (Рисунок 2.13) [150, 151, 152, 153, 154]:

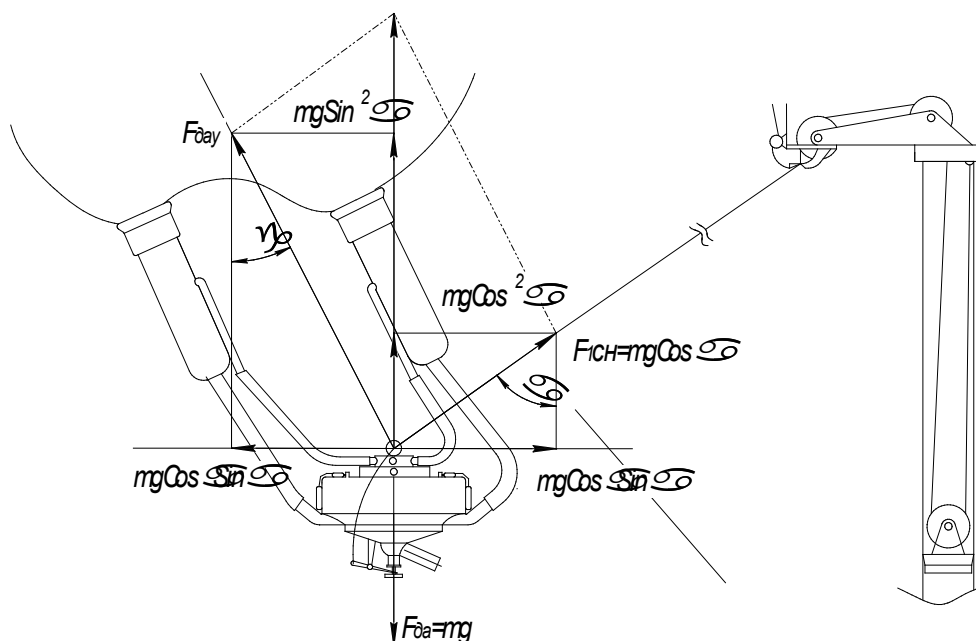


Рисунок 2.13 - К определению максимально допустимого вакуумметрического давления в подсосковых камерах доильных стаканов в момент снятия доильного аппарата с вымени коровы

Доильные стаканы на сосках молочной железы удерживаются вакуумметрическим давлением в подсосковых камерах и силой трения сосковой резины о сосок:

$$F_{\text{дау}} = \pi d_c^2 P_t + 4F_{tr} , \quad (2.59)$$

где $F_{\text{дау}}$ – сила удержания доильного аппарата на сосках вымени коровы, H ;

d_c – внутренний диаметр сосковой резины, m ;

P_t – текущее вакуумметрическое давление в подсосковых камерах доильных стаканов, Pa ;

F_{tr} – сила трения сосковой резины о сосок вымени, H .

Для удовлетворения условия устойчивости агрегата необходимо, чтобы усилие в тросе пневмоцилиндра в момент отсоединения доильного аппарата не превышало усилие в тросе в начале траектории его движения:

$$F_{1сн} \leq F_1 , \quad (2.60)$$

где $F_{1сн}$ – усилие в тросе пневмоцилиндра в момент отсоединения доильного аппарата от вымени, H .

А так как в момент отсоединения доильного аппарата текущее значение угла $\alpha_t = \alpha$, уравнение (2.29) приобретает вид:

$$F_1 = mg \cos \alpha . \quad (2.61)$$

Из рисунка 2.13 следует, что для момента отсоединения доильного аппарата от вымени, мы можем записать:

$$F_{да} = F_{дау} \cos \gamma + F_{1сн} \cos \alpha , \quad (2.62)$$

где γ – угол отклонения от вертикали доильного аппарата в момент отсоединения от вымени, *рад*.

Или с учетом уравнений (2.10) и (2.59):

$$mg = (\pi d_c^2 P_t + 4F_{tr}) \cos \gamma + mg \cos \alpha^2 . \quad (2.63)$$

Из условия равновесия, мы можем представить угол γ как:

$$\gamma = \operatorname{atan} \left(\frac{mg \cos \alpha \sin \alpha}{(mg - mg \cos \alpha^2)} \right) = \operatorname{atan}(\cot \alpha) . \quad (2.64)$$

В таком случае мы можем записать уравнение для расчета максимально допустимого вакуумметрического давления в подсосковых камерах доильных станков:

$$P_t \leq \frac{1}{\pi d_c^2} \left(\frac{mg \sin \alpha^2}{\cos(\operatorname{atan}(\cot \alpha))} - 4F_{tr} \right) . \quad (2.65)$$

А с учетом уравнений (2.3), (2.8) и (2.11):

$$P_t = \frac{1}{\pi d_c^2} \left(\frac{mg \left(\sin \left(\arctan \frac{a}{\left(\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{+s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right)} \right) \right)^2}{\cos \left(\operatorname{atan} \left(\cot \left(\arctan \frac{a}{\left(\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{+s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right)} \right) \right) \right)} - 4F_{tr} \right) \quad (2.66)$$

Как свидетельствует анализ уравнения (2.66), графическое изображение которого приведено на рисунке 2.14, при удалении доильного аппарата массой 3 кг 0,3 метра от агрегата, для его снятия вакуумметрическое давление в подсосковых камерах необходимо снизить ниже 12,7 кПа, в то время как при удалении 1,5 м, достаточно снизить давление до 17,8 кПа [153, 154, 155].

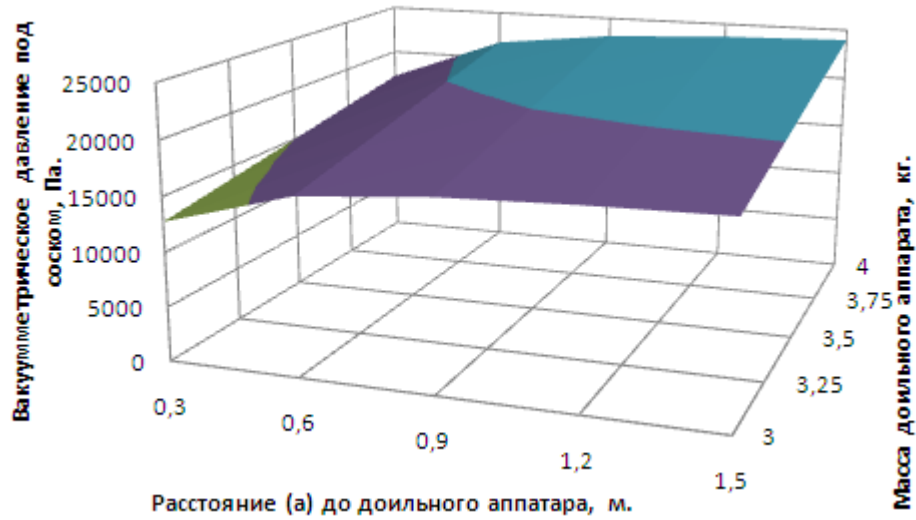


Рисунок 2.14 - Вакуумметрическое давление в подсосковых камерах доильных стаканов в момент снятия доильного аппарата в зависимости от расстояния (а) до доильного аппарата и его массы

А вот при снятии доильного аппарата массой 4 кг , вакуумметрическое давление в подсосковых камерах должно быть не выше $17,2$ и $23,9\text{ кПа}$ соответственно.

При выполнении этих условий для расчета положения опор доильного агрегата, при которых обеспечивается устойчивость агрегата с требуемым коэффициентом устойчивости, мы можем использовать уравнения (2.54), (2.57) и (2.58) которые в развернутом виде имеют вид:

$$\begin{aligned}
 x_A = x_B = & \{F_d x_1 + F_v x_2 + F_a x_3 + F_c x_4 + F_{dv} x_5 + F_z (x_4 + \frac{l_z}{2}) + & (2.66) \\
 & + mg(2 \cos \alpha_t \cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) - \\
 & - \left(\cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \right)^2 \\
 & \quad \times (x_4 + l_z) + \\
 & + k_{yCT} mg(2 \cos \alpha_t \sin \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) - \\
 & \sin^2 \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \times \\
 & \frac{\quad}{2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \times \left(\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3 + s_4 \right) / (F_d + F_v + F_a + F_c + \\
& \quad + F_{dv} + F_z + \\
& + mg(2 \cos \alpha_t \cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3} \right) \right) - \\
& - \left(\cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3} \right) \right) \right)^2 \\
& \quad y_A = ((\{F_d x_1 + F_v x_2 + F_a x_3 + F_c x_4 + F_{dv} x_5 + F_z \left(x_4 + \frac{l_z}{2}\right) + \quad (2.67) \\
& + mg(2 \cos \alpha_t \cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3} \right) \right) - \\
& - \left(\cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3} \right) \right) \right)^2 \\
& \quad \times (x_4 + l_z) + \\
& + k_{yCT} mg(2 \cos \alpha_t \sin \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3} \right) \right) - \\
& \sin 2 \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3} \right) \right) \\
& \quad \times \\
& \times \left(\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3 + s_4 \right) / (F_d + F_v + F_a + F_c + \\
& \quad + F_{dv} + F_z + \\
& + mg(2 \cos \alpha_t \cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3} \right) \right) - \\
& - \left(\cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3} \right) \right) \right)^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \times \operatorname{tg}(\arcsin((F_z \frac{l_z}{2} \\
& + mgl_z(2 \cos \alpha_t \cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \\
& - \left(\cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \right)^2 \\
& + k_{yCT}mg(2 \cos \alpha_t \sin \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) - \\
& \frac{\sin 2 \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right)}{2} \times \\
& \times \left(\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3 + s_4 \right) / (F_d + F_v + F_a + F_c + \\
& \quad + F_{dv} + F_z + \\
& + mg(2 \cos \alpha_t \cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) - \\
& - \left(\cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \right)^2 \\
& \quad / ((F_d x_1 + F_v x_2 + F_a x_3 + F_c x_4 + F_{dv} x_5 + F_z (x_4 + \frac{l_z}{2} \cos \beta) + \\
& + mg(2 \cos \alpha_t \cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) - \\
& - \left(\cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \right)^2 \\
& \quad \times (x_4 + l_z \cos \beta) - \\
& - (F_z \frac{l_z}{2} + mgl_z(2 \cos \alpha_t \cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \right) / \\
& \quad / (F_d + F_v + F_a + F_c + F_{dv} + F_z +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& +mg(2 \cos \alpha_t \cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) - \\
& - \left(\cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \right)^2 \\
& \quad y_b = -(((F_d x_1 + F_v x_2 + F_a x_3 + F_c x_4 + F_{dv} x_5 + F_z \left(x_4 + \frac{l_z}{2} \right) + \quad (2.68) \\
& +mg(2 \cos \alpha_t \cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) - \\
& - \left(\cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \right)^2 \\
& \quad \times (x_4 + l_z) + \\
& +k_{yct}mg(2 \cos \alpha_t \sin \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) - \\
& \sin 2 \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \\
& - \frac{\quad}{2} \times \\
& \times \left(\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3 + s_4 \right) / (F_d + F_v + F_a + F_c + \\
& \quad + F_{dv} + F_z + \\
& +mg(2 \cos \alpha_t \cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) - \\
& - \left(\cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \right)^2 \\
& \quad \times \operatorname{tg}(\arcsin((F_z \frac{l_z}{2} \\
& + mgl_z(2 \cos \alpha_t \cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - \left(\cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \right)^2 \\
& + k_{yCT} mg (2 \cos \alpha_t \sin \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) - \\
& \frac{\sin 2 \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right)}{2} \times \\
& \times \left(\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3 + s_4 \right) / (F_d + F_v + F_a + F_c + \\
& \quad + F_{dv} + F_z + \\
& + mg (2 \cos \alpha_t \cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) - \\
& - \left(\cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \right)^2 \\
& \quad / ((F_d x_1 + F_v x_2 + F_a x_3 + F_c x_4 + F_{dv} x_5 + F_z (x_4 + \frac{l_z}{2} \cos \beta) + \\
& + mg (2 \cos \alpha_t \cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) - \\
& - \left(\cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \right)^2 \\
& \quad \times (x_4 + l_z \cos \beta) - \\
& - (F_z \frac{l_z}{2} + mgl_z (2 \cos \alpha_t \cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \right) / \\
& \quad / (F_d + F_v + F_a + F_c + F_{dv} + F_z + \\
& + mg (2 \cos \alpha_t \cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) - \\
& - \left(\cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \right)^2
\end{aligned}$$

Отсюда расстояние L_k между точками опор колес мобильного агрегата:

$$\begin{aligned}
 L_k = & 2 \left((F_d x_1 + F_v x_2 + F_a x_3 + F_c x_4 + F_{dv} x_5 + F_z \left(x_4 + \frac{l_z}{2} \right) + \right. & (2.69) \\
 & + mg(2 \cos \alpha_t \cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) - \\
 & - \left(\cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \right)^2 \\
 & \times (x_4 + l_z) + \\
 & + k_{yct} mg(2 \cos \alpha_t \sin \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) - \\
 & \sin 2 \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \Bigg) \times \\
 & \times \left(\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3 + s_4 \right) / (F_d + F_v + F_a + F_c + \\
 & + F_{dv} + F_z + \\
 & + mg(2 \cos \alpha_t \cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) - \\
 & - \left(\cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \right)^2 \\
 & \times tg(\arcsin((F_z \frac{l_z}{2} \\
 & + mgl_z(2 \cos \alpha_t \cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) - \\
 & - \left(\cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \right)^2 \\
 & + k_{yct} mg(2 \cos \alpha_t \sin \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) -
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \sin 2 \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \times \\
& \frac{1}{2} \times \left(\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3 + s_4 \right) / (F_d + F_v + F_a + F_c + \\
& \quad + F_{dv} + F_z + \\
& + mg(2 \cos \alpha_t \cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) - \\
& - \left(\cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \right)^2 \\
& \quad / ((F_d x_1 + F_v x_2 + F_a x_3 + F_c x_4 + F_{dv} x_5 + F_z (x_4 + \frac{l_z}{2} \cos \beta) + \\
& + mg(2 \cos \alpha_t \cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) - \\
& - \left(\cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \right)^2 \\
& \quad \times (x_4 + l_z \cos \beta) - \\
& - (F_z \frac{l_z}{2} + mgl_z(2 \cos \alpha_t \cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \Big) / \\
& \quad / (F_d + F_v + F_a + F_c + F_{dv} + F_z + \\
& + mg(2 \cos \alpha_t \cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) - \\
& - \left(\cos \left(\arctg \left(\frac{a}{\frac{-k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) \pm \sqrt{k^4(s_1 \pm s_2 \pm s_3)^2 - (k^2 - 4)[k^2(s_1 \pm s_2 \pm s_3) + a^2 k^2]}{(k^2 - 4)} + s_1 \pm s_2 \pm s_3}} \right) \right) \right)^2
\end{aligned}$$

График, построенный по уравнению (2.66) (Рисунок 2.15), свидетельствует о том, что для обеспечения устойчивого положения мобильного агрегата с требуемым коэффициентом запаса устойчивости $k_{уст}$, при оговоренных выше его конструктивных параметрах, при увеличении массы доильного аппарата от 3 до 4 кг и расстояния a от точки крепления троса к доильному аппарату, установленного на

вымя коровы, до положения хвостовика в горизонтальной плоскости, от 0 до 1,5 м. расстояние от первой опоры агрегата до линии расположения опор A и B (координата x_a, x_b) необходимо увеличить с 0,36 до 0,45 м [153, 154, 155].

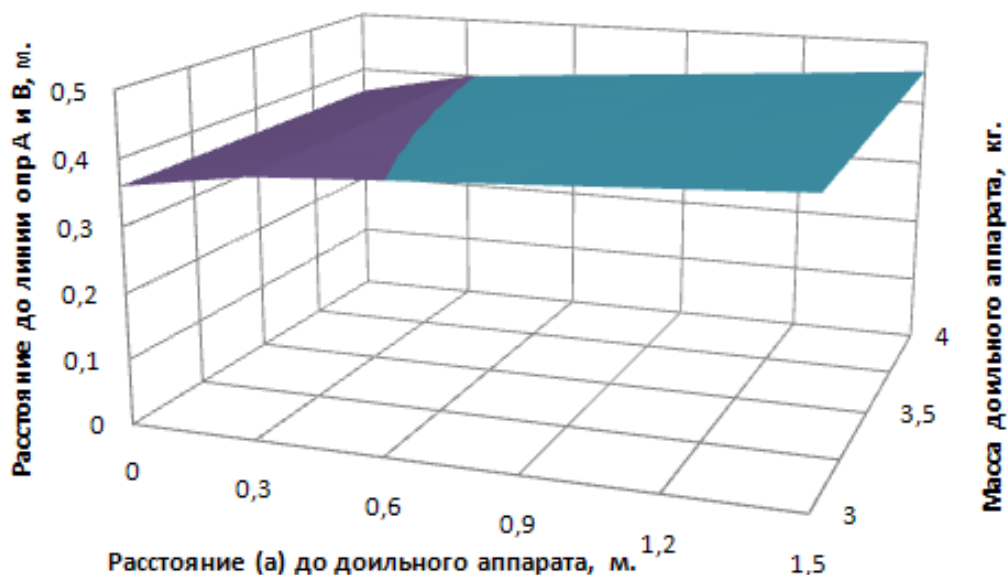


Рисунок 2.15 - Зависимость положения линии опор шасси A и B мобильного агрегата по оси x от массы (m) доильного аппарата и расстояния (a)

Как свидетельствуют уравнения (2.67) и (2,68), в графическом виде уравнение (2.67) представлено на рисунке 2.16, также следует сместить в сторону удаления от оси x опоры шасси A и B по оси y с точек $y_a=0,007m, y_b=-0,007m$ в положение $y_a=0,13 м, y_b=-0,13 м$ [155].

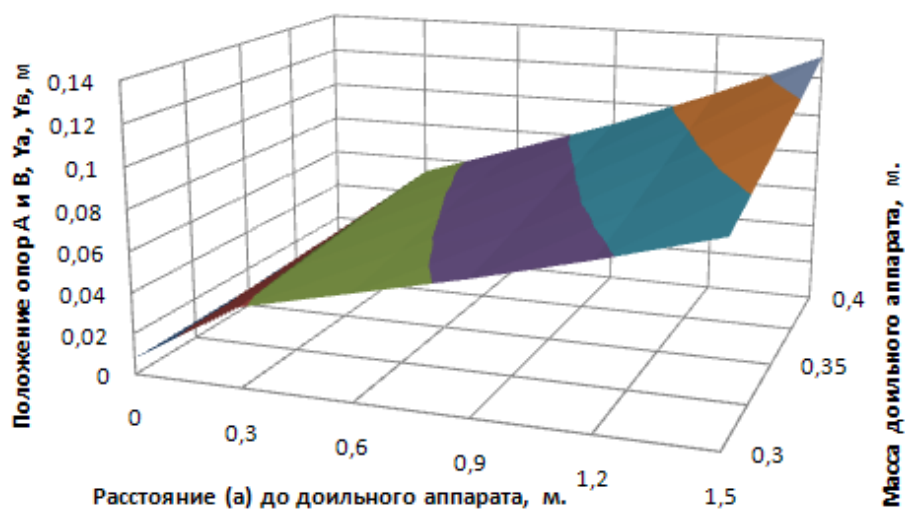


Рисунок 2.16 - Зависимость положения опоры шасси A мобильного агрегата по оси Y от массы (m) доильного аппарата и расстояния (a)

Следствием этих изменений является увеличение расстояния L_k между точками опор A и B мобильного агрегата до $0,26$ м (уравнение (2,69) при максимальном весе и максимальном удалении доильного аппарата от агрегата [155].

2.2.5 Теоретическое определение реакций на опорах шасси мобильного агрегата для доения коров

Определить значение коэффициента $k_{уст}$ запаса устойчивости мобильного агрегата для доения коров можно оценивая степень изменения нагрузки на опоры агрегата под воздействием опрокидывающего момента. Для определения распределения веса агрегата по опорам шасси воспользуемся теоремой Вариньона, описываемой уравнением (2.35) и (2.36) [150, 151, 152, 153, 154]:

$$F(x_c + d_s) = x_A(F_{OA} + F_{OB}), \quad (2.70)$$

где F_{OA} и F_{OB} – реакции на опорах шасси A и B (колес) под воздействием веса агрегата с учетом вертикальной составляющей силы F_t, H ;

d_s – смещение центра тяжести агрегата при воздействии горизонтальной составляющей силы F_t, H :

$$d_s = \frac{F_{tx}(s+s_1 \pm s_2 \pm s_3 + s_4) \cos \gamma \cos \delta}{F_d + F_v + F_a + F_c + F_{dv} + F_z + F_{ty}}. \quad (2.71)$$

При этом следует учесть, что при условии направления приложения опрокидывающей силы и, как следствие, положения поворотного рычага, вдоль оси X (угол $\beta=0$), реакции на опорах шасси F_{OA} и F_{OB} равны между собой:

$$F_{OAO} = F_{OBO} = \frac{F(x_c + d_s)}{2x_A}, \quad (2.72)$$

где F_{OAO} и F_{OBO} – реакции на опорах шасси A и B при условии направления приложения опрокидывающей силы и, как следствие, положения поворотного рычага, вдоль оси X (угол $\beta=0$), H .

Если имеет место отклонение от оси X направления действия опрокидывающей силы, равно как и положения поворотного рычага на угол β , реакции на опорах шасси F_{OA} и F_{OB} мы можем определить, решая систему уравнений:

$$\begin{cases} (F_{OA} + F_{OB}) = \frac{F(x_c + d_s \cos \beta)}{x_A} \\ \frac{F_{OA}}{F_{OB}} = \frac{L_k + 2(y_c + d_s \sin \beta)}{L_k - 2(y_c + d_s \sin \beta)} \end{cases} \quad (2.73)$$

Отсюда:

$$F_{OB} = \frac{F(x_c + d_s \cos \beta)(L_k - 2(y_c + d_s \sin \beta))}{2L_k x_A}, \quad (2.74)$$

$$F_{OA} = \frac{F(x_c + d_s \cos \beta)(L_k + 2(y_c + d_s \sin \beta))}{2L_k x_A} \quad (2.75)$$

И теперь, зная реакции на опорах шасси F_{OA} и F_{OB} – мы можем определить реакцию на первой опоре:

$$F_{O1} = F - F_{OA} - F_{OB}, \quad (2.76)$$

где F_{O1} – реакция на первой опоре, H .

Или с учетом уравнений (2.74) и (2.75):

$$F_{O1} = F \left(\frac{x_A - x_c - d_s \cos \beta}{x_A} \right). \quad (2.77)$$

А также мы можем записать:

$$F_{O10} = F - F_{OA0} - F_{OB0}, \quad (2.78)$$

где F_{O10} – реакция на первой опоре при условии направления приложения опрокидывающей силы и, как следствие, положения поворотного рычага, вдоль оси X (угол $\beta=0$), H .

Или с учетом уравнения (2.72):

$$F_{O10} = \frac{F(x_A - x_c - d_s)}{x_A}, \quad (2.79)$$

Таким образом, приведенным выше математическим моделированием процесса снятия доильного аппарата с молочной железы нами подтверждена гипотеза об изменении реакции на опорах шасси агрегата в точках O , A и B в зависимости от массы доильного аппарата, расстояния a до доильного аппарата, а также угла β направления действия опрокидывающего усилия и положения поворотного звена пневмоцилиндра относительно оси x (уравнения (2.74), (2.75) и (2.77)). Так, при снятии с вымени коровы доильного аппарата массой 4 кг и изменении угла β направления действия опрокидывающего усилия и положения поворотного звена пневмоцилиндра относительно оси x в интервале $0 \dots 3,14$ рад, при максимальном

начальном удалении доильного аппарата $a=1,5$ м, реакция на опоре шасси A вначале увеличивается, начиная с $219,68$ Н, а затем снижается до $160,07$ Н (Рисунок 2.17), достигая максимального значения $290,71$ Н при угле $\beta=1,256$ рад [154].

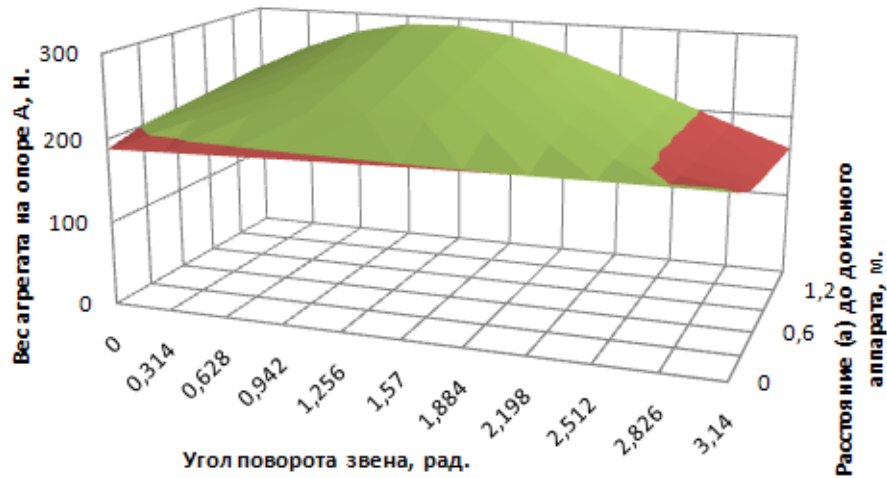


Рисунок 2.17 - Зависимость реакции на опоре шасси A мобильного агрегата от расстояния (a) до доильного аппарата и угла β направления действия опрокидывающего усилия

В то же время, синхронно с этим, как и следовало ожидать, в значительной степени, но в противоположном направлении, меняется реакция на опоре B шасси агрегата. Вначале ее значение уменьшается, начиная с $219,68$ Н, а затем увеличивается до $148,76$ Н, достигая минимального значения $91,55$ Н при угле $\beta=1,884$ рад. Это наглядно продемонстрировано на рисунке 2.18.

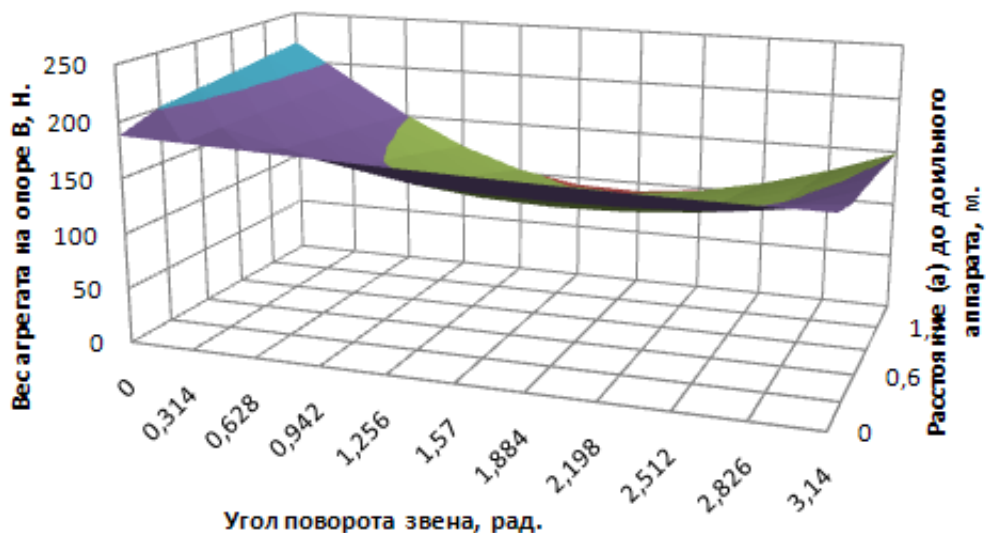


Рисунок 2.18 - Зависимость реакции на опоре шасси B мобильного агрегата от расстояния (a) до доильного аппарата и угла β направления действия опрокидывающего усилия

И, как следствие, имеет место изменение реакции на опоре шасси агрегата O в ответ на варьирование угла β направления действия опрокидывающего усилия и расстояния (a) до доильного аппарата (Рисунок 2.19).

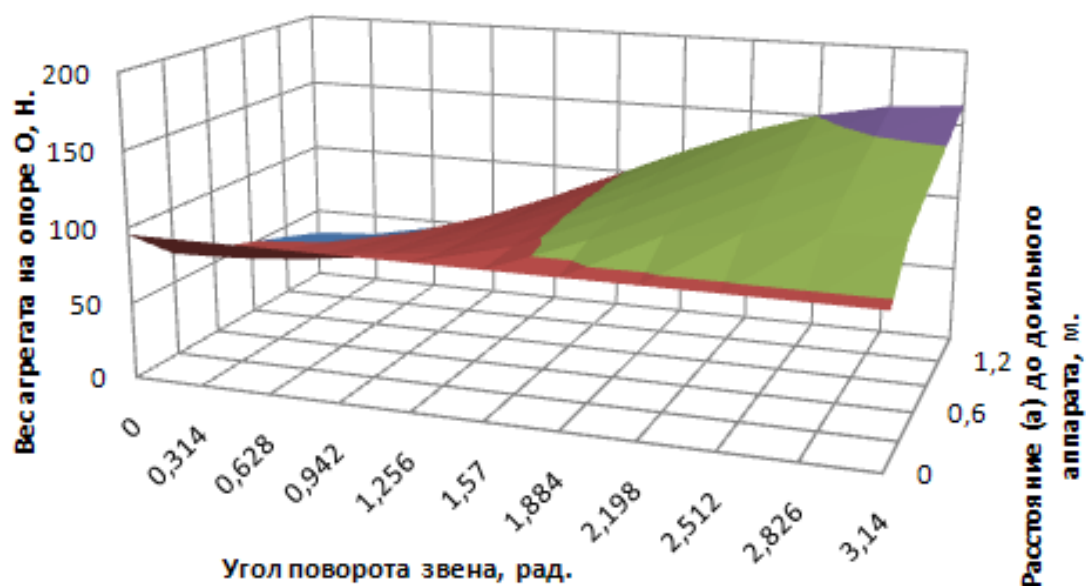


Рисунок 2.19 - Зависимость реакции на опоре шасси O мобильного агрегата от расстояния (a) до доильного аппарата и угла β направления действия опрокидывающего усилия

Как показывают вычисления по уравнению (2.77), вне зависимости от значения угла β направления действия опрокидывающего усилия при расстоянии до доильного аппарата a равном нулю, реакция на опоре O шасси агрегата составляет 95,73 Н, в то время как при удалении доильного аппарата до 1,5 м при нулевом значении угла β реакция на опоре O составляет 32,63 Н, а при $\beta=3,14$ рад. – 163,16 Н.

Исходя из вышеизложенных соображений, теперь мы можем определить текущее значение коэффициента $k_{уст}$ запаса устойчивости мобильного агрегата для доения коров. Он определяется исходя из параметров реакции на опоре, расположенной в противоположном направлении относительно линии опрокидывания от направления действия опрокидывающего момента $M_{опр}$. Например, для определения коэффициента $k_{уст}$ запаса устойчивости при опрокидывании агрегата относительно линии OA , уравнение имеет вид:

$$k_{уст} = \frac{F_{OBO}}{F_{OBO} - F_{OB}}; \quad (2.80)$$

относительно линии OB -

$$k_{уст} = \frac{F_{OAO}}{F_{OAO} - F_{OA}} \quad (2.81)$$

относительно линии AB -

$$k_{уст} = \frac{F_{O1O}}{F_{O1O} - F_{O1}} \quad (2.82)$$

Как показывают вычисления, выполненные по уравнению (2.80), коэффициент запаса устойчивости, оцениваемый по реакции на опоре B шасси агрегата, по мере изменения удаления доильного аппарата (a), а также угла β направления действия опрокидывающего усилия, изменяется в широких пределах: от $88,079$, при $a=0$ и $\beta=0,314$ рад, до $1,714$ при $a=1,5$ и $\beta=1,844$ рад (Рисунок 2.20а.).

При оценке устойчивости мобильного агрегата для доения коров по реакции на опоре O шасси агрегата, установлено, что коэффициент запаса устойчивости, вычисляемый по уравнению (2.82), имеет минимальное значение, равное $1,517$, при максимальном удалении доильного аппарата, равном $1,5$ м и угле β направления действия опрокидывающего усилия, равном нулю (Рисунок 2.20б.).

Из приведенных выше результатов вычислений коэффициента $k_{уст}$ запаса устойчивости следует, что выполненные теоретические исследования по обоснованию положения опор O , A и B шасси мобильного агрегата, и полученные в результате расчетов конструктивные размеры шасси, верны [153, 154, 155, 156].

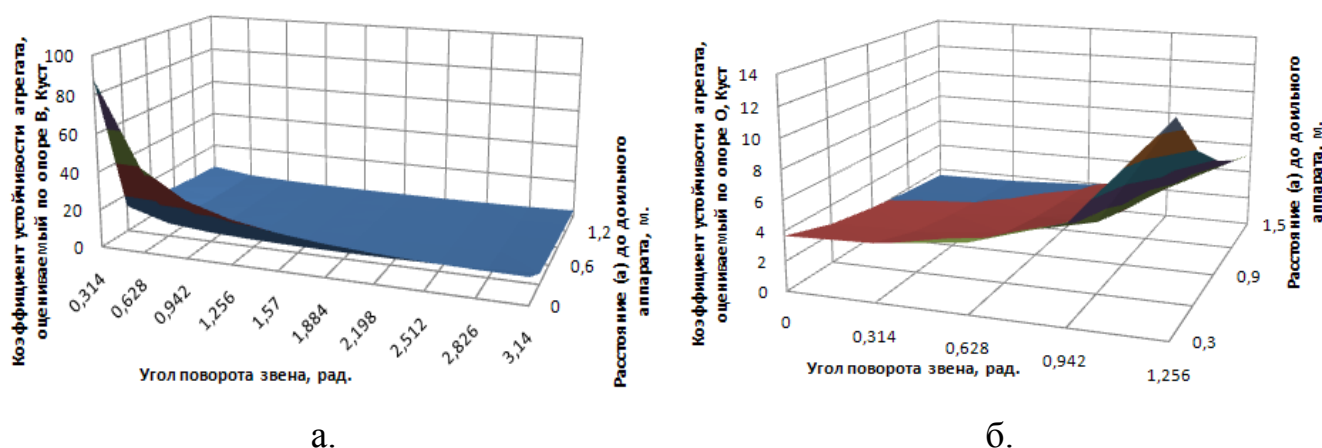


Рисунок 2.20 – Коэффициент устойчивости мобильного агрегата для доения коров, оцениваемый по реакции опоры шасси B (а) опоры шасси O (б), в зависимости от расстояния (a) до доильного аппарата и угла β направления действия опрокидывающего усилия

Это подтверждается тем, что полученные в результате расчетов значения коэффициента $k_{уст}$ запаса устойчивости выше его значения ($k_{уст} = 1,5$), заложенного в

расчеты расстояния x_a и x_b до линии AB опор A и B шасси агрегата, координат опор A и B , расстояния L_k между колесами, выполненные по уравнениям (2.66), (2.67), (2.68) и (2.69).

2.2.6 Теоретическое обоснование диаметра и вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра снятия доильного аппарата с вымени коровы

Для выявления основных конструктивно-режимных параметров пневмоцилиндра доильного агрегата, при которых обеспечивается требуемое усилие воздействия на доильный аппарат в процессе его снятия, рассмотрим схему его работы (Рисунок 2.21) [148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155].

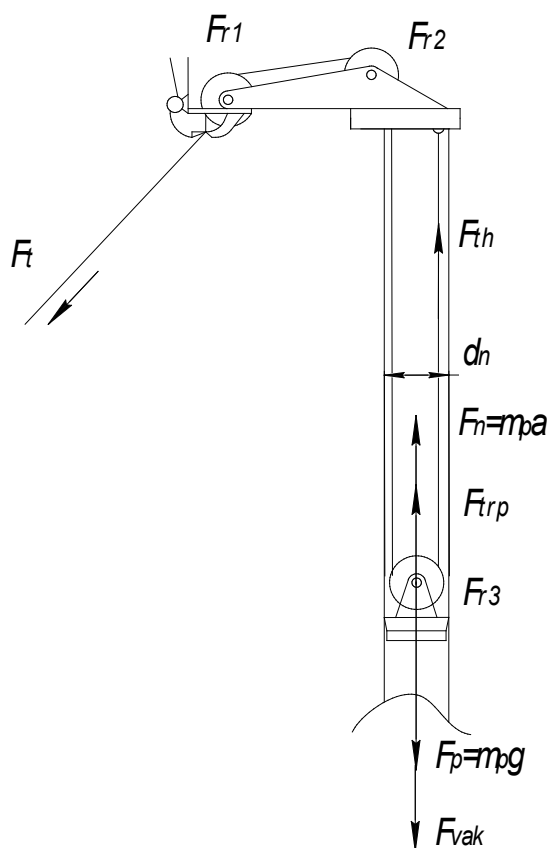


Рисунок 2.21 - К определению основных конструктивно-режимных параметров пневмоцилиндра

Согласно второму закону Ньютона мы можем записать:

$$F_{vak} + F_p - F_n - F_{trp} = F_{th} + F_t + F_{r1} + F_{r2} + F_{r3}, \quad (2.83)$$

где F_{vak} – сила поршня, формируемая по воздействию вакуумметрического давления P_{vak} , H ;

F_p – вес поршня, H ;

F_n – сила, вызывающая ускоренное движение поршня, H ;

F_{th} – сила натяжения холостой ветви троса пневмоцилиндра, H ;

F_{r1} – сила трения ролика поворотного звена, H ;

F_{r2} – сила трения ролика поворотного звена, H ;

F_{r3} – сила трения ролика поршня, H ;

F_{trp} – сила трения поршня о внутренние стенки пневмоцилиндра, H ;

А так как сила F_t натяжения троса пневмоцилиндра учитывает динамику доильного аппарата в процессе снятия его с вымени животного, то из схемы работы пневмоцилиндра следует, что натяжение холостой ветви пневмоцилиндра равно натяжению ветви, управляющей положением доильного аппарата в процессе снятия с молочной железы [148, 149, 150, 151, 152, 153, 155, 156]:

$$F_{th} = F_t + F_{r1} + F_{r2} + F_{r3}. \quad (2.84)$$

В таком случае мы можем записать:

$$F_{vak} + F_p - F_n - F_{trp} = 2(F_t + F_{r1} + F_{r2} + F_{r3}). \quad (2.85)$$

Силу F_{vak} , формируемую на поршне по воздействием вакуумметрического давления P_{vak} , можно представить как [157, 158, 159]:

$$F_{vak} = \pi \frac{d_n^2}{4} P_c, \quad (2.86)$$

силу F_p – вызывающую, согласно второго закона Ньютона, ускоренное движение поршня;

$$F_p = m_p a_p, \quad (2.87)$$

где m_p – масса поршня, кг;

a_p – ускорение движения поршня, m/c^2 ,

а вес поршня:

$$F_n = m_p g, \quad (2.88)$$

Следует заметить, что ускорение движения поршня – величина неизвестная. Очевидно, что ускорение зависит от времени и расстояния перемещения поршня, при котором предотвращается соприкосновение доильного аппарата с полом стойла доящейся коровы.

Из уравнения (2.17) следует, что по мере изменения угла α_t в процессе движения доильного аппарата с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории движения, когда $\alpha_t = 0$, изменение длины l троса осуществляется на величину:

$$\Delta l = \frac{(l-b)(\alpha-\alpha_t)}{\alpha}, \quad (2.89)$$

где Δl – величина уменьшения длины троса при перемещении доильного аппарата с начальной точки траектории с углом отклонения от вертикали α в точку с углом отклонения α_t , м.

А так как перемещение поршня и длина троса связаны между собой уравнением (2.1), то мы можем записать:

$$\Delta s_n \geq \frac{\Delta l}{2}, \quad (2.90)$$

где Δs_n – смещение поршня при перемещении доильного аппарата с точки с углом отклонения α в точку с углом отклонения α_t , м.

Или с учетом уравнения (2.89):

$$\Delta s_n \geq \frac{(l-b)(\alpha-\alpha_t)}{2\alpha}. \quad (2.91)$$

А так как мы рассматриваем движение доильного аппарата в процессе снятия с вымени коровы как колебания математического маятника, то время T движения доильного аппарата с точки отклонения от вертикали до нижней точки траектории будет составлять одну четвертую периода колебаний маятника длиной нити подвеса l [148, 152, 153, 157, 158, 159]:

$$T = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{l}{g}}, \quad (2.92)$$

Но как мы отмечали, длина нити подвеса, в нашем случае – длина троса, величина переменная. В таком случае с учетом уравнения (2.17) уравнение (2.92) приобретает вид:

$$T = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{l - \frac{(l-b)(\alpha-\alpha_t)}{\alpha}}{g}}, \quad (2.83)$$

Из данного уравнения следует, что с уменьшением длины троса подвеса доильного аппарата, время его движения с точки отклонения от вертикали на угол α до нижней точки траектории при $\alpha_t = 0$ будет уменьшаться.

Приняв схему пошагового изменения длины троса подвеса доильного аппарата, а значит и пошагового изменения периода колебаний рассматриваемого нами маятника, мы можем представить уравнение для расчета времени движения доильного аппарата с изменяющимся радиусом перемещения с точки подвеса на вымени коровы в нижнюю точку траектории движения в виде:

$$T = \sum_{f=0}^{n-1} \frac{\frac{\pi}{2\sqrt{g}} \sqrt{l - \frac{(l-b)(\alpha - f\frac{\alpha}{n})}{\alpha}}}{n} = \sum_{f=0}^{n-1} \frac{\pi}{2n\sqrt{g}} \sqrt{l - (l-b) \left(\frac{f}{n}\right)}, \quad (2.94)$$

где n – число шагов изменения длины троса подвеса доильного аппарата;

f – порядковый номер шага.

Очевидно, что для повышения точности расчета времени движения доильного аппарата, число шагов должно стремиться к бесконечности:

$$n \rightarrow \infty. \quad (2.95)$$

Как показывают предварительные расчеты (Рисунок 2.22), время движения доильного аппарата по мере увеличения удаления доильного аппарата от агрегата увеличивается [148, 149, 153, 154, 156].

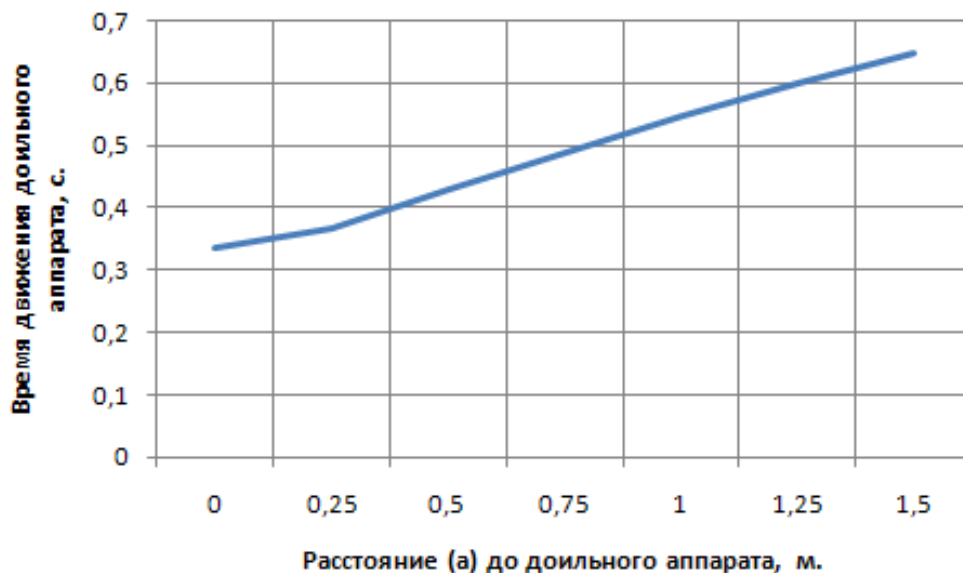


Рисунок 2.22 - Время перемещения доильного аппарата в нижнюю точку траектории при $\alpha_t=0$ в зависимости от расстояния (а) до доильного аппарата

Так, при удалении доильного аппарата $0,5$ м время его перемещения в нижнюю точку траектории движения при $\alpha_t=0$ составляет $0,428$ с, в то время как при удалении $1,5$ м – $0,648$ с.

Из описания работы пневмоцилиндра следует, что за время T перемещение поршня должно составить:

$$\Delta s_n = \frac{(l-b)}{2}. \quad (2.96)$$

В таком случае, используя известное выражение взаимосвязи ускорения и перемещения, мы можем записать:

$$\Delta s_n = \frac{a_p T^2}{2} = \frac{(l-b)}{2}. \quad (2.97)$$

Преобразовав уравнение (2.97), мы можем определить ускорение, каким должен обладать поршень пневмоцилиндра:

$$a_p = \frac{(l-b)}{T^2}. \quad (2.98)$$

Или с учетом уравнения (2.94):

$$a_p = \frac{(l-b)}{\left(\sum_{f=0}^{n-1} \frac{\pi}{2n\sqrt{g}} \sqrt{l-(l-b)\left(\frac{f}{n}\right)}\right)^2}. \quad (2.99)$$

Теперь, подставив в уравнение (2.85) уравнения (2.29), (2.86), (2.87), (2.88) и (2.99):

$$\pi \frac{d_n^2}{4} P_c - m_p \frac{(l-b)}{\left(\sum_{f=0}^{n-1} \frac{\pi}{2n\sqrt{g}} \sqrt{l-(l-b)\left(\frac{f}{n}\right)}\right)^2} + m_p g - F_{trp} = 2(mg(2 - \cos \alpha) + F_{r1} + F_{r2} + F_{r3}). \quad (2.100)$$

мы можем определить минимально допустимый диаметр пневмоцилиндра, при котором обеспечивается требуемое воздействие поршня на трос:

$$d_n = \sqrt{\frac{4}{\pi P_c} \left[2(mg(2 - \cos \alpha) + F_{r1} + F_{r2} + F_{r3}) + m_p \frac{(l-b)}{\left(\sum_{f=0}^{n-1} \frac{\pi}{2n\sqrt{g}} \sqrt{l-(l-b)\left(\frac{f}{n}\right)}\right)^2} - m_p g + F_{trp} \right]} \quad (2.101)$$

Как свидетельствует анализ уравнения (2.101), графическая интерпретация которого приведена на рисунке 2.23, для управляемого снятия доильного аппарата массой 4 кг с молочной железы, удаленной на 1,5 м, с предупреждением его контакта с полом стойла коровы в нижней точке его траектории движения, с увеличением вакуумметрического давления от 20,0 до 50,0 кПа диаметр пневмоцилиндра можно уменьшить с 0,084 до 0,06 м [148, 149, 153, 154, 155, 156].

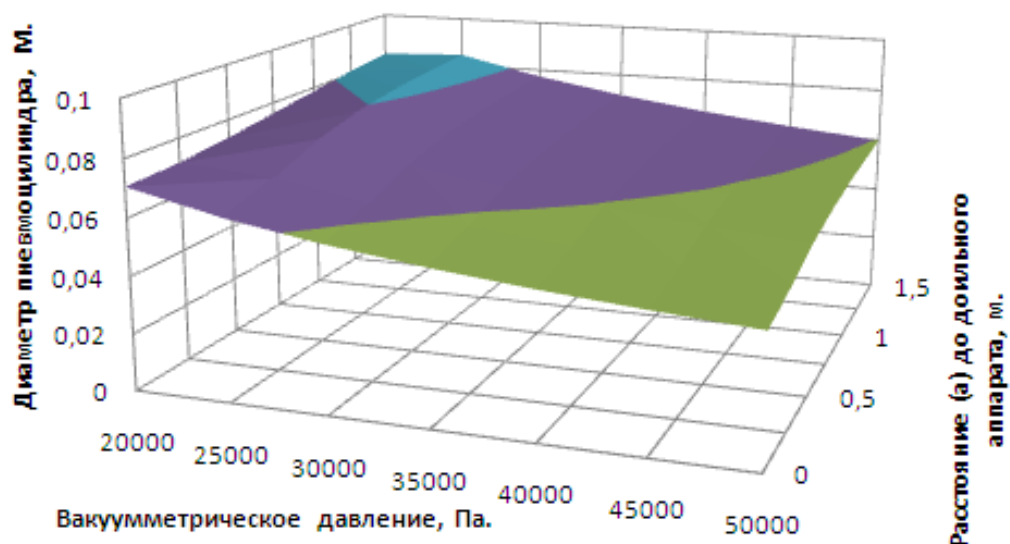


Рисунок 2.23 - Зависимость диаметра пневмоцилиндра от вакуумметрического давления и расстояния (а) до доильного аппарата

Следует заметить, что время создания заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра ограничено, и оно лимитируется временем движения доильного аппарата в процессе снятия с молочной железы коровы. Но следует также отметить необходимость установления в полости пневмоцилиндра предварительного вакуумметрического давления, формирующего усилие снятия доильных стаканов с сосков и удержание доильного аппарата в начале траектории движения, удовлетворяющего условие (2.60) и описываемого уравнением (2.29).

Необходима также предварительная откачка воздуха из пневмоцилиндра для обеспечения выборки троса, свободное состояние которого предусматривалось нами введенным в уравнение (2.5) коэффициентом k удлинения троса для ненапрянутого его состояния при установке доильного аппарата на вымя коровы.

С учетом уравнения (2.1), при выборке троса уменьшение начального объема пневмоцилиндра происходит на величину [157, 158, 159]:

$$V_v = \frac{\pi d_n^2}{8} l(k - 1) , \quad (2.102)$$

где - V_v – величина уменьшения объема пневмоцилиндра при перемещении поршня пневмоцилиндра в процессе выборки троса до натянутого состояния, m^3 .

Поскольку доильный аппарат зафиксирован на вымени и тем самым удерживает трос, а значит, и поршень от перемещения, дальнейшее отсасывание воздуха

приводит к повышению вакуумметрического давления до значения, при котором осуществляется отсоединение доильного аппарата от вымени и создается начальное усилие удержания доильного аппарата. Для данного случая уравнение (2.85) можно представить в виде:

$$F_{vak} + F_p - F_{trp} = 2(F_t + F_{r1} + F_{r2} + F_{r3}). \quad (2.103)$$

А так как выше нами оговорено, что в начале траектории движения $F_t = mg \cos \alpha$, то с учетом уравнений (2.86), (2.87) и (2.88) мы можем записать:

$$\pi \frac{d_n^2}{4} P_c + m_p g - F_{trp} = 2(mg \cos \alpha + F_{r1} + F_{r2} + F_{r3}). \quad (2.104)$$

Отсюда мы можем определить требуемое вакуумметрическое давление, при котором обеспечивается требуемое натяжение троса:

$$P_n = \frac{4[2(mg \cos \alpha + F_{r1} + F_{r2} + F_{r3}) - m_p g + F_{trp}]}{\pi d_n^2}, \quad (2.105)$$

где P_n – начальное вакуумметрическое давление, при котором обеспечивается снятие доильного аппарата с вымени коровы, Па.

Дальнейший рост вакуумметрического давления в пневмоцилиндре сопровождается движением доильного аппарата с одновременным уменьшением радиуса траектории движения за счет перемещения поршня пневмоцилиндра и уменьшения длины троса подвеса доильного аппарата.

В результате объем пневмоцилиндра уменьшается на величину, равную:

$$V_r = \frac{\pi d_n^2}{8} (l - b), \quad (2.106)$$

где V_r – величина уменьшения объема пневмоцилиндра при перемещении поршня пневмоцилиндра в процессе движения доильного аппарата с положения подвеса на вымени коровы в нижнюю точку траектории, m^3 .

В таком случае остаточный объем пневмоцилиндра составит:

$$V_o = \frac{\pi d_n^2}{4} s - \frac{\pi d_n^2}{8} l(k - 1) - \frac{\pi d_n^2}{8} (l - b) = \frac{\pi d_n^2}{4} \left[s - \frac{1}{2} (lk - b) \right], \quad (2.107)$$

где V_o – остаточный объем пневмоцилиндра, m^3 .

При этом следует заметить, что для создания требуемого вакуумметрического давления из полости цилиндра следует откачать определенное количество воздуха. И если на начальном этапе его количество не имело значение, то на этапе

движения доильного аппарата в нижнюю точку траектории, когда осуществляется движение поршня и требуется создание номинального вакуумметрического давления для преодоления силы натяжения троса в нижней точке траектории движения доильного аппарата в течение ограниченного промежутка времени, определяемого уравнением (2.94), это является важным для обеспечения работоспособности доильного агрегата.

В начальный момент движения доильного аппарата после снятия с молочной железы, вакуумметрическое давление в полости цилиндра равно P_n , уравнение (2.105). В таком случае, используя известный закон, мы можем записать [157, 158, 159]:

$$\frac{V_r}{P_a} = \frac{U_n}{P_{an}}, \quad (2.108)$$

где P_a – атмосферное давление, Па;

U_n – остаточный объем воздуха, $м^3$;

P_{an} – вакуумметрическое давление P_n в абсолютной системе измерения Па.

Отсюда откачиваемый воздух в полном объеме с участка движения поршня в процессе снятия доильного аппарата:

$$U_n = \frac{P_{an} V_r}{P_a}, \quad (2.109)$$

А так как в остальной полости пневмоцилиндра вакуумметрическое давление должно возрасти от P_{an} до номинального, то мы можем записать:

$$\frac{V_o}{P_a} = \frac{U_1}{P_{an}}, \quad (2.110)$$

где U_1 – остаточный объем воздуха при давлении P_{an} , $м^3$,

а также:

$$\frac{V_o}{P_a} = \frac{U_2}{P_{anom}}, \quad (2.111)$$

где U_2 – остаточный объем воздуха при давлении P_{anom} , $м^3$.

P_{anom} – номинальное вакуумметрическое давление P_n в абсолютной системе измерения Па.

Отсюда количество откачиваемого воздуха для увеличения вакуумметрического давления до номинального:

$$V_{ost} = V_1 - V_2, \quad (2.112)$$

или

$$V_{ost} = \frac{P_{an}V_o}{P_a} - \frac{P_{anom}V_o}{P_a} = \frac{V_o}{P_a}(P_{an} - P_{anom}), \quad (2.113)$$

Отсюда, с учетом уравнения (2.109), полный объем откачиваемого воздуха в процессе движения доильного аппарата с точки подвеса в нижнюю точку траектории за время T составляет:

$$V_p = \frac{V_o}{P_a}(P_{an} - P_{anom}) + \frac{P_{an}V_r}{P_a}, \quad (2.114)$$

В таком случае скорость откачки воздуха будет равна:

$$Q_{ot} = \frac{1}{T} \left[\frac{V_o}{P_a}(P_{an} - P_{anom}) + \frac{P_{an}V_r}{P_a} \right], \quad (2.115)$$

Известное уравнение, характеризующее расход воздуха под воздействием перепада давлений, включает такие конструктивные параметры как диаметр и длина воздушного канала. Применительно к нашему случаю, можем записать:

$$Q_{ot} = \frac{\pi d_t^4}{128\mu l_t}(P_t - P_{anom}), \quad (2.116)$$

где P_t – текущее давление в полости пневмоцилиндра, Па;

μ – динамическая вязкость воздуха, Па·с;

l_t – длина патрубка, соединяющего полость пневмоцилиндра с источником вакуумметрического давления, м;

d_t – диаметр патрубка, соединяющего полость пневмоцилиндра с источником вакуумметрического давления, м;

Но вместе с тем скорость изменения вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра можно характеризовать следующей зависимостью:

$$\frac{\partial P_t}{\partial t} = P_a \frac{Q_{ot}}{V_o}, \quad (2.117)$$

В таком случае:

$$\partial t = \frac{128\mu l_t V_o}{P_a \pi d_t^4 (P_t - P_{anom})} \partial P_t, \quad (2.118)$$

А проинтегрировав данное уравнение в интервале от P_{an} до P_{anom} [160]:

$$t = \int_{P_{anom}}^{P_{an}} \frac{128\mu l_t V_o}{P_a \pi d_t^4 (P_t - P_{anom})} \partial P_t, \quad (2.119)$$

мы можем установить время для формирования в пневмоцилиндре номинального давления:

$$t = \frac{128\mu l_t V_o}{P_a \pi d_t^4} \ln \frac{(P_{an} - P_{anom})}{(P_t - P_{anom})}, \quad (2.120)$$

где $P_t \rightarrow P_{anom}$.

Но время создания нормального давления в пневмоцилиндре оговорено уравнением (2.94). В таком случае:

$$\sum_{f=0}^{n-1} \frac{\pi}{2n\sqrt{g}} \sqrt{l - (l-b) \left(\frac{f}{n}\right)} = \frac{128\mu l_t V_o}{P_a \pi d_t^4} \ln \frac{(P_{an} - P_{anom})}{(P_t - P_{anom})}, \quad (2.121)$$

Из уравнения (2.121), при заданной длине патрубка l_t , мы можем определить диаметр патрубка, при котором обеспечивается заданная скорость откачки воздуха из пневмоцилиндра:

$$d_t = \sqrt[4]{\frac{128\mu l_t V_o}{P_a \pi \sum_{f=0}^{n-1} \frac{\pi}{2n\sqrt{g}} \sqrt{l - (l-b) \left(\frac{f}{n}\right)}} \ln \frac{(P_{an} - P_{anom})}{(P_t - P_{anom})}}, \quad (2.122)$$

а с учетом уравнения (2.107):

$$d_t = \sqrt[4]{\frac{32\mu l_t \pi d_n^2 \left[s - \frac{1}{2}(lk-b)\right]}{P_a \pi \sum_{f=0}^{n-1} \frac{\pi}{2n\sqrt{g}} \sqrt{l - (l-b) \left(\frac{f}{n}\right)}} \ln \frac{(P_{an} - P_{anom})}{(P_t - P_{anom})}}, \quad (2.123)$$

Из этого уравнения следует (Рисунок 2.24), что с увеличением удаления доильного аппарата от агрегата, а также увеличением длины патрубка, сообщающего полость пневмоцилиндра с источником вакуумметрического давления, диаметр отверстия патрубка растет [148, 149, 153, 154, 155, 156].

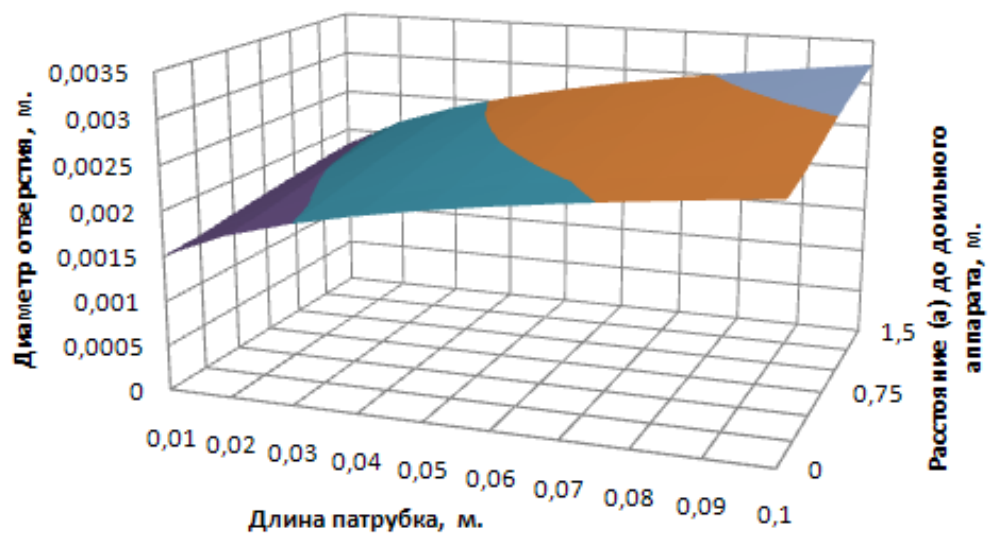


Рисунок 2.24 - Зависимость диаметра отверстия патрубка от расстояния (а) до доильного аппарата и длины патрубка

Так, при вакуумметрическом давлении 30,0 кПа, удалении доильного аппарата 0,75 м и длине патрубка 0,01 м минимально допустимый диаметр отверстия патрубка составляет 1,67 мм, а при увеличении удаления доильного аппарата до 1,5 м и длины патрубка до 0,1 м, требуется диаметр отверстия патрубка не менее 2,97 мм.

Выводы

1. Как показывают результаты теоретических исследований, ход поршня пневмоцилиндра снятия доильного аппарата зависит от расстояния (a) от агрегата до доильного аппарата, установленного на вымени, и конструктивных параметров агрегата. Так для условия, что s_1 - расстояние от платформы до поршня, при крайнем нижнем его положении, равно 0,1 м; s_2 - отклонение по высоте хвостовика относительно поршня, при крайнем верхнем его положении, равно 0,1 м; s_3 - отклонение по высоте положения точки крепления троса к доильному аппарату относительно платформы тележки доильного агрегата, равно 0,1 м; k - коэффициент удлинения троса, равен 1,2, при расстоянии от точки крепления троса к доильному аппарату до положения хвостовика в горизонтальной плоскости 1,00 м - требуемый ход поршня пневмоцилиндра составляет 0,70 м, а при увеличении расстояния до 1,50 м ход поршня возрастает до 1,04 м.

2. Из уравнения (2.29) следует, что натяжение троса в процессе движения доильного аппарата меняется. Так, при использовании доильного аппарата массой 4 кг, при удалении 1,5 м натяжение троса составляет 25,37 Н, в то время как при нулевом удалении ($a=0$) натяжение составляет 40 Н. В то же время при прохождении в процессе движения нижнего положения траектории отмечается увеличение натяжения троса с увеличением удаления доильного аппарата в начальный момент. Оно возрастает от 40 до 54,63 Н.

3. Имеет место нелинейный характер возрастания натяжения троса пневмоцилиндра в зависимости от текущего угла положения доильного аппарата. Однако анализ уравнений (2.33) и (2.34) свидетельствует о том, что если вертикальная составляющая F_{ty} натяжения троса F_t плавно растет, то горизонтальная составляющая F_{tx} вначале увеличивается, а затем снижается до нуля в нижней точке траек-

тории. Так, при удалении доильного аппарата от агрегата $1,5$ м и массе 4 кг, в начале движения натяжение троса пневмоцилиндра составляет $19,61$ Н. Когда текущий угол α_t составляет $0,8\alpha$, начального угла положения доильного аппарата, натяжение троса составляет $23,03$ Н. Затем оно снижается до нуля.

4. Центр тяжести доильного агрегата меняет свое положение в зависимости от угла β установки поворотного рычага пневмоцилиндра, через ролики которого проходит трос, соединяемый с установленным на вымени коровы доильным аппаратом. Для горизонтальной площадки при условии, что вес электродвигателя $F_d = 54$ Н; вакуумной аппаратуры $F_v = 38$ Н; платформы агрегата $F_a = 250$ Н; пневмоцилиндра $F_c = 30$ Н; доильного ведра $F_{dv} = 50$ Н; поворотного рычага $F_z = 10$ Н; координата центра тяжести электродвигателя $x_1 = 0,3$ м; вакуумной аппаратуры $x_2 = 0,15$ м; платформы агрегата $x_3 = 0,4$ м; пневмоцилиндра $x_4 = 0,3$ м; доильного ведра $x_5 = 0,4$ м; длина поворотного рычага $l_z = 0,1$ м, при угле β , угле поворота поворотного рычага, равном нулю, центр тяжести агрегата находится на удалении от начала координат $0,358$ - $0,362$ м. Причем, при нахождении доильного аппарата в начальной точке траектории по мере увеличения угла его отклонения от вертикали удаление центра тяжести от начала координат уменьшается, а при движении доильного аппарата в нижнюю точку траектории, наоборот растет.

5. Как свидетельствует анализ уравнения (2.66), при удалении доильного аппарата массой 3 кг $0,3$ метра от агрегата, для его снятия с вымени коровы вакуумметрическое давление в подсосковых камерах необходимо снизить ниже $12,7$ кПа, в то время как при удалении $1,5$ м, достаточно снизить давление до $17,8$ кПа. А вот при снятии доильного аппарата массой 4 кг, вакуумметрическое давление в подсосковых камерах должно быть не выше $17,2$ и $23,9$ кПа соответственно.

6. Для обеспечения устойчивого положения мобильного агрегата с требуемым коэффициентом запаса устойчивости $k_{уст}$, при оговоренных выше его конструктивных параметрах, при увеличении массы доильного аппарата от 3 до 4 кг и расстояния a от точки крепления троса к доильному аппарату, установленного на вымя коровы, до положения хвостовика в вертикальной плоскости, от 0 до $1,5$ м, расстояние от первой опоры агрегата до линии расположения опор A и B (коорди-

ната x_a, x_b) необходимо увеличить с $0,36$ до $0,45$ м. Также следует сместить в сторону удаления от оси x опоры A и B по оси y с точек $y_a=0,007$ м, $y_b=-0,007$ м в положение $y_a=0,13$ м, $y_b=-0,13$ м. Следствием этих изменений является увеличение расстояния L_k между точками опор A и B мобильного агрегата до $0,26$ м (уравнение (2,69) при максимальном весе и максимальном удалении доильного аппарата от агрегата.

7. Математическим моделированием процесса снятия доильного аппарата с молочной железы нами подтверждена гипотеза об изменении реакции на опорах шасси агрегата в точках O, A и B в зависимости от массы доильного аппарата, расстояния a до доильного аппарата, а также угла β направления действия опрокидывающего усилия и положения поворотного звена пневмоцилиндра относительно оси x (уравнения (2.74), (2.75) и (2.77)). Так, при снятии с вымени коровы доильного аппарата массой 4 кг и изменении угла β направления действия опрокидывающего усилия и положения поворотного звена пневмоцилиндра относительно оси x в интервале $0 \dots 3,14$ рад, при максимальном начальном удалении доильного аппарата $a=1,5$ м, реакция на опоре шасси A вначале увеличивается, начиная с $219,68$ Н, а затем снижается до $160,07$ Н, достигая максимального значения $290,71$ Н при угле $\beta=1,256$ рад. В то же время, синхронно с этим, как и следовало ожидать, в значительной степени, но в противоположном направлении, меняется реакция на опоре B шасси агрегата. Вначале ее значение уменьшается, начиная с $219,68$ Н, а затем увеличивается до $148,76$ Н, достигая минимального значения $91,55$ Н при угле $\beta=1,884$ рад. Как показывают вычисления по уравнению (2.77), вне зависимости от значения угла β направления действия опрокидывающего усилия при расстоянии до доильного аппарата a равном нулю, реакция на опоре O шасси агрегата составляет $95,73$ Н, в то время как при удалении доильного аппарата до $1,5$ м при нулевом значении угла β реакция на опоре O составляет $32,63$ Н, а при $\beta=1,57$ рад. – $97,84$ Н.

8. Как показывают вычисления, выполненные по уравнению (2.85), коэффициент запаса устойчивости, оцениваемый по реакции на опоре B шасси агрегата, по мере изменения удаления доильного аппарата (a), а также угла β направления

действия опрокидывающего усилия, изменяется в широких пределах: от 88,079, при $a=0$ и $\beta=0,314 \text{ рад}$, до 1,714 при $a=1,5$ и $\beta=1,844 \text{ рад}$.

При оценке устойчивости мобильного агрегата для доения коров по реакции на опоре O шасси агрегата, установлено, что коэффициент запаса устойчивости, вычисляемый по уравнению (2.87), имеет минимальное значение, равное 1,517, при максимальном удалении доильного аппарата, равном 1,5 м и угле β направления действия опрокидывающего усилия, равном нулю.

Из приведенных выше результатов вычислений коэффициента $k_{уст}$ запаса устойчивости следует, что выполненные теоретические исследования по обоснованию положения опор O , A и B шасси мобильного агрегата, и полученные в результате расчетов конструктивные размеры шасси, верны.

Это подтверждается тем, что полученные в результате расчетов значения коэффициента $k_{уст}$ запаса устойчивости выше его значения ($k_{уст} = 1,5$), заложенного в расчеты расстояния x_a и x_b до линии AB опор A и B шасси агрегата, координат опор A и B , расстояния L_k между колесами, выполненные по уравнениям (2.66), (2.67), (2.68) и (2.69).

9. Время движения доильного аппарата от точки подвеса на вымени коровы в нижнюю точку траектории движения, при $\alpha_t=0$, по мере увеличения удаления доильного аппарата от агрегата увеличивается. Так, при удалении доильного аппарата 0,5 м время его перемещения в нижнюю точку траектории движения составляет 0,428 с, в то время как при удалении 1,5 м – 0,648 с.

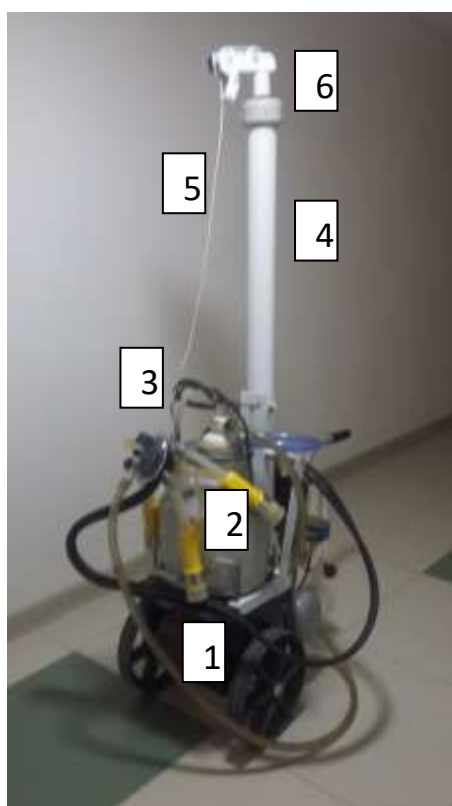
10. Для управляемого снятия доильного аппарата массой 4 кг с молочной железы, удаленной на 1,5 м, с предупреждением его контакта с полом стойла коровы в нижней точке его траектории движения, с увеличением вакуумметрического давления от 20,0 до 37,5 кПа диаметр пневмоцилиндра можно уменьшить с 0,084 до 0,06 м.

11. С увеличением удаления доильного аппарата от агрегата, а также увеличением длины патрубка, сообщающего полость пневмоцилиндра с источником вакуумметрического давления, диаметр отверстия патрубка растет. Так, при вакуумметрическом давлении 30,0 кПа, удалении доильного аппарата 0,75 м и длине

патрубка $0,01$ м минимально допустимый диаметр отверстия патрубка составляет $1,67$ мм, а при увеличении удаления доильного аппарата до $1,5$ м и длины патрубка до $0,1$ м, требуется диаметр отверстия патрубка не менее $2,97$ мм.

3 МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МОБИЛЬНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ДОЕНИЯ КОРОВ

Отличительная особенность разработанного нами мобильного агрегата для доения коров – наряду с элементами управления режимом доения наличие механизма снятия доильного аппарата после завершения доения коровы, выполненного в виде вертикально установленного пневмоцилиндра (Рисунок 3.1) (Приложение Б), (Приложение В) [140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 153, 154, 155].



1 – шасси; 2 – доильный аппарат; 3 – датчик потока молока; 4 – пневмоцилиндр; 5 – трос; 6 – поворотный рычаг.

Рисунок 3.1 – Экспериментальный мобильный агрегат для доения коров

К верхнему обрезу пневмоцилиндра прикреплен поворотный рычаг с обводными роликами для троса, одним концом через обводной ролик поршня прикрепленного к верхнему обрезу пневмоцилиндра, а свободным – через обводные ролики поворотного рычага с доильным аппаратом. Важные этапы разработки агрегата для дойки коров – это обоснование конструктивно-режимных параметров пневмоцилиндра, при которых обеспечивается управляемое движение доильного аппарата по заданной траектории, исключая контакт доильного аппарата с полом стойла коровы, а также обоснование конструктивных параметров шасси агре-

гата, при которых обеспечивается его устойчивость с заданным коэффициентом устойчивости. Математическим моделированием протекающих процессов выявлены зависимости этих параметров от сформированных исходных данных.

Задача экспериментальных исследований мобильного агрегата для доения коров - проверка теоретических положений, сформированных в процессе изучения протекающих рабочих процессов; определение ряда физических величин; уточнение или определение конструктивных и режимных параметров его технических составляющих.

Программа экспериментальных исследований включает:

- Проверка теоретических положений изменения силы натяжения троса по мере движения доильного аппарата по траектории, определяемой пневмоцилиндром, а также расстоянием от агрегата до точки подвеса доильного аппарата на вымени коровы.
- Проверка теоретических положений, характеризующих положение центра тяжести агрегата.
- Проверка теоретических положений, характеризующих положение опор агрегата, при которых обеспечивается заданная устойчивость агрегата от опрокидывания.
- Проверка теоретических положений взаимосвязи удаления доильного аппарата от агрегата, направления действия опрокидывающего момента и коэффициента устойчивости мобильного агрегата от опрокидывания.
- Проверка теоретических положений зависимости усилия, развиваемого пневмоцилиндром от его диаметра и подаваемого вакуумметрического давления.
- Проверка теоретических положений зависимости времени достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра от диаметра и длины патрубка, сообщающего его полость с источником вакуумметрического давления.

Как предписано программой исследований, пользуясь описанием разработанного мобильного агрегата для доения коров, нами были подготовлены его отдельные узлы, теоретическими исследованиями рабочих процессов которых мы

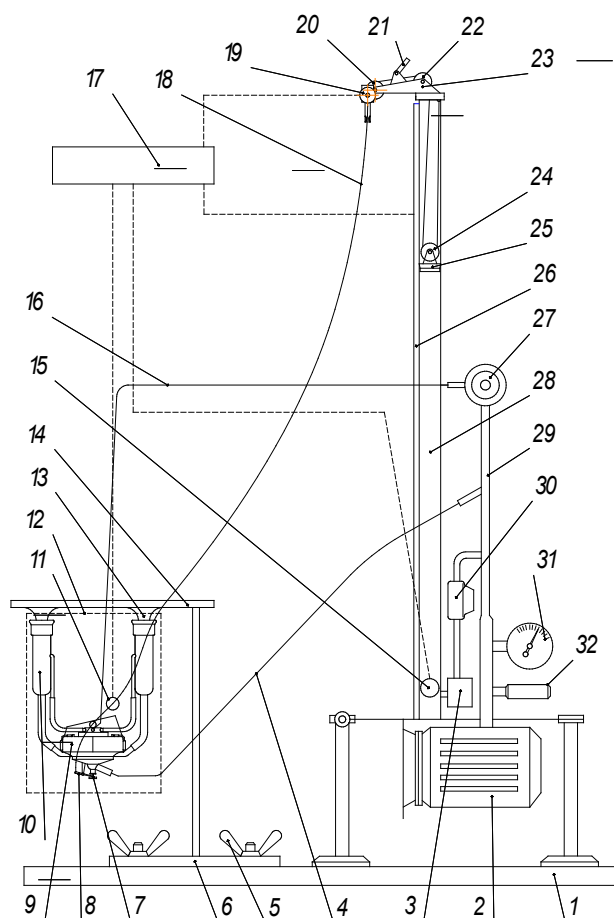
занимались при обосновании их конструктивно-режимных параметров. Для исследований использовали оригинальные и типовые методы и оборудование, базирующееся на тензометрировании исследуемых механизмов [161]. Измерения проводили с трехкратной повторностью. Обработку и анализ материалов исследований осуществляли методами вариационной статистики, корреляционного и регрессионного анализа с использованием программного обеспечения [156, 162, 163, 164].

3.1 Методика исследования силы натяжения троса пневмоцилиндра при движении доильного аппарата с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории при $\alpha_t=0$

Для установления закономерности изменения силы натяжения троса пневмоцилиндра по мере движения доильного аппарата с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории при $\alpha_t=0$, нами был разработан тензометрический стенд (пат. РФ № 2683478), позволяющий одновременно регистрировать изучаемый параметр, текущий угол α_t положения доильного аппарата на траектории его движения и перемещение поршня пневмоцилиндра снятия доильного аппарата (Рисунок 3.2; 3.3) (Приложение Г) [165].

Стенд для измерения силы натяжения троса пневмоцилиндра при движении доильного аппарата с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории при $\alpha_t=0$ (Рисунок 3.2) включает остов 1, на котором установлен вакуумный насос 2 с вакуумрегулятором 32 и вакуумметром 31, платформу 14 с искусственными сосками 13, доильный аппарат 12 и пневмоцилиндр 28 снятия доильного аппарата 12. Для фиксации доильного аппарата 12 в исходном положении на требуемом удалении от пневмоцилиндра 28 платформа 14 с искусственными сосками 13 прикреплена к остову 1 посредством ползуна 6 с хвостовиками 5. Вакуумный насос 2 через клапан 30 и далее двухходовой электроклапан 3 соединен с пневмоцилиндром 28, эластичным молокопроводным шлангом 4 - с коллектором 9 доильного аппарата 12 и далее с подсосковыми камерами доильных стаканов 10, а также патрубком 29 с пульсатором 27, который в свою очередь соединен с кол-

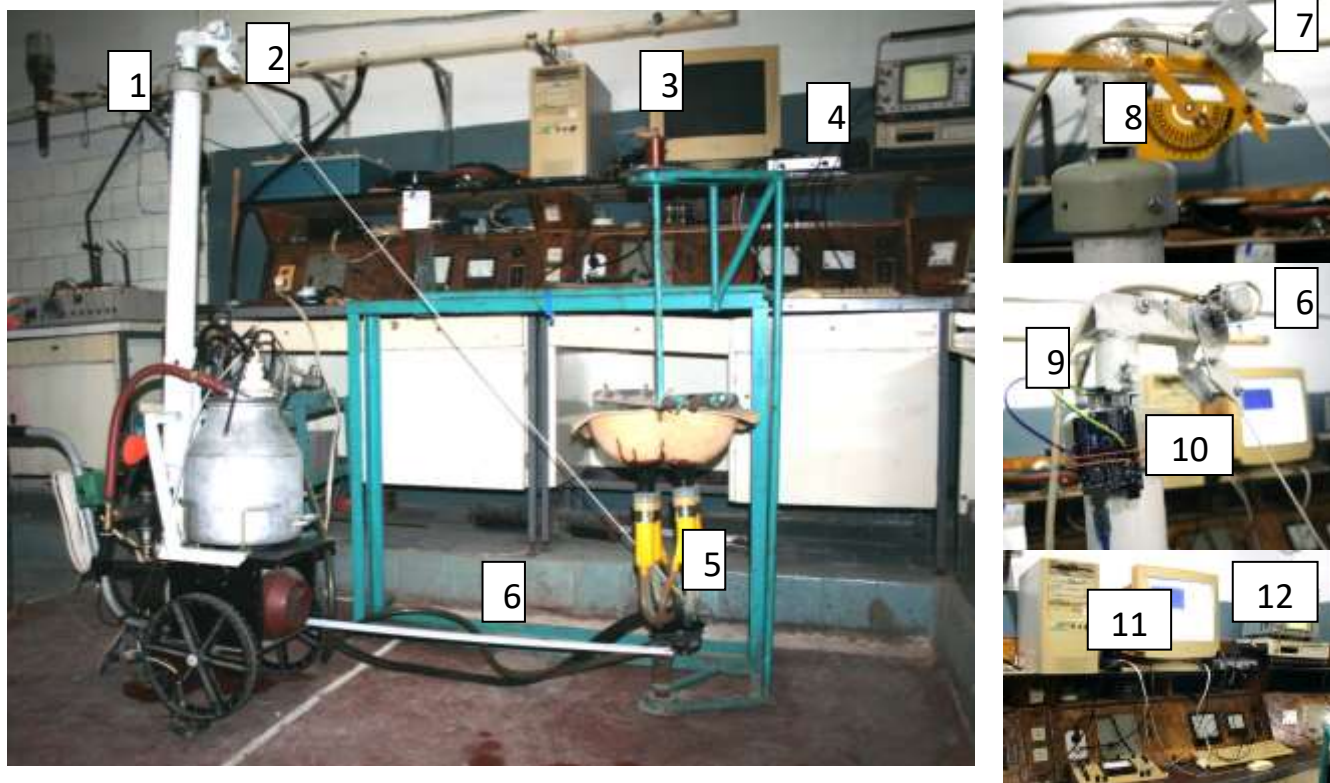
лектором 9 и далее с межстенными камерами доильных стаканов 10. Пневмоцилиндр 28 на остова 1 установлен вертикально и к его верхнему обрезу прикреплен рычаг 23 с обводными роликами 20 и 22.



1 - остова; 2 - вакуумный насос; 3 - двухходовой электровентиль; 4 - молокопроводный шланг; 5 - хвостовик; 6 - ползун; 7 - клапан; 8 - рычаг; 9 - коллектор; 10 - доильный стакан; 11 - силоизмерительный датчик; 12 - доильный аппарат; 13 - искусственный сосок; 14 - платформа; 15 - датчик давления; 16 - осциллограф; 17 - компьютер; 18 - трос; 19 - датчик; 20, 22, 25 - обводной ролик; 23 - рычаг; 21 - хвостовик; 26 - поршень; 24 - датчик; 27 - пульсатор; 28 - пневмоцилиндр; 29 - патрубков; 30 - вентиль; 31 - вакуумметр; 32 - вакуумрегулятор.

Рисунок 3.2 – Схема стенда для измерения силы натяжения троса пневмоцилиндра при движении доильного аппарата с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории при $\alpha_t=0$

На поршне 26 пневмоцилиндра 28 установлен обводной ролик 25, через который проходит трос 18, одним концом соединяемый с рычагом 8, а другим – с верхним обрезом пневмоцилиндра 28. Для регистрации угла отклонения от вертикали троса 18 в процессе исследования траектории движения доильного аппарата 12 при снятии с искусственных сосков 13 рычаг 23 снабжен датчиком 19. Для измерения перемещения доильного аппарата 12 в вертикальной плоскости, пневмоцилиндр 28 снабжен датчиком 24 положения поршня 26. Для регистрации вакуумметрического давления, развиваемого в пневмоцилиндре 28 в процессе движения доильного аппарата 12, установлен датчик давления 15. Для измерения усилия в тросе 18 установлен силоизмерительный датчик 11. Датчики 19, 24, 15 и 11 соединены с регистратором сигналов 17.



1 – датчик положения поршня в пневмоцилиндре; 2 – датчик угла отклонения троса от вертикали; 3 - компьютер; 4 - осциллограф РС-500А; 5 – датчик усилия, развиваемого в тросе; 6 – мерная лопатка; 7 - резистор R-24N1-A100K,L-15KC для регистрации угла отклонения от вертикали троса; 8 - угломер-транспортер KWB 0658-00; 9 - ультразвуковой датчик расстояния HC-SR04; 10 - контроллера Arduino UNO R3; 11 – компьютер; 12 – осциллограф.

Рисунок 3.3 – Стенд для измерения силы натяжения троса пневмоцилиндра при движении доильного аппарата с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории при $\alpha_t=0$

Начинали исследования с калибровки силоизмерительного датчика 12 натяжения троса. Для этого датчик 12 нагружали эталонными гирями, изменяя нагрузку в интервале от 0 до 6,0 кг с шагом 0,2 кг. При этом использовали гири класса E₁.

Для калибровки датчика 19, в качестве которого используется переменный резистор R-24N1-A100K,L-15KC, и предназначенного для регистрации угла отклонения от вертикали троса 18 в процессе исследования траектории движения доильного аппарата 12, использовали угломер-транспортер KWB 0658-00 с интервалом измерений угла $0 - 180^{\circ} \pm 10'$. Для этого трос 18 отклоняли от вертикали, воздействуя пластину, установленную на оси резистора, тем самым проворачивая

его ротор. При этом угол отклонения контролировали угломером-транспортом KWB 0658-00. Трос отклоняли на угол от 0 до 90° . Регистрацию сигнала, поступающего от датчика 19, осуществляли через каждые $5^{\circ} \pm 10'$.

В качестве датчика 24 положения поршня 26 в пневмоцилиндре 28 использовали датчик расстояния ультразвуковой HC-SR04 подключаемый к контроллеру Arduino UNO R3, настраиваемый на аналоговый выход сигнала. Контроллер подключали к компьютеру 17, предварительно установив программу управления контроллером и затем скетч согласования контроллера Arduino UNO R3 и датчика HC-SR04. Для калибровки датчика 24 включали компьютер 17, подключали контроллер Arduino UNO R3, запускали программу управления контроллером и вгружали скетч согласования контроллера Arduino UNO R3 и датчика HC-SR04. В компьютере фиксировали начальное показание. Поршень 26 перемещали в пневмоцилиндре на расстояние в пределах 0...1,0 м с шагом 0,1 м, контролируя перемещение мерной линейкой с точностью $\pm 0,001$ м, фиксируя показания в компьютере 17 в каждой точке положения поршня 26.

Измерение и регистрацию усилия в тросе 18, при снятии доильных стаканов 10 доильного аппарата 12 с прикрепленных к платформе 14 искусственных сосков 13 пневмоцилиндром 28 (Рисунок 3.2)), осуществляли, меняя расстояние от пневмоцилиндра 28 агрегата до доильного аппарата 12. Расстояние меняли в интервале 0...1,5 м с шагом 0,3 м, контролируя перемещение ползуна 6 с платформой 14 по остову 1 мерной линейкой с точностью $\pm 0,001$ м.

Перемещая ползун 6 по остову 1 устанавливали на требуемом удалении от пневмоцилиндра 28 и фиксировали хвостовиками 10. Включали установленный на остове 1 вакуумный насос 2. Вакуумрегулятором 32, контролируя значение вакуумметрического давления вакуумметром 31, устанавливали заданное вакуумметрическое давление, например 48 кПа. Затем, изменяя проходное сечение вентиля 30, устанавливали вакуумметрическое давление, обеспечивающее заданную траекторию движения. Для этого ультразвуковым датчиком 24 HC-SR04 контролировали перемещение поршня 26 в течение времени движения доильного аппарата с точки подвеса в нижнюю точку траектории, соответствующего удалению

доильного аппарата от агрегата. Посредством двухходового электроventиля 3 пневмоцилиндр 28 сообщали с атмосферой. Вакуумметрическое давление от вакуумного насоса 2 поступало к двухходовому электроventилю 3, по эластичному молокопроводному шлангу 4 к закрытому клапану 7 коллектора 9 доильного аппарата 12, а также по патрубку 29 в пульсатор 27, откуда уже пульсирующий вакуум по вакуумному шлангу 16 поступал к коллектору 9 и далее в межстенные камеры доильных стаканов 10. Удерживая руками доильный аппарат 12 хвостовиком 21 освобождали трос 18. Доильный аппарат перемещали к платформе 14. При этом трос 18, обкатываясь по обводным роликам 20 и 22 рычага 23, выдвигался из пневмоцилиндра 28, одновременно, обкатываясь по обводному ролику 25, перемещая поршень 26 вверх, в исходное положение. Открывали клапан 7. В результате вакуумметрическое давление поступало в коллектор 9 доильного аппарата 12 и далее в подсосковые камеры доильных стаканов 10. Доильные стаканы 10 устанавливали на искусственные соски 13 платформы 14, тем самым зафиксировав доильный аппарат 12 в исходном положении. Включали регистратор сигнала 17.

Стенд подготовлен к измерению параметров траектории движения доильного аппарата 12 после снятия его с искусственных сосков 6.

Затем посредством двухходового электроventиля 3 пневмоцилиндр 28 сообщали с вакуумным насосом 2. При этом поршень 26 посредством обводного ролика 25 воздействовал на трос 18, втягивая его, тем самым создавая усилие снятия и перемещения доильного аппарата 12 в вертикальной плоскости. При этом трос 18, обкатываясь по обводным роликам 20 и 22 рычага 23, натягиваясь и взаимодействуя с датчиком 19 регистрации угла отклонения от вертикали троса 18, воздействовал на рычаг 8, установленный на коллекторе 9, который противоположным концом закрывал клапан 7, тем самым отсоединяя доильный аппарат 12 от вакуумного насоса 2 и снимая его с искусственных сосков 13. Начиналось движение доильного аппарата 12 под воздействием земного притяжения и усилия, развиваемого пневмоцилиндром 28. При этом сигналы, формируемые датчиком 19 регистрации угла отклонения от вертикали троса 18, датчиком 24 положения

поршня 26 в пневмоцилиндре 28, а также силоизмерительным датчиком 11 усилия, развиваемого в тросе 18, фиксировал во временном интервале компьютер 17.

Полученные данные использовали при графическом отображении, математическом описании траектории движения доильного аппарата, а также обосновании конструктивно-режимных параметров пневмоцилиндра снятия доильного аппарата.

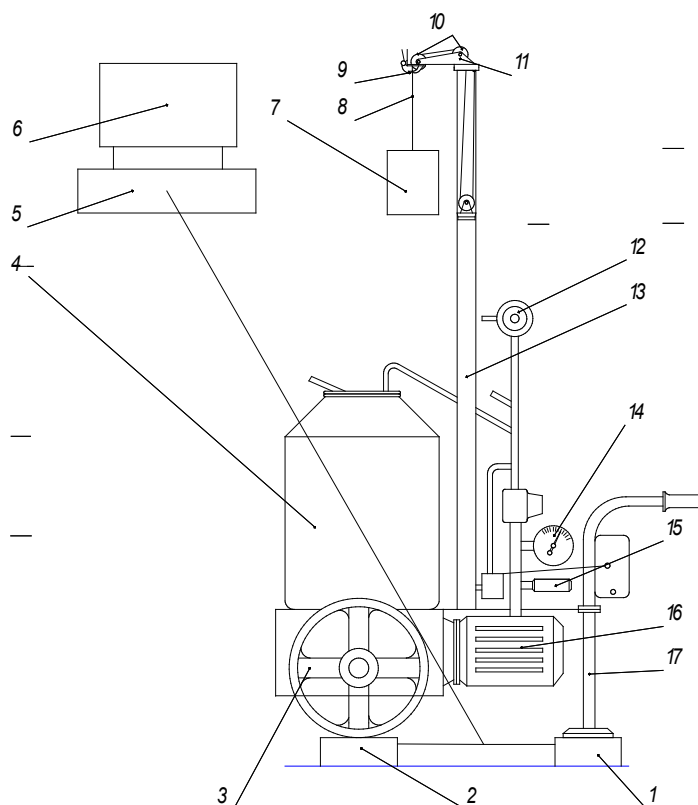
Полученные результаты подвергали математической обработке [156, 162, 163, 164].

3.2 Методика исследования положения центра тяжести мобильного агрегата для доения коров

Для исследования положения центра тяжести мобильного агрегата для доения коров в зависимости от удаления (a) доильного аппарата в начальный момент его движения, а также изменения угла β поворота поворотного рычага пневмоцилиндра при изменении направления действия опрокидывающего момента, нами разработан стенд с использованием тензометрических силовых элементов, позволяющий осуществлять регистрацию реакций на опорах агрегата, меняющихся под воздействием варьирующей статической нагрузки на опоры агрегата (Рисунок 3.4.), (Рисунок 3.5.).

Стенд для определения положения центра тяжести мобильного агрегата для доения коров в зависимости от удаления (a) доильного аппарата в начальный момент его движения, а также его смещения в процессе движения доильного аппарата с точки подвеса в нижнюю точку траектории при $\alpha_t=0$, (рисунок 3.4) включает остов, на котором установлен вакуумный насос 16 с вакуумрегулятором 15 и вакуумметром 14, доильное ведро 4 и пневмоцилиндр 13 снятия доильного аппарата. Под колеса 3 и опору 17 мобильного агрегата устанавливали силоизмерительные тензометрические датчики 1 и 2, соединяемые с осциллографом 5 РС-500А, в свою очередь соединяемым с компьютером 6 и предназначенные для измерения и регистрации реакции на опорах шасси агрегата, возникающей по действием доли веса мобильного агрегата, приходящуюся на соответствующую опо-

ру (колесо), а также дополнительных сил, возникающих в движении доильного аппарата в процессе его снятия с вымени коровы.



1, 2 - тензометрический датчик; 3 - колесо; 4 – доильное ведро; 5 - осциллограф РС-500А; 6 - компьютер; 7 – имитатор веса доильного аппарата; 8 - трос; 9 - хвостовик; 10 - обводной ролик; 11 – датчик угла поворота поворотного рычага; 12- пульсатор; 13 – пневмоцилиндр; 14 - вакуумметр; 15 – вакуумрегулятор; 16 – вакуумнасос; 17 – опора.

Рисунок 3.4 – Схема стенда для определения положения центра тяжести мобильного агрегата

А к поворотному рычагу прикреплен датчик 11 угла поворота для определения направления приложения опрокидывающей силы в процессе снятия доильного аппарата.

Начинали исследования с калибровки силоизмерительных датчиков 1 и 2, предназначенных для измерения и регистрации доли веса мобильного агрегата, приходящуюся на соответствующую опору (колесо).

Для этого датчики 1 и 2 поочередно нагружали эталонными гирями, изменяя нагрузку в интервале от 0 до 20,0 кг с шагом 1,0 кг. При этом использовали гири класса Е₁.



1, 2 – силоизмерительный датчик; 3 – датчик угла поворота поворотного рычага; 4 – платформа груза для имитации веса доильного аппарата.

Рисунок 3.5 – Стенд для определения положения центра тяжести мобильного агрегата

Для калибровки датчика 11, в качестве которого используется переменный резистор R-24N1-A100K,L-15KC, и предназначенного для регистрации угла поворота поворотного рычага, использовали угломер-транспортир KWB 0658-00 с интервалом измерений угла $0 - 180^{\circ} \pm 10'$. Для этого включали осциллограф РС-500А 16 и компьютер 17 а датчик 19 подключали к источнику питания, устанавливая напряжение питания $6 \pm 0,01$ в. Начальный угол направления действия, равный 0, устанавливали относительно оси симметрии агрегата. При этом угол поворота контролировали угломером-транспортиром KWB 0658-00. Поворотный рычаг поворачивали на угол от 0 до 180° . Регистрацию сигнала, поступающего от датчика 11, осуществляли через каждые $5^{\circ} \pm 10'$.

Исследования по определению положения центра тяжести мобильного доильного агрегата проводили, имитируя действие на агрегат вертикальной состав-

ляющей F_y веса доильного аппарата, соответствующей заданному расстоянию (a) от точки подвеса доильного аппарата до точки положения хвостовика 9 троса 8 на пневмоцилиндре 13 в горизонтальной плоскости. Для этого поворотный рычаг пневмоцилиндра 13 с обводными роликами 10 устанавливали вдоль оси X (вдоль оси симметрии агрегата) (угол $\beta=0$), а вместо доильного аппарата к тросу 8 пневмоцилиндра 13 подвешивали имитатор 7 вертикальной составляющей F_y веса доильного аппарата, в качестве которого использовали эталонные гири класса E_1 . При этом нагрузку постепенно увеличивали в интервале $0 \dots 4,0$ кг с шагом $0,5 \pm 0,0001$ кг, регистрируя в компьютере 6 поступающие к осциллографу 5 РС-500А сигналы от силоизмерительных тензометрических датчиков 1 и 2, тем самым устанавливая реакцию на соответствующих опорах шасси мобильного агрегата. Затем, в процессе дальнейших исследований изменяли с шагом $20^0 \pm 10'$ в интервале $0 - 180^0 \pm 10'$ угол β установки относительно оси X поворотного рычага пневмоцилиндра 13 с обводными роликами 10, фиксируя его в новом положении и контролируя угол поворота датчиком 11 угла поворота поворотного рычага, повторяли измерения реакции на опорах шасси мобильного агрегата.

Координату x_c - координату центра тяжести агрегата по оси X определяли в программе *Excel*, используя уравнение [156]:

$$x_c = \frac{(F_{OA} + F_{OB})x_a}{F_{OA} + F_{OB} + F_{O1}}, \quad (3.1)$$

а координату y_c - координату центра тяжести агрегата по оси Y - используя уравнение:

$$y_c = \frac{L_k(F_{OA} - F_{OB})}{2(F_{OA} + F_{OB})}. \quad (3.2)$$

Полученные данные использовали при графическом отображении, математическом описании процесса изменения положения центра тяжести в процессе снятия доильного аппарата с вымени коровы, а также обосновании конструктивно-режимных параметров шасси мобильного агрегата для доения коров..

Полученные результаты подвергали математической обработке [156, 162, 163, 164].

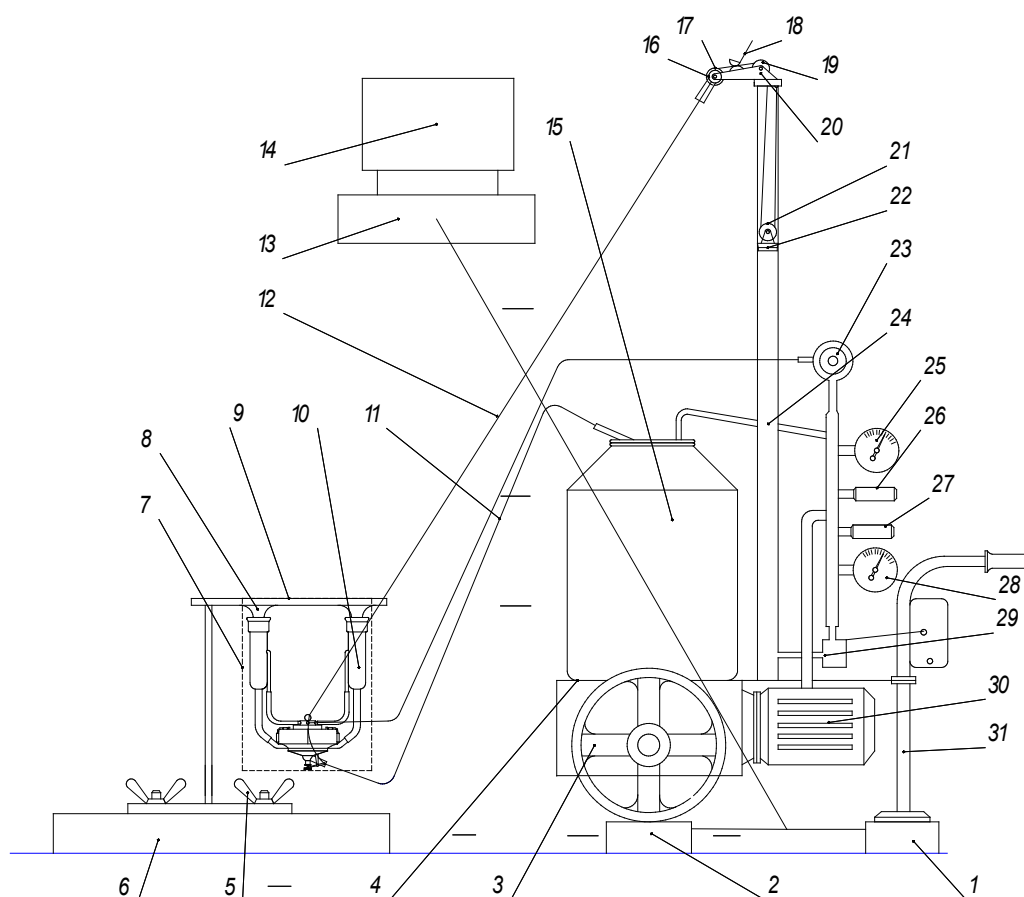
3.3 Методика исследования устойчивости от опрокидывания мобильного агрегата для доения коров

Исследование устойчивости от опрокидывания мобильного агрегата для доения коров осуществляли регистрируя реакции на опорах агрегата, меняющихся в зависимости от удаления (a) доильного аппарата в начальный момент и по траектории его движения, а также изменения угла β поворота поворотного рычага пневмоцилиндра при изменении направления действия опрокидывающего момента. Для этого нами разработан стенд с использованием тензометрических силовых элементов (Рисунок 3.6.), (Рисунок 3.7.).

Стенд включает остов 4, на котором установлен вакуумный насос 30 с вакуумрегуляторами 26 и 27, и вакуумметрами 25 и 28, платформу 9 с искусственными сосками 8, доильный аппарат 7 и пневмоцилиндр 24 снятия доильного аппарата 7. Для фиксации доильного аппарата 7 в исходном положении на требуемом удалении от пневмоцилиндра 24 платформа 9 с искусственными сосками 8 хвостовиками 5 прикреплена к подвижной плите 6.

Вакуумный насос 30 через вакуумрегулятор 27 и далее двухходовой электроventиль 29 соединен с пневмоцилиндром 24, а через вакуумрегулятор 26 эластичным молокопроводным шлангом 11 - с коллектором доильного аппарата 7 и далее с подсосковыми камерами доильных стаканов 10, а также с пульсатором 23, который в свою очередь соединен с коллектором и далее с межстенными камерами доильных стаканов 10. Пневмоцилиндр 24 на остова 4 установлен вертикально и к его верхнему обрезу прикреплен поворотный рычаг 20 с обводными роликами 17 и 19. Для снятия доильного аппарата с искусственных сосков 8 к доильному аппарату 7 присоединен трос 12 пневмоцилиндра 24.

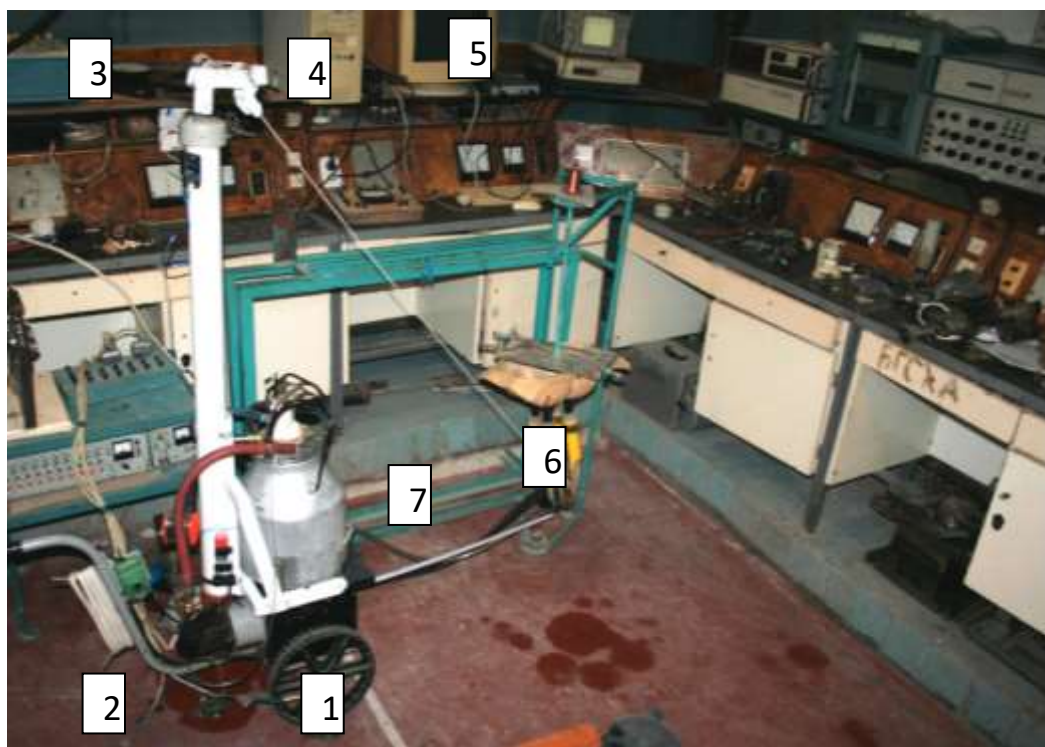
Для регистрации текущего угла отклонения от вертикали троса 12 в процессе движения доильного аппарата 7 при снятии с искусственных сосков 8 поворотный рычаг 20 снабжен датчиком 16, в качестве которого используется переменный резистор R-24N1-A100K,L-15KC, соединяемый с осциллографом 13 РС-500А и компьютером 14.



1, 2 - тензометрический датчик; 3 - колесо; 4 - остов; 5 - хвостовик; 6 - плита; 7 - доильный аппарат; 8 - искусственный сосок; 9 - платформа; 10 - доильный стакан; 11 - молокопроводный шланг; 12 - трос; 13 - осциллограф РС-500А; 14 - компьютер; 15 - доильное ведро; 16 - датчик; 17, 19, 21 - обводной ролик; 18 - хвостовик; 20 - поворотный рычаг; 22 - поршень; 23 - пульсатор; 24 - пневмоцилиндр; 25, 28 - вакуумметр; 26, 27 - вакуумрегулятор; 29 - двухходовой электро-вентиль; 30 - вакуумнасос; 31 - опора.

Рисунок 3.6 – Схема стенда для определения реакций на опорах мобильного агрегата доения коров

Под колеса 3 и опору 31 мобильного агрегата устанавливали силоизмерительные тензометрические датчики 1 и 2, соединяемые с осциллографом 13 РС-500А, в свою очередь соединяемым с компьютером 14 и предназначенные для измерения и регистрации реакции на опорах шасси агрегата, возникающей по действием доли веса мобильного агрегата, приходящуюся на соответствующую опору (колесо), а также дополнительных сил, возникающих при движении доильного аппарата в процессе его снятия с вымени коровы.



1, 2 – силоизмерительный датчик; 3 – поворотный рычаг; 4 – компьютер; 5 – осциллограф; 7 доильный аппарат; 8 – мерная линейка.

Рисунок 3.7 – Стенд для определения реакций на опорах мобильного агрегата доения коров

Начинали исследования с калибровки силоизмерительных датчиков 1 и 2, предназначенных для измерения и регистрации доли веса мобильного агрегата, приходящуюся на соответствующую опору (колесо). Для этого датчики 1 и 2 поочередно нагружали эталонными гирями класса E_1 , изменяя нагрузку в интервале от 0 до 20,0 кг с шагом 1,0 кг, одновременно регистрируя показания осциллографа 13 РС-500А в компьютере 14.

Для калибровки датчика 16, в качестве которого используется переменный резистор R-24N1-A100K,L-15KC, и предназначенного для регистрации угла отклонения от вертикали троса 12 в процессе движения доильного аппарата 7, использовали угломер-транспортир KWB 0658-00 с интервалом измерений угла $0 - 180^{\circ} \pm 10'$. Для этого трос 12 отклоняли от вертикали, воздействуя пластину, установленную на оси резистора, тем самым проворачивая его ротор. При этом угол отклонения контролировали угломером-транспортиром KWB 0658-00. Трос отклоняли на угол от 0 до 90° . Регистрацию сигнала, поступающего от датчика 16, осуществляли через каждые $5^{\circ} \pm 10'$.

Исследования по определению реакции на опорах меняющихся в зависимости от удаления (a) доильного аппарата в начальный момент и по траектории его движения, а также изменения угла β поворота поворотного рычага пневмоцилиндра при изменении направления действия опрокидывающего момента проводили следующим образом. Расфиксировав хвостовик 18 выдвигали трос 12 пневмоцилиндра 24 на величину, соответствующую удалению доильного аппарата 7 от пневмоцилиндра 24 на расстояние 1,5 м и фиксировали его. Включали вакуумнасос 30 и посредством вакуумрегулятора 26 устанавливали вакуумметрическое давление, контролируя его вакуумметром 25, равное $23,9$ кПа, определяемое по уравнению (2.66) и соответствующее требуемому значению при снятии доильного аппарата с искусственных сосков 8 при удалении доильного аппарата 1,5 м. В результате вакуумметрическое давление поступало в доильное ведро 15, и далее по молокопроводному шлангу 11 в коллектор доильного аппарата 7, откуда поступало в подсосковые камеры доильных 10. Одновременно вакуумметрическое давление поступало к пульсатору 23 и далее через коллектор доильного аппарата 7 в межстенные камеры доильных стаканов 10. Доильные стаканы 10 устанавливали на искусственные соски 8 платформы 9, тем самым зафиксировав доильный аппарат 7 в исходном положении.

Перемещая плиту 6 ориентировали доильный аппарат 7, располагая его на оси X агрегата и затем, удаляя плиту 6 от агрегата натягивали трос 12, тем самым ориентируя поворотный рычаг 20 вдоль оси X (вдоль оси симметрии агрегата) (угол $\beta=0$).

Вакуумрегулятором 27 устанавливали заданное вакуумметрическое давление, например 48 кПа, контролируя его значение вакуумметром 28, которое поступало к двухходовому электровентилю 29. Включали осциллограф 13 РС-500А, компьютер 14, и подключали датчики 1, 2 и 16 к источнику питания.

Стенд подготовлен к измерению реакций на опорах мобильного агрегата, а также угла положения доильного аппарата 7 по траектории движения в процессе снятия с искусственных сосков 8.

Затем посредством двухходового электроventиля 29 подключали пневмоцилиндр 24 к вакуумному насосу, подавая вакуумметрическое давление 48 кПа. В результате поршень 22 перемещаясь вниз, втягивая трос 12, обкатываемый по обводным роликам 21, 19 и 17 снимал доильный аппарат 7 с искусственных сосков 8. При этом в компьютере 14 регистрировались поступающие к осциллографу 13 РС-500А сигналы от силоизмерительных тензометрических датчиков 1 и 2, тем самым устанавливая реакцию на соответствующих опорах шасси мобильного агрегата, а также от датчика 16, регистрируя текущий угол отклонения от вертикали троса 12 в процессе движения доильного аппарата 7 в нижнюю точку траектории. Затем, в процессе дальнейших исследований, двухходовым электроventилем 29 подключали пневмоцилиндр 24 к атмосфере. Расфиксировав хвостовик 18 выдвигали трос 12 пневмоцилиндра 24 на величину, соответствующую удалению доильного аппарата 7 от пневмоцилиндра 24 на расстояние 1,5 м и фиксировали его. Доильные стаканы 10 устанавливали на искусственные соски 8 платформы 9, тем самым зафиксировав доильный аппарат 7 в исходном положении. Перемещая плиту 6 изменяли с шагом $20^{\circ} \pm 10'$ в интервале $0 - 180^{\circ} \pm 10'$ угол β установки относительно оси X поворотного рычага 20 пневмоцилиндра 24 с обводными роликами 17 и 19, фиксируя его в новом положении и контролируя угол поворота угломером-транспортиром КВВ 0658-00 с интервалом измерений угла $0 - 180^{\circ} \pm 10'$, повторяли измерения реакции на опорах шасси мобильного агрегата и текущего угла отклонения от вертикали троса 12 в процессе движения доильного аппарата 7.

Для определения коэффициента $k_{уст}$ запаса устойчивости при опрокидывании агрегата относительно линии OA , использовали уравнение:

$$k_{уст} = \frac{F_{OBO}}{F_{OBO} - F_{OB}}; \quad (3.3)$$

относительно линии OB -

$$k_{уст} = \frac{F_{OAO}}{F_{OAO} - F_{OA}}. \quad (3.4)$$

относительно линии AB -

$$k_{уст} = \frac{F_{O10}}{F_{O10} - F_{O1}} . \quad (3.5)$$

Полученные данные использовали при графическом отображении, математическом описании процесса изменения реакции на опорах шасси мобильного агрегата в зависимости от текущего угла отклонения от вертикали троса 12 в процессе движения доильного аппарата 7 и направления действия опрокидывающего момента, а также при графическом отображении, математическом описании изменения коэффициента устойчивости агрегата от опрокидывания.

Полученные результаты подвергали математической обработке [156, 162, 163, 164].

3.4 Методика исследования силы, развиваемой на тросе пневмоцилиндром, в зависимости от его диаметра и подаваемого вакуумметрического давления

Исследования выполняли на основе планирования факторного эксперимента [166, 167, 168, 169, 170, 171, 172].

Из теоретических исследований работы мобильного агрегата для доения коров следует, что на силу, развиваемую пневмоцилиндром, оказывают влияние как диаметр пневмоцилиндра, так и вакуумметрическое давление, подаваемое в пневмоцилиндр. В таком случае, факторы, влияющие на критерий оптимизации – вакуумметрическое давление и диаметр пневмоцилиндра. Из предварительных теоретических исследований вытекают минимальные и максимальные значения выбранных факторов, которые приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Факторы, влияющие на параметр оптимизации

ОБОЗНАЧЕНИЕ	НАИМЕНОВАНИЕ ФАКТОРА	УРОВНИ ВАРЬИРОВАНИЯ		
		-1	0	+1
x_1	Диаметр пневмоцилиндра, м	0,05	0,06	0,07
x_2	Вакуумметрическое давление, кПа	20,0	35,0	50,0

В качестве параметра оптимизации устанавливали усилие на тросе, развиваемое пневмоцилиндром.

В основу исследований был положен факторный эксперимент 3^2 [166...172] (Таблица 3.2).

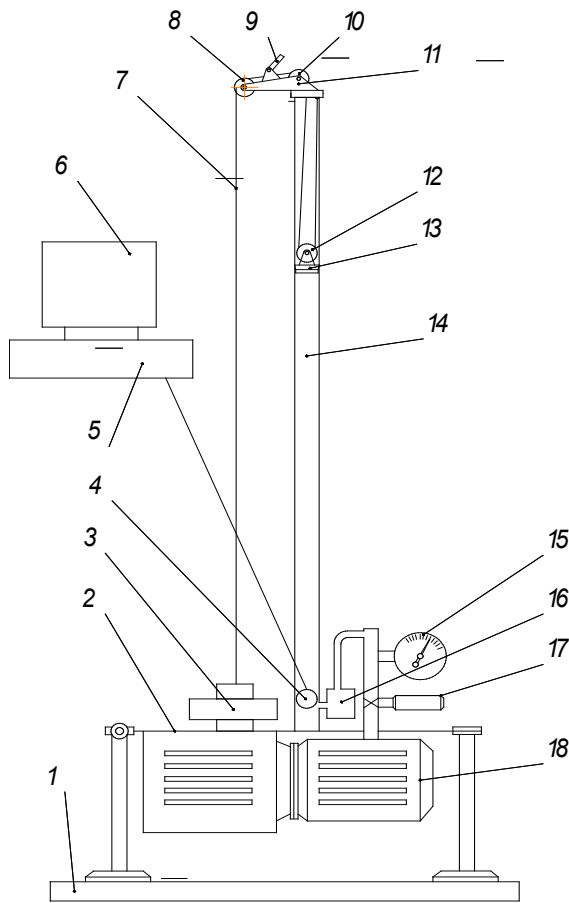
Таблица 3.2 - Матрица планирования факторного эксперимента

№ опыта	ФАКТОРЫ И ИХ СОЧЕТАНИЕ					
	x_0	x_1	x_2	x_1x_2	x_1^2	x_2^2
1	+	+	+	+	0,3333	0,3333
2	+	+	-	-	0,3333	0,3333
3	+	-	+	-	0,3333	0,3333
4	+	-	-	+	0,3333	0,3333
5	+	0	0	0	-0,6666	-0,6666
6	+	+	0	0	0,3333	-0,6666
7	+	-	0	0	0,3333	-0,6666
8	+	0	+	0	-0,6666	0,3333
9	+	0	-	0	-0,6666	0,3333

Измерение и регистрацию вакуумметрического давления в пневмоцилиндре, а также усилия в тросе осуществляли, устанавливая пневмоцилиндры соответствующего диаметра и меняя вакуумметрическое давление в пневмоцилиндре 1 в соответствии с матрицей планирования эксперимента (Таблица 3.1).

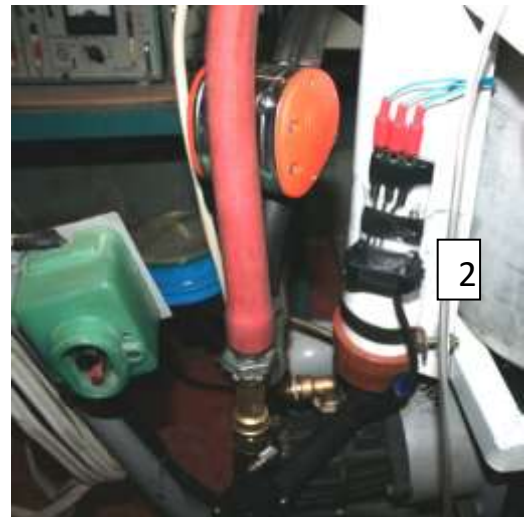
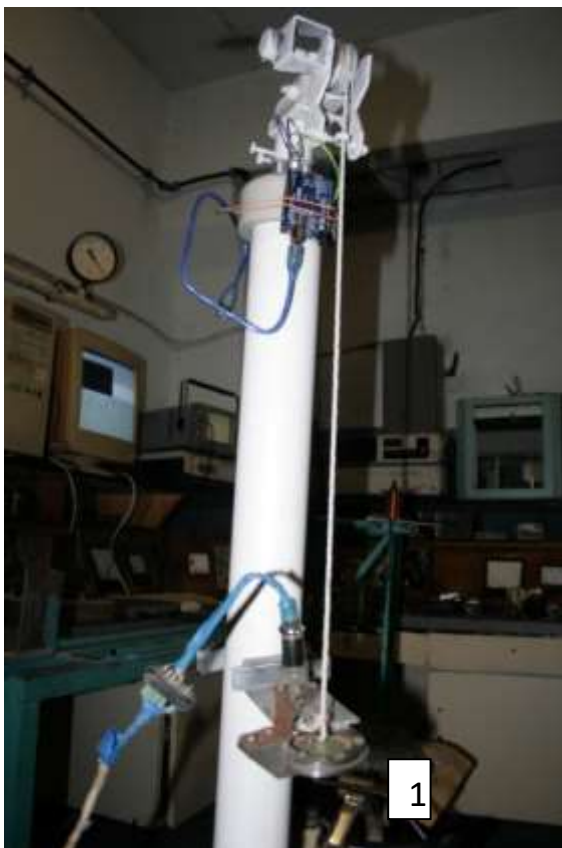
Для установления закономерности изменения силы на тросе, развиваемой пневмоцилиндром в зависимости от его диаметра, а также вакуумметрического давления, подаваемого в пневмоцилиндр, мы использовали разработанный нами тензометрический стенд, позволяющий регистрировать изучаемый параметр (Рисунок 3.8, 3.9) (Приложение Г) [165].

Стенд для измерения силы, развиваемой пневмоцилиндром на тросе, включает остов 1, на котором установлен вакуумный насос 18 с вакуумрегулятором 17 и вакуумметром 15 и пневмоцилиндр 14 снятия доильного аппарата. Вакуумный насос 18 через трехходовой вентиль 16 соединен с пневмоцилиндром 14. Пневмоцилиндр 14 на остова 1 установлен вертикально и к его верхнему обрезу прикреплен рычаг 11 с обводными роликами 8 и 10.



1 - остов; 2 - платформа; 3 - силоизмерительный датчик; 4 - датчик; 5 - осциллограф; 6 - компьютер; 7 - трос; 8, 10, 12- обводной ролик; 9 - хвостовик; 11 - рычаг; 13 - поршень; 14 - пневмоцилиндр; 15 - вакуумметр; 16 - двухходовой вентиль; 17 - вакуумрегулятор; 18 - вакуумнасос.

Рисунок 3.8 – Схема стенда для измерения силы, развиваемой пневмоцилиндром



1 – силоизмерительный датчик; 2 – датчик вакуумметрического давления

Рисунок 3.9 – Стенд для измерения силы, развиваемой пневмоцилиндром

Поршень 13 пневмоцилиндра 14 содержит обводной ролик 12. Для измерения усилия, развиваемого пневмоцилиндром 14 на тросе 7, на платформе 2 установлен силоизмерительный датчик 3, к которому прикреплен трос 7 пневмоцилиндра 14. Для регистрации вакуумметрического давления, развиваемого в пневмоцилиндре 14, установлен датчик давления 4. Датчики 3 и 4 соединены с осциллографом 5 РС-500А и далее с компьютером 6.

Начинали исследования с калибровки тензометрического датчика давления 4, в качестве которого использовали тензометрический датчик РК 8763 9. Для этого датчик 4 подключали к источнику питания, устанавливая напряжение питания $6 \pm 0,01$ В, и через вакуумрегулятор 17 к вакуумнасосу 18, контролируя его вакуумметром 15 с точностью измерения $\pm 0,001$ МПа. Изменяя вакуумметрическое давление от 0 до $0,05 \pm 0,001$ МПа с шагом $0,01 \pm 0,001$ МПа фиксировали соответствующие цифровые показания осциллографа РС-500А 5 в компьютере 6, тем самым устанавливая цену шага цифровой регистрации.

Затем калибровали силоизмерительный датчик 3 натяжения троса. Для этого датчик 3 нагружали эталонными гирями, изменяя нагрузку в интервале от 0 до 6,0 кг с шагом 0,2 кг. При этом использовали гири класса Е₁. Вначале силоизмерительный датчик 3 поочередно нагружали четырьмя гирями массой $200 \pm 0,0001$ г каждая, одновременно регистрируя показания осциллографа 5 РС-500А в компьютере 6. Затем четыре эталонные гири заменяли одной гирей массой $1000 \pm 0,0001$ г, фиксировали показания, и затем продолжали последовательно нагружать гирями массой $200 \pm 0,0001$ г с одновременной регистрацией показаний. Следующее действие – замена эталонной гири массой 1 кг и четырех гирь по 0,2 кг каждая гирей массой $2000 \pm 0,0001$ г и после регистрации показаний осциллографа 5, по аналогии с вышеизложенным, увеличение нагрузки силоизмерительного датчика 3 эталонными гирями массой 200 г и 1000 г с последующей их заменой гирей массой 2000 г вплоть до нагрузки на силоизмерительный датчик 12 $6000 \pm 0,0001$ г.

Выполняли исследования следующим образом. Согласно матрице планирования эксперимента на остовете 1 устанавливали пневмоцилиндр 14 диаметром $0,05 \pm 0,001$ м, включали осциллограф 5 РС-500А и компьютер 6, подавали пита-

ние на датчики 3 и 4 и запускали вакуумнасос 18. Вакуумрегулятором 17, контролируя вакуумметром 15, устанавливали вакуумметрическое давление, равное $0,020 \pm 0,001$ МПа и подавали вакуумметрическое давление в пневмоцилиндр 14, открывая двухходовой вентиль 16. При этом поршень 13 посредством обводного ролика 12 воздействуя на трос 7, втягивал его. Трос 7, обкатываясь по обводным роликам 8 и 10 рычага 11, натягивался, взаимодействуя с силоизмерительным датчиком 3, тем самым формируя сигнал, поступающий в осциллограф 5 РС-500А и далее регистрируемый в компьютере 6. Одновременно к осциллографу 5 РС-500А поступал и регистрировался в компьютере 6 сигнал от датчика 4, тем самым фиксируя вакуумметрическое давление в пневмоцилиндре 14. После этого двухходовым вентилем 16 полость пневмоцилиндра 14 сообщали с атмосферой, отключив от вакуумнасоса 18. Затем снова двухходовым вентилем 16 пневмоцилиндр 14 подключали к вакуумнасосу 18 и измерения повторяли. Потом, согласно матрице планирования эксперимента (Таблица 3.1) вакуумрегулятором 17, контролируя вакуумметром 15, устанавливали вакуумметрическое давление, равное $0,035 \pm 0,001$ МПа и подавая вакуумметрическое давление в пневмоцилиндр 14, проводили исследования изучаемых параметров в новом режиме. Потом вакуумметрическое давление увеличивали до 0,050 МПа. И так повторяли для пневмоцилиндров диаметром 0,06 м 0,07 м.

Полученные результаты подвергали математической обработке [156, 162, 163, 164].

3.5 Методика исследования времени достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра мобильного агрегата для доения коров

Исследования выполняли на основе планирования факторного эксперимента [166...171].

Из теоретических исследований рабочего процесса пневмоцилиндра мобильного агрегата для доения коров в период снятия доильного аппарата с вымени животного следует, что время достижения заданного вакуумметрического давления в

полости пневмоцилиндра зависит от подаваемого вакуумметрического давления, объема вакууммируемой полости пневмоцилиндра, длины и диаметра патрубка, посредством которого пневмоцилиндр подключен к источнику вакуумметрического давления. В таком случае, факторы, влияющие на критерий оптимизации, которым является время достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра, – вакуумметрическое давление, объем вакууммируемой полости пневмоцилиндра, длины и диаметра патрубка. Из предварительных теоретических исследований вытекают минимальные и максимальные значения выбранных факторов, которые приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Факторы, влияющие на паратр оптимизации.

ОБОЗНАЧЕНИЕ	НАИМЕНОВАНИЕ ФАКТОРА	УРОВНИ ВАРЬИРОВАНИЯ		
		-1	0	+1
x_1	Диаметр патрубка, м	0,001	0,003	0,005
x_2	Длина патрубка, м.	0,01	0,025	0,04
x_3	Вакуумметрическое давление (Абс.), Па	20000,0 (80000,0)	35000,0 (70000,0)	40000,0 (60000,0)
x_4	Вакууммируемый объ- ем пневмоцилиндра, м ³	0,001	0,002	0,003

Известно, что для ортогональности плана выполнения эксперимента требуется выполнить условие симметрии, подтверждаемой равенством нулю результатов сложения элементов произвольно выбранного столбца матрицы планирования экспериментов, а также суммы произведений элементов любых двух столбцов [169].

Данное требование симметричности и ортогональности в нашем случае выполняется при условии: звездное плечо $d=1,4142$; изменение квадратичной переменной на величину смещения $\varphi=0,8$. Это соответствует четырехфакторному эксперименту [169, 170].

Матрица планирования факторного эксперимента 2^4 приведена в таблице 3.4.

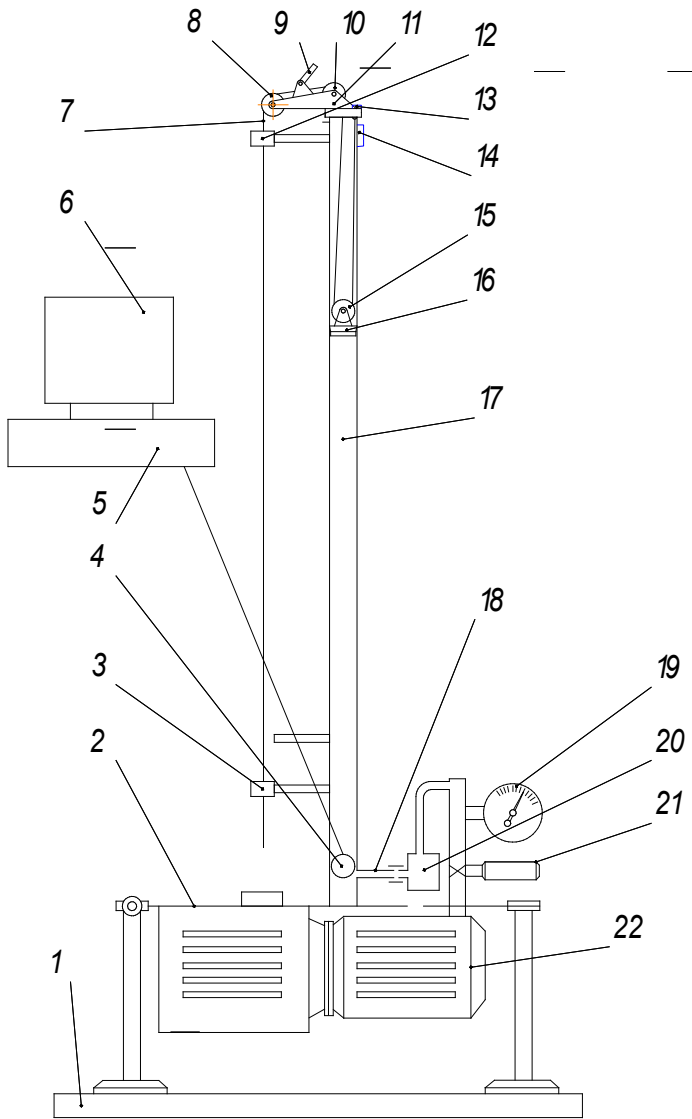
Таблица 3.4 - Матрица планирования факторного эксперимента

№ опыта	ФАКТОРЫ И ИХ СОЧЕТАНИЕ			
	x_1	x_2	x_3	x_4
1.	1	1	1	1
2.	-1	1	1	1
3.	1	-1	1	1

4.	-1	-1	1	1
5.	1	1	-1	1
6.	-1	1	-1	1
7.	1	-1	-1	1
8.	-1	-1	-1	1
9.	1	1	1	-1
10.	-1	1	1	-1
11.	1	-1	1	-1
12.	-1	-1	1	-1
13.	1	1	-1	-1
14.	-1	1	-1	-1
15.	1	-1	-1	-1
16.	-1	-1	-1	-1
17.	1,4142	0	0	0
18.	-1,4142	0	0	0
19.	0	1,4142	0	0
20.	0	-1,4142	0	0
21.	0	0	1,4142	0
22.	0	0	-1,4142	0
23.	0	0	0	1,4142
24.	0	0	0	-1,4142
25.	0	0	0	0

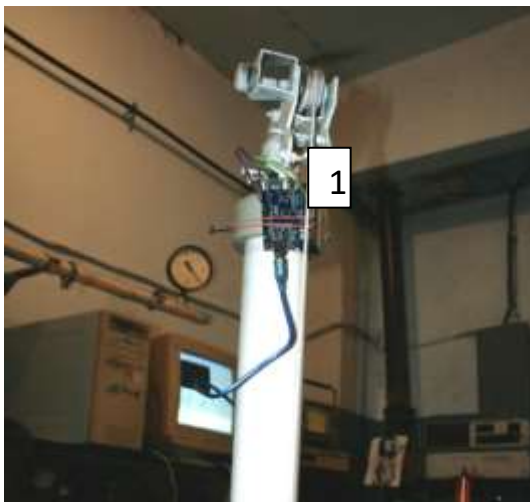
Для реализации данного факторного эксперимента по установлению закономерности изменения времени достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра в зависимости от диаметра и длины патрубка, сообщающего его с источником вакуума, величины вакуумметрического давления, подводимого к пневмоцилиндру, а также объема пневмоцилиндра, подвергаемого вакууммированию, мы использовали разработанный нами тензометрический стенд, позволяющий регистрировать изучаемый параметр (Рисунок 3.10; 3.11) (Приложение Г) [165].

Стенд для измерения времени достижения заданного вакуумметрического давления, включает остов 1, на котором установлен вакуумный насос 22 с вакуумрегулятором 21 и вакуумметром 19 и пневмоцилиндр 17 снятия доильного аппарата. Вакуумный насос 22 через трехходовой вентиль 20 и далее патрубок 18 соединен с пневмоцилиндром 17. Пневмоцилиндр 17 на остовае 1 установлен вертикально и к его верхнему обрезу прикреплен рычаг 11 с обводными роликами 8 и 10, и хвостовиком троса 9.



1 - остов; 2 - платформа; 3, 12 - кронштейн; 4 - датчик; 5 - осциллограф; 6 - компьютер; 7 - трос; 8, 10, 14 - обводной ролик; 9 - хвостовик; 11 - рычаг; 13 - датчик; 15 - поршень; 16 - мерная линейка; 17 - пневмоцилиндр; 18 - патрубков; 19 - вакуумметр; 20 - двухходовой вентиль; 21 - вакуумрегулятор; 22 - вакуумнасос.

Рисунок 3.10 – Схема стенда для измерения времени достижения заданного вакуумметрического давления



1 – датчик перемещения поршня; 2 – датчик вакуумметрического давления.

Рисунок 3.11 – Стенд для измерения времени достижения заданного вакуумметрического давления

Поршень 16 пневмоцилиндра 17 содержит обводной ролик 15. Для измерения перемещения поршня 16 на пневмоцилиндре 17 прикреплен датчик 13 с блоком управления 14 и кронштейны 3 и 12 для подвижного крепления троса 7. Для регистрации вакуумметрического давления, развиваемого в пневмоцилиндре 17, установлен датчик 4. Датчик 4 соединен с осциллографом 5 РС-500А и далее с компьютером 6.

Для исследований нами были изготовлены патрубки с параметрами, соответствующими условиям эксперимента (Таблица 3.5).

Таблица 3.5. Конструктивные параметры патрубков, используемых в эксперименте.

№	Параметры патрубка	
	Длина воздушного канала патрубка, мм	Диаметр отверстия, мм
1.	10	1
2.		3
3.		5
4.	25	1
5.		3
6.		5
7.	40	1
8.		3
9.		5

Начинали исследования с калибровки тензометрического датчика 4 давления, в качестве которого использовали датчик РК 8763 9. Для этого изменяя вакуумметрическое давление от 0 до $0,05 \pm 0,001$ МПа с шагом $0,01 \pm 0,001$ МПа фиксировали соответствующие цифровые показания осциллографа РС-500А 5 в компьютере 6, тем самым устанавливая цену шага цифровой регистрации. Затем устанавливали технологический объем V_t пневмоцилиндра 17 при крайнем нижнем положении поршня 16, подвергаемый вакууммированию в процессе исследований. Для этого пневмоцилиндр 17 переворачивали нижней частью вверх, на патрубок 18 надевали шланг, свободный конец которого опускали в емкость с водой. Поршень 16 за трос 7 опускали на некоторое расстояние вниз, засасывая воду в пневмоцилиндр 17. После этого снимали шланг с патрубка 18, пневмоцилиндр 17 поворачивали в горизонтальное положение, ориентируя патрубок 18 вверх, и вспо-

могательным стержнем поршень 16 перемещали к нижней части пневмоцилиндра 17 до упора, вытесняя с цилиндра воду. Оставшуюся в подпоршневом пространстве воду сливали в мензурку и измеряли остаток воды, тем самым устанавливая искомое значение технологического объема V_t .

Объем пневмоцилиндра, подвергаемый вакууммированию в процессе исследований, определяли по формуле:

$$V_v = \frac{\pi d_{is}^2}{4} s_p + V_t, \quad (3.6)$$

где d_{is} – диаметр пневмоцилиндра, м;

s_p - перемещение поршня, м.

Из данного уравнения находили требуемое перемещение поршня 15 для установления заданного объема пневмоцилиндра, подвергаемого вакууммированию через исследуемый патрубок 18.

В качестве датчика 13 положения поршня 16 в пневмоцилиндре 17 использовали датчик расстояния ультразвуковой HC-SR04 подключаемый к контроллеру 14 Arduino UNO R3, настраиваемый на аналоговый выход сигнала. Контроллер 14 подключали к компьютеру, предварительно установив программу управления контроллером 14 и затем скетч согласования контроллера Arduino UNO R3 и датчика HC-SR04. Для калибровки датчика 13 включали компьютер, подключали контроллер 14 Arduino UNO R3, запускали программу управления контроллером и вгружали скетч согласования контроллера Arduino UNO R3 и датчика HC-SR04. В компьютере фиксировали начальное показание. Поршень 16 перемещали в пневмоцилиндре на расстояние в пределах 0...1,0 м с шагом 0,1 м, контролируя перемещение мерной линейкой с точностью $\pm 0,001$ м, фиксируя показания в компьютере в каждой точке положения поршня 16.

Выполняли исследования следующим образом. Согласно матрице планирования эксперимента на остове 1 устанавливали пневмоцилиндр 17 диаметром $0,06 \pm 0,001$ м и устанавливали соответствующий патрубок 18. Вспомогательным стержнем поршень 16 перемещали к нижней части пневмоцилиндра 17 до упора и затем, вытаскивая трос 7 и контролируя его перемещение датчиком 13, через об-

водной ролик 15 перемещали поршень 16 на требуемое расстояние s_p . От обратного движения трос фиксировали хвостовиком 9. При этом следует заметить, что так как трос 7 с поршнем 16 взаимодействует через обводной ролик 15, перемещение троса должно составить:

$$s_{tr} = 2s_p, \quad (3.7)$$

где s_{tr} – перемещение троса, м.

Включали осциллограф 5 РС-500А и компьютер 6, подавали питание на датчик 4 и датчик 13 и запускали вакуумнасос 22. Вакуумрегулятором 21, контролируя вакуумметром 19 устанавливали вакуумметрическое давление, равное $0,020 \pm 0,001$ МПа и подавали вакуумметрическое давление к двухходовому вентилю 20.

Стенд готов к исследованию процесса вакууммирования полости пневмоцилиндра с исходными параметрами согласно матрице планирования эксперимента.

Открывали двухходовой вентиль 20 и сообщали пневмоцилиндр 17 с вакуумнасосом 22. Вакуумметрическое давление, взаимодействуя с датчиком 4, формировало сигнал, поступающий в осциллограф 5 РС-500А и далее регистрируемый в компьютере 6 во времени. После этого двухходовым вентилем 20 полость пневмоцилиндра 17 сообщали с атмосферой, отключив от вакуумнасоса 22. Затем снова двухходовым вентилем 20 пневмоцилиндр 17 подключали к вакуумнасосу 22 и измерения повторяли. Измерения проводили с трехкратной повторностью. Для перехода на следующую позицию матрицы исследований, после достижения максимального вакуумметрического давления в пневмоцилиндре 17, освобождали хвостовиком 9 трос 7, который обкатываясь по обводным роликам 8 и 10 рычага 11 и ролик 15, позволял поршню 16 опускаться в крайнее нижнее положение в пневмоцилиндре 17. После этого двухходовым вентилем 20 полость пневмоцилиндра 17 сообщали с атмосферой, отключив от вакуумнасоса 18. Потом, согласно матрице планирования эксперимента (Таблица 3.4), устанавливали новый режим исследований и измерения повторяли.

Полученные результаты подвергали математической обработке [156, 162, 163, 164].

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МОБИЛЬНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ДОЕНИЯ КОРОВ

4.1 Результаты исследований силы натяжения троса пневмоцилиндра при движении доильного аппарата с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории при $\alpha_t=0$

Для установления закономерности изменения силы натяжения троса пневмоцилиндра при движении доильного аппарата с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории нами выполнены исследования согласно методике, изложенной в разделе 3.1.

Полученные данные, после их обработки на ЭВМ, легли в основу уравнений регрессии, характеризующих характер изменения силы натяжения троса подвеса доильного аппарата по траектории его движения, а также времени его движения с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории движения при $\alpha_t=0$, в зависимости от начального удаления доильного аппарата от точки подвеса на расстояние (a) [149, 153, 154].

Для условия, что s_1 - расстояние от платформы до поршня, при крайнем нижнем его положении, равно 0,1 м; s_2 - отклонение по высоте хвостовика относительно поршня, при крайнем верхнем его положении, равно 0,1 м; s_3 - отклонение по высоте положения точки крепления троса к доильному аппарату относительно платформы тележки доильного агрегата, равно 0,1 м; k - коэффициент удлинения троса, равен 1,2, ход поршня пневмоцилиндра составляет 1,04 м, масса доильного аппарата 3 кг, уравнение регрессии, характеризующее взаимозависимость указанных параметров, имеет вид:

$$F_{11} = 27.656 + 14.896a + 8.405 \alpha - 14.49a \alpha - 4.255a^2 - 12.756 \alpha^2, \quad (4.1)$$

где F_{11} - натяжение троса пневмоцилиндра по траектории движения при массе доильного аппарата 3 кг, Н;

a - расстояние от точки крепления троса к доильному аппарату до положения хвостовика на пневмоцилиндре в горизонтальной плоскости, м;

α - угол отклонения троса от вертикали в начальный момент снятия доильного аппарата вымени коровы, рад.

В графическом виде уравнение регрессии представлено на рисунке 4.1.

При увеличении массы доильного аппарата до 3,5 кг эмпирическое уравнение приобретает вид:

$$F_{12} = 32.269 + 17.372a + 9.8 \alpha - 16,906a \alpha - 4.96a^2 - 14.875 \alpha^2, \quad (4.2)$$

где F_{12} - натяжение троса пневмоцилиндра по траектории движения при массе доильного аппарата 3,5 кг, Н.

Его графическая версия представлена на рисунке 4.2.

При массе 4 кг изменение силы натяжения троса подвеса доильного аппарата изменяется по закону описываемым следующим эмпирическим уравнением:

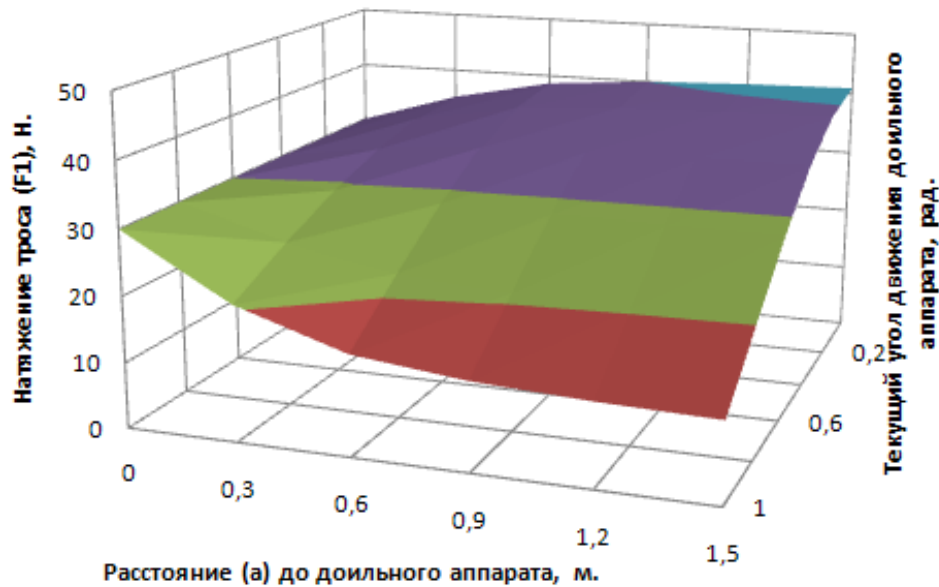


Рисунок 4.1 - Зависимость силы натяжения троса по траектории движения от начального удаления (a) при массе доильного аппарата 3 кг

$$F_{13} = 36.877 + 19.855a + 11.205 \alpha - 19,317a \alpha - 5.67a^2 - 17.006 \alpha^2, \quad (4.3)$$

где F_{13} - натяжение троса пневмоцилиндра по траектории движения при массе доильного аппарата 4 кг, Н.

Его графическая версия представлена на рисунке 4.3.

Адекватность эмпирических уравнений опытным данным оценивалась с использованием критерия Фишера (Приложение Д). Как показывают результаты расчетов, гипотеза адекватности подтверждается. Для данных уравнений при табличном значении F – критерия – 11,507...11,514, его расчетное значение находит-

ся в интервале 0,357...0,358. Коэффициент детерминации равен $R^2=0,950$. Коэффициенты при составляющих уравнения регрессии значимы.

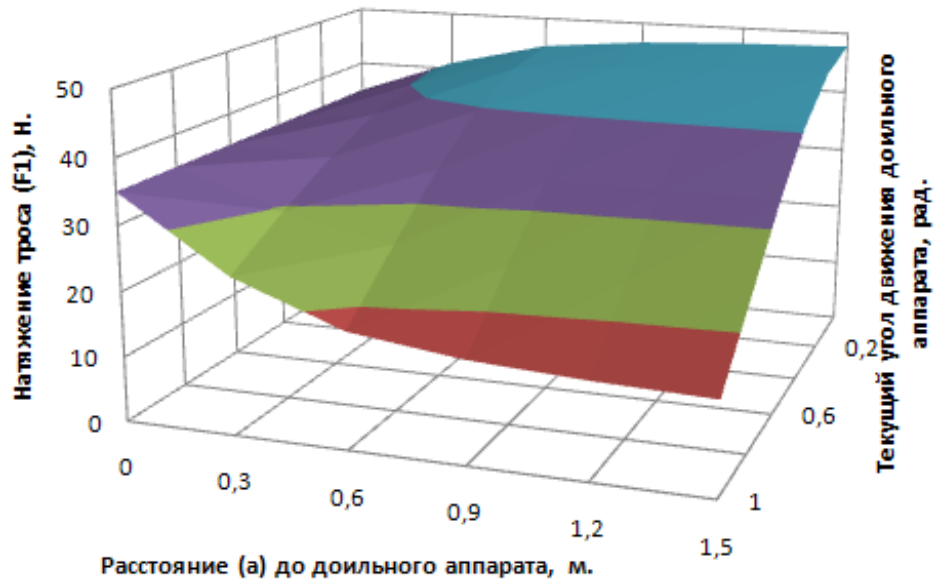


Рисунок 4.2 - Зависимость силы натяжения троса по траектории движения от начального удаления (a) при массе доильного аппарата 3,5 кг

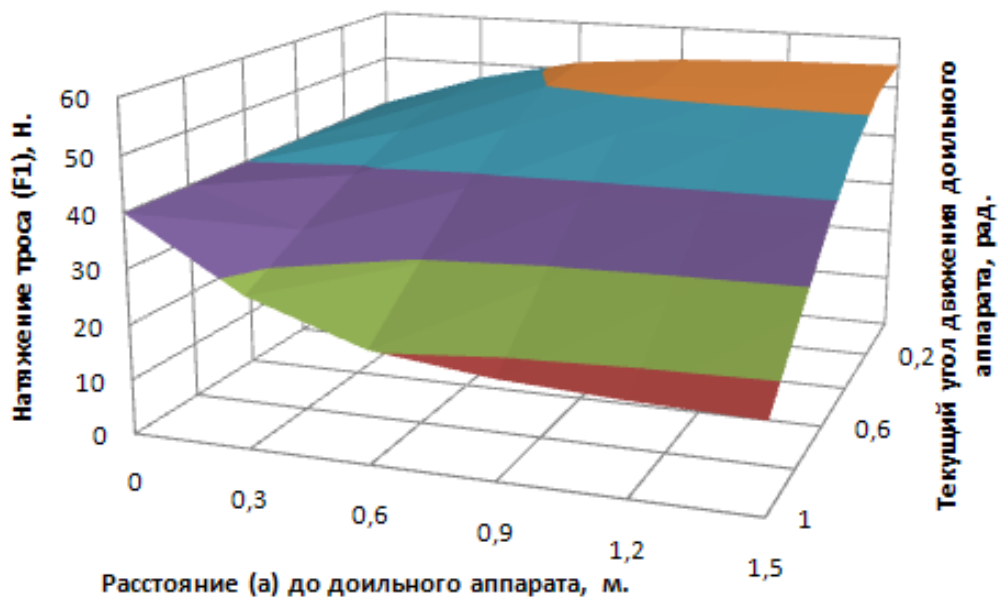


Рисунок 4.3 - Зависимость силы натяжения троса по траектории движения от начального удаления (a) при массе доильного аппарата 4 кг

Также, по F – критерию Фишера, с использованием компьютерной программы, разработанной в Белгородском ГАУ, оценивалась адекватность теоретической и эмпирической моделей, характеризующих зависимость силы натяжения троса по траектории движения от начального удаления (a) доильного аппарата

[162, 163, 164]. Для этого были выполнены расчеты силы натяжения троса по теоретическому уравнению (2.29) и эмпирическим уравнениям (4.1), (4.2) и (4.3) (Приложение Е). Доказательством верности рассматриваемых теоретических положений относительно взаимосвязи силы натяжения троса и положения доильного аппарата на траектории движения в процессе снятия с вымени коровы является то, что расчетное значение F – критерия Фишера для данных уравнений, равное $1,29...1,68$, значительно ниже его табличного значения - $2,42...3,13$.

Это дает нам основание сказать, что при снятии с вымени коровы доильного аппарата с увеличением как его массы, так и начального удаления от доильного агрегата, сила натяжения троса возрастает и достигает максимума в нижней точке траектории движения. Так, при массе доильного аппарата 3 кг и начальном удалении $1,5 \text{ м}$ по мере его движения в процессе снятия с вымени коровы при указанных выше конструктивных параметрах пневмоцилиндра снятия и доильного агрегата в целом, натяжение троса увеличивается с $14,34$ до $40,43 \text{ Н}$, а при массе доильного аппарата 4 кг – с $19,13$ до $53,9 \text{ Н}$.

Полученные данные, после их обработки на ЭВМ, легли в основу уравнения регрессии, характеризующего характер изменения времени движения доильного аппарата с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории движения при $\alpha_t=0$, в зависимости от начального удаления доильного аппарата от точки подвеса на расстояние (a):

$$t_{da} = 0,33981 + 0,03592a + 0,43879a^2 - 0,36202a^3 + 0,09697a^4, \quad (4.4)$$

где t_{da} – время движения доильного аппарата с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории, с.

Его графическая версия представлена на рисунке 4.4.

Также, как и в предыдущем исследовании, по F – критерию Фишера, с использованием компьютерной программы, разработанной в Белгородском ГАУ, оценивалась адекватность теоретической и эмпирической моделей, характеризующих зависимость времени движения от начального удаления (a) доильного аппарата [161, 162, 163].



Рисунок 4.4 - Зависимость времени движения доильного аппарата с точки подвеса на вымени коровы в нижнюю точку траектории от его начального удаления (а) от мобильного агрегата

Для этого были выполнены соответствующие расчеты по уравнениям (2.94) и (4.1) (Приложение Ж). Доказательством справедливости рассматриваемых теоретических положений относительно зависимости времени движения доильного аппарата в процессе снятия с молочной железы от начального удаления (a) доильного аппарата является то, что при расчетном значении F – критерия Фишера 3,68, его табличное значение составляет 3,9.

Установлено, что с увеличением удаления доильного аппарата от мобильного агрегата, время его движения в нижнюю точку траекторию при снятии с вымени коровы увеличивается. Так, при удалении доильного аппарата от мобильного агрегата на 0,5 м время его движения в нижнюю точку траектории составляет 0,42 с, в то время как при удалении 1,5 м – 0,65 с.

4.2 Результаты исследования положения центра тяжести мобильного агрегата для доения коров

Для установления закономерности изменения положения центра тяжести мобильного агрегата для доения коров в зависимости от удаления (a) доильного аппарата в начальный момент его движения, а также изменения угла β поворота поворотного рычага пневмоцилиндра при изменении направления действия опрокидывающего момента, нами выполнены исследования согласно методике, изло-

женной в разделе 3.2, имитируя действие на агрегат вертикальной составляющей F_y веса доильного аппарата, соответствующей заданному расстоянию (a) от точки подвеса доильного аппарата до точки положения хвостовика 9 (Рисунок 3.4) троса 8 на пневмоцилиндре 13 в горизонтальной плоскости. Для этого поворотный рычаг 11 пневмоцилиндра 13 с обводными роликами 10 устанавливали вдоль оси X (вдоль оси симметрии агрегата) (угол $\beta=0$), а вместо доильного аппарата к тросу 8 пневмоцилиндра 13 подвешивали имитатор 7 вертикальной составляющей F_y веса доильного аппарата, в качестве которого использовали эталонные гири класса E_1 . При этом нагрузку постепенно увеличивали в интервале $0 \dots 4,0$ кг с шагом $0,5 \pm 0,0001$ кг [149, 153, 154].

Полученные данные, после их обработки на ЭВМ с использованием программы Excel для выполнения вычислений по уравнениям (3.1) и (3.2.), были использованы при подготовке уравнений регрессии, характеризующих характер изменения положения центра тяжести агрегата.

Для условия, что s_1 - расстояние от платформы до поршня, при крайнем нижнем его положении, равно 0,1 м; s_2 - отклонение по высоте хвостовика относительно поршня, при крайнем верхнем его положении, равно 0,1 м; s_3 - отклонение по высоте положения точки крепления троса к доильному аппарату относительно платформы тележки доильного агрегата, равно 0,1 м; k - коэффициент удлинения троса, равен 1,2, ход поршня пневмоцилиндра составляет 1,04 м, F_d - вес электродвигателя равен 54 Н; F_v - вакуумной аппаратуры равен 38 Н; F_a - платформы агрегата равен 250 Н; F_c - пневмоцилиндра равен 30 Н; F_{dv} - доильного ведра равен 50 Н; F_z - поворотного рычага равен 10 Н; x_1 - электродвигателя - 0,3 м; x_2 - вакуумной аппаратуры - 0,15 м; x_3 - платформы агрегата - 0,4 м; x_4 - пневмоцилиндра - 0,3 м; x_5 - доильного ведра - 0,4 м; l_z - длина поворотного рычага - 0,1 м, уравнение регрессии в кодированном виде, характеризующее положение центра тяжести мобильного агрегата для доения коров по оси X имеет вид:

$$X_{c1} = 0.3538 - 0.0024x_{c1} - 0,00542x_{c2} - 0,0042x_{c1}x_{c2} + 0.0001x_{c1}^2 - 0,00005x_{c2}^2, \quad (4.5)$$

где X_{c1} - координата центра тяжести мобильного агрегата по оси X , м.

x_{c1} – фактор, характеризующий вертикальную составляющую F_y веса доильного аппарата, имитируемую эталонными гирями класса E_1 , кг;

x_{c2} – фактор, характеризующий угол β поворота поворотного рычага пневмоцилиндра относительно оси X по действием опрокидывающего момента.

В раскодированном виде его представим как: (4.6)

$$x_c = 0.3575 + 0.0008m - 0.0008\beta - 0.0013m\beta + 0.00003m^2 - 0.00002\beta^2,$$

где m – масса эталонной гири, имитирующей вертикальную составляющую веса доильного аппарата в процессе его движения при снятии с вымени коровы, кг.

В графическом виде данное уравнение представлено на рисунке 4.5.

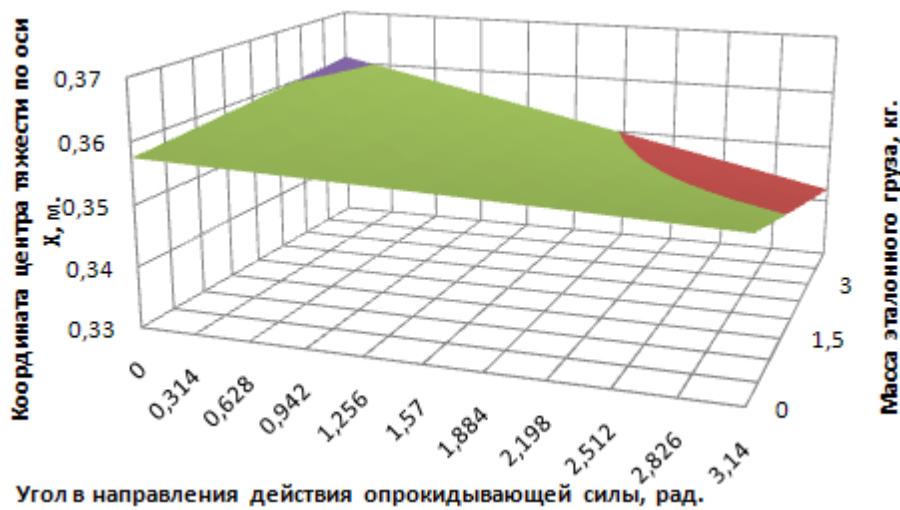


Рисунок 4.5 – Зависимость координаты центра тяжести мобильного агрегата по оси X в зависимости от массы эталонного груза и направления действия опрокидывающего момента

Для тех же условий относительно конструктивных параметров мобильного агрегата, эмпирическое уравнение в кодированном виде, характеризующее положение центра тяжести агрегата по оси Y имеет вид:

$$Y_{c1} = 0.0018 + 0.0014x_{c1} - 8,9 * 10^{-20}x_{c2} - 7,9 * 10^{-20}x_{c1}x_{c2} - 6,2 * 10^{-5}x_{c1}^2 - 0,0054x_{c2}^2, \quad (4.7)$$

где Y_{c1} – координата центра тяжести мобильного агрегата по оси Y , м.

Малое расчетное значение t -статистики для переменных X_2 и X_3 и большое значение P -значимости свидетельствует о незначимом отличии от нуля их коэффициентов.

В таком случае уравнение регрессии приобретает вид:

$$Y_{c1} = y_c = 0.0018 + 0.0014x_{c1} - 6,2 * 10^{-5}x_{c1}^2 - 0,0054x_{c2}^2 . \quad (4.8)$$

В раскодированном виде его представим как:

$$y_c = 0.00076m + 0.0069\beta - 0.00002m^2 - 0.0022\beta^2 \quad (4.9)$$

В графическом виде данное уравнение представлено на рисунке 4.6.

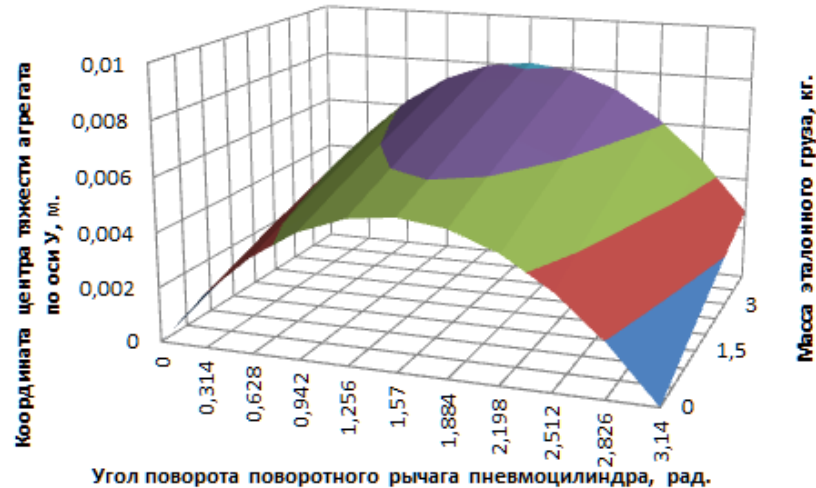


Рисунок 4.6 – Зависимость координаты центра тяжести мобильного агрегата по оси Y в зависимости от массы эталонного груза и направления действия опрокидывающего момента

По F – критерию Фишера, с использованием компьютерной программы, разработанной в Белгородском ГАУ, оценивалась адекватность теоретических и эмпирических моделей, характеризующих зависимость положения центра тяжести агрегата по оси X и Y от вертикальной составляющей F_y веса доильного аппарата, имитируемой эталонными гирями класса E_1 массы, а также угла β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат, возникающего в процессе снятия доильного аппарата с молочной железы коровы [162, 163, 164]. Для этого были выполнены расчеты положения центра тяжести по теоретическим уравнениям (2.41) и (2.42), и эмпирическим уравнениям (4.1) и (4.4) (Приложение 3). Доказательством правильности рассматриваемых теоретических положений относительно зависимости положения центра тяжести мобильного агрегата от массы доильного аппарата, его положения на траектории движения и направления действия опрокидывающего момента, воздействующего на аг-

регат в процессе снятия доильного аппарата с вымени коровы, является то, что при расчетном значении F – критерия Фишера, равном 2,79...2,94, его табличное значение - 3,13.

Как свидетельствуют результаты эксперимента увеличение массы эталонных гирь в интервале от 0 до 4 кг, имитирующих вертикальную составляющую веса доильного аппарата, формируемую в процессе его движения в начальной точке траектории при снятии с вымени коровы при различном его начальном удалении от агрегата, вызывает смещение центра тяжести на величину от 0 до 0,0081 м. Причем, максимальное смещение центра тяжести мобильного агрегата по оси X достигается при угле β поворота поворотного рычага пневмоцилиндра равном нулю, а максимальное смещение центра тяжести мобильного агрегата по оси Y достигается при угле β , равном 1,57 рад.

4.3 Результаты исследования устойчивости от опрокидывания мобильного агрегата для доения коров

Для исследования устойчивости от опрокидывания мобильного агрегата для доения коров методикой исследований, изложенной в разделе 3.3, предусматривалось изучение и установление закономерности изменения реакции на опорах шасси агрегата, меняющихся в зависимости от удаления (a) доильного аппарата в начальный момент и по траектории его движения, а также угла β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат, возникающего в процессе снятия доильного аппарата с молочной железы коровы.

Исследования проводили для доильного аппарата, масса которого составляет 4 кг и он находится на удалении от точки подвеса на поворотном рычаге пневмоцилиндра – 1,5 м [149, 153, 154].

Полученные данные, после их обработки на ЭВМ с использованием программы Excel, были использованы при подготовке уравнений регрессии, характеризующих характер изменения реакций на опорах шасси агрегата, обусловленный меняющейся нагрузкой на опоры шасси агрегата в процессе движения доильного аппарата по траектории, исключаяющей его контакт с полом стойла коровы.

Для условия, что s_1 - расстояние от платформы до поршня, при крайнем нижнем его положении, равно 0,1 м; s_2 - отклонение по высоте хвостовика относительно поршня, при крайнем верхнем его положении, равно 0,1 м; s_3 - отклонение по высоте положения точки крепления троса к доильному аппарату относительно платформы тележки доильного агрегата, равно 0,1 м; k - коэффициент удлинения троса, равен 1,2, ход поршня пневмоцилиндра составляет 1,04 м, F_d - вес электродвигателя равен 54 Н; F_v - вакуумной аппаратуры равен 38 Н; F_a - платформы агрегата равен 250 Н; F_c - пневмоцилиндра равен 30 Н; F_{dv} - доильного ведра равен 50 Н; F_z - поворотного рычага равен 10 Н; x_1 - координата центра тяжести электродвигателя - 0,3 м; x_2 - вакуумной аппаратуры - 0,15 м; x_3 - платформы агрегата - 0,4 м; x_4 - пневмоцилиндра - 0,3 м; x_5 - доильного ведра - 0,4 м; l_z - длина поворотного рычага - 0,1 м, при направлении действия опрокидывающего момента, вызывающего догружение опоры А силами, возникающими в процессе снятия и движения доильного аппарата, уравнение регрессии в кодированном виде, характеризующее реакцию на опоре шасси А мобильного агрегата для доения коров имеет вид:

(4.10)

$$F_{OA} = 209,302 + 6,39x_1 - 26,453x_2 - 8,799x_1x_2 - 10,531x_1^2 - 84,257x_2^2,$$

где x_1 - текущее значение угла (α) положения доильного аппарата в кодированном виде;

x_2 - угол (β) поворота поворотного рычага пневмоцилиндра, характеризующий направление действия опрокидывающего момента в кодированном виде.

Адекватность эмпирического уравнения опытным данным оценивалась с использованием критерия Фишера (Приложение И). Как показывают результаты расчетов, гипотеза адекватности подтверждается. Для данного уравнения при расчетном значении F - критерия - 0,040, его табличное значение - 10,501. Коэффициент детерминации равен $R^2=0,945$. Коэффициенты при составляющих уравнения регрессии значимы.

В раскодированном виде данное уравнение можно представить как:

$$F_{OA} = 173,533 + 116,956\alpha + 95,885\beta - 14,01\alpha\beta - 65,819\alpha^2 - 34,178\beta^2, \quad (4.11)$$

где α - текущее значение угла (α) положения доильного аппарата, *рад.*;

β - угол (β) поворота поворотного рычага пневмоцилиндра, характеризующий направление действия опрокидывающего момента, *рад.*

В графическом представлении, визуально демонстрирующем характер зависимости реакции на опоре шасси А, уравнение (4.11) приведено на рисунке 4.7.

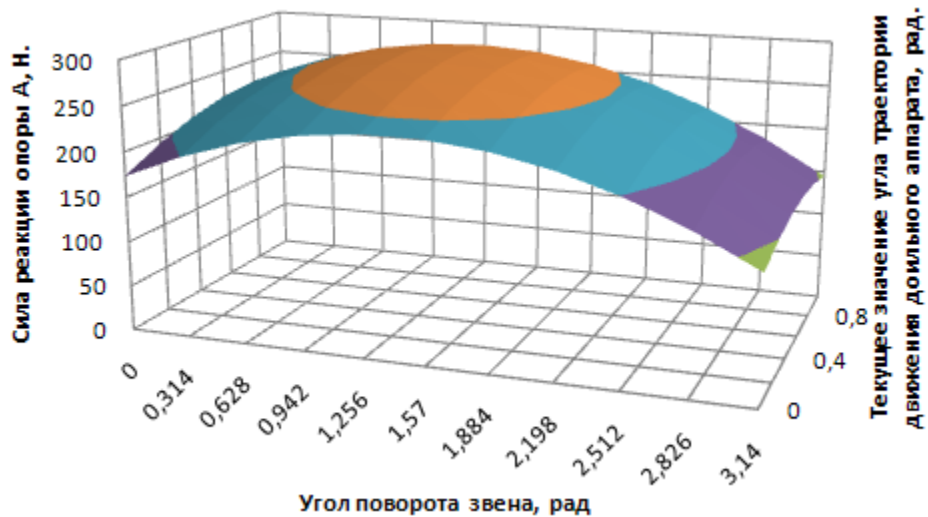


Рисунок 4.7 – Зависимость реакции на опоре шасси А мобильного агрегата от текущего угла (α) положения доильного аппарата на траектории движения и направления действия опрокидывающего момента

В то же время при направлении действия опрокидывающего момента, вызывающего догружение опоры шасси А силами, возникающими в процессе снятия и движения доильного аппарата, происходит разгрузка опоры В. Уравнение регрессии в кодированном виде, характеризующее реакцию на опоре В мобильного агрегата для доения коров имеет вид:

$$F_{OB} = 153,0368 - 6,3853x_1 - 26,5665x_2 - 8,8205x_1x_2 + 10,5247x_1^2 + 84,2156x_2^2. \quad (4.12)$$

Так же, как и в предыдущем случае, адекватность эмпирического уравнения опытным данным оценивалась с использованием критерия Фишера (Приложение И). Как показывают результаты расчетов, гипотеза адекватности подтверждается. Для данного уравнения F – критерий 0,040 – расчетное значение, 10,516 - таблич-

ное. Коэффициент детерминации равен $R^2=0,946$. Коэффициенты при составляющих уравнения регрессии значимы.

В раскодированном виде данное уравнение можно представить как:

$$F_{OB} = 213,8467 - 72,8472 \alpha - 115,7673\beta - 14,0444\alpha\beta + 65,7794 \alpha^2 + 34,1614\beta^2. \quad (4.13)$$

Графическая интерпретация данного уравнения приведена на рисунке 4.8. По мере изменения направления действия опрокидывающего момента, а также текущего угла (α) положения доильного аппарата на траектории его движения, меняется реакция и на опоре шасси O.

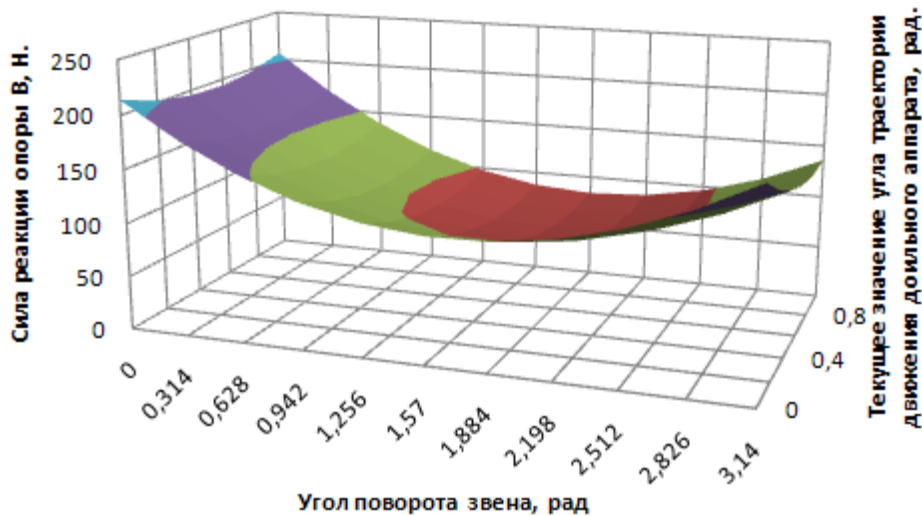


Рисунок 4.8 – Зависимость реакции на опоре шасси B мобильного агрегата от текущего угла (α) положения доильного аппарата на траектории движения и направления действия опрокидывающего момента

Эмпирическое выражение, характеризующее закономерность изменения искомого параметра в кодированном виде имеет вид:

$$F_O = 109,6607 - 0,0046x_1 + 53,0186x_2 + 17,6191x_1x_2 + 0,006x_1^2 + 0,0423x_2^2. \quad (4.14)$$

Адекватность эмпирического уравнения опытным данным подтверждена F-критерием Фишера (Приложение И). Для данного уравнения F – критерий 0,0217 – расчетное значение, 16,419 - табличное. Коэффициент детерминации равен $R^2=0,964$. Коэффициенты при составляющих уравнения регрессии значимы.

В раскодированном виде данное уравнение можно представить как:

$$y = 83,1335 - 44,1043\alpha + 16,8813\beta + 28,054\alpha\beta + 0,0375\alpha^2 + 0,0172\beta^2. \quad (4.15)$$

На рисунке 4.9 приведена данная зависимость в графическом виде.

По F – критерию Фишера, с использованием компьютерной программы, разработанной в Белгородском ГАУ, оценивалась адекватность теоретических и эмпирических моделей, характеризующих зависимость реакции на опорах шасси мобильного агрегата от текущего угла (α_t) положения доильного аппарата на траектории движения, а также угла β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат, возникающего в процессе снятия доильного аппарата с молочной железы коровы [162, 163, 164].

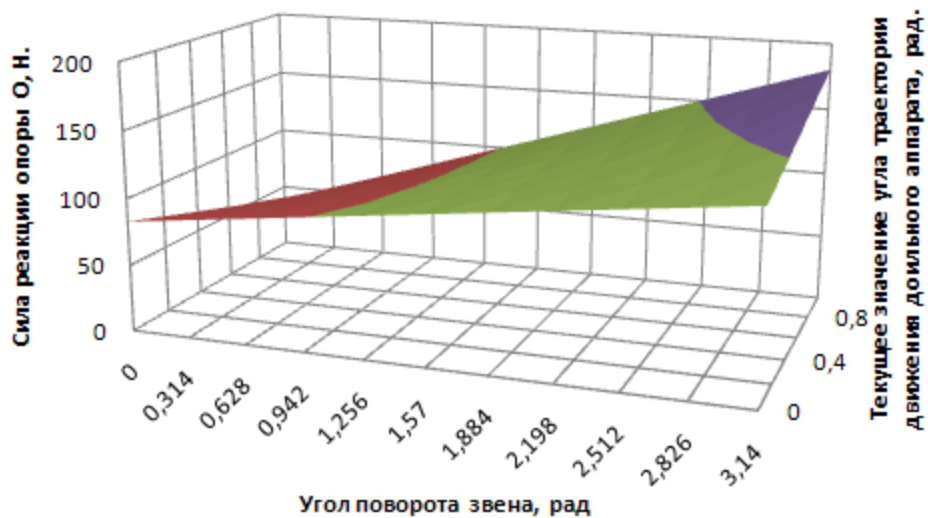


Рисунок 4.9 – Зависимость реакции на опоре шасси O мобильного агрегата от текущего угла (α_t) положения доильного аппарата на траектории движения и направления действия опрокидывающего момента

Для этого были выполнены расчеты реакций на опорах шасси по теоретическим уравнениям (2.74), (2.75) и (2.77), и эмпирическим уравнениям (4.14) и (4.15) (Приложение И). Для данных уравнений F – критерий 1,10...1,72, – расчетное значение, 2,42 - табличное. Это подтверждает справедливость рассматриваемых теоретических положений относительно зависимости реакции на опорах шасси мобильного агрегата от текущего угла (α_t) положения доильного аппарата на траектории движения, а также угла β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат, возникающего в процессе снятия доильного аппарата с молочной железы коровы. В таком случае мы можем сказать, что при указанных конструктивных параметрах мобильного агрегата для доения коров и условиях проведения исследований по установлению характе-

ра изменения реакций на опорах шасси агрегата для догружаемой опоры шасси A силами, возникающими в процессе движения доильного аппарата в процессе снятия с искусственных сосков, характерным является наличие экстремума (максимума). Увеличение с последующим снижением реакции на опоре шасси A отмечается как по траектории движения доильного аппарата, так и по мере увеличения угла β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат. Максимум реакции на опоре шасси A , равный $277,4 \text{ Н}$ наблюдается при нахождении доильного аппарата в точке траектории с углом отклонения от вертикали $\alpha=0,8 \text{ рад}$ и угле β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат, равном $1,256 \text{ рад}$.

Синхронно с этим отмечается снижение с последующим увеличением реакции на опоре шасси B как по траектории движения доильного аппарата, так и по мере увеличения угла β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат. Минимум реакции на опоре шасси B , равный $79,65 \text{ Н}$ наблюдается при нахождении доильного аппарата в точке траектории с углом отклонения от вертикали, как и для опоры A - $\alpha=0,8 \text{ рад}$, но при угле β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат, равном $1,884 \text{ рад}$.

Сложный характер изменения носит реакция на опоре шасси O . При угле β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента, равном $1,57 \text{ рад}$, на всем протяжении траектории движения доильного аппарата реакция на опоре шасси O остается постоянной, равной $109,6 \text{ Н}$. В интервале от 0 до $1,57 \text{ рад}$ отмечается увеличение реакции на опоре O , а в интервале от $1,57$ до $3,14 \text{ рад}$, наоборот, уменьшение. Так, при угле β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента, равном $0,628 \text{ рад}$, по мере движения доильного аппарата реакция на опоре O увеличивается с $67,2 \text{ Н}$ до $93,7 \text{ Н}$, а при угле β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента, равном $2,198 \text{ рад}$, по мере движения доильного аппарата реакция на опоре O уменьшается с $137,9 \text{ Н}$ до $120,3 \text{ Н}$. Причем, по мере увеличения отклонения угла β от угла $1,57 \text{ рад}$ в ту или иную сторону интенсивность изменения реакции на опоре шасси O

по мере перемещения доильного аппарата растет. Минимум реакции на опоре шасси O , равный $37,21 \text{ Н}$ наблюдается при нахождении доильного аппарата в точке траектории с углом отклонения от вертикали, как и для опоры A - $\alpha_r=0,8 \text{ рад}$, но при угле β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента, равном 0 .

На основании установленной закономерности варьирования реакции на опорах мобильного агрегата для доения коров в зависимости от текущего угла (α) положения доильного аппарата на траектории движения, а также угла β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат, возникающего в процессе снятия доильного аппарата с молочной железы коровы в программе Excel с использованием уравнений (2.80), (2.81) и (2.82), приведенных теоретической части (Глава 2), а также в методике исследований, приведенной в разделе 3.3, нами получены уравнения регрессии, характеризующие зависимость коэффициента устойчивости агрегата от реакции на опорах, регламентируемых углом (α) положения доильного аппарата на траектории движения, а также угла β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат.

При оценке устойчивости агрегата по реакции на опоре B нами получено уравнение регрессии в кодированном виде, которое имеет вид:

$$K_{yb} = 4.1414 - 1,2495x_1 - 2,085x_2 + 0,5618x_1x_2 + 1,5943x_1^2 + 3,163x_2^2, \quad (4.16)$$

где K_{yb} – коэффициент устойчивости агрегата, оцениваемый по реакции на опоре B .

Адекватность эмпирического уравнения опытным данным подтверждена F-критерием Фишера (Приложение И). Для данного уравнения табличное значение F – критерия – $12,174$, расчетное значение - $0,033$. Коэффициент детерминации равен $R^2=0,953$. Коэффициенты при составляющих уравнения регрессии значимы.

В раскодированном виде его можно представить как:

$$K_{yb} = 16,2049 - 16,845\alpha - 8,6252\beta + 1,118\alpha\beta + 9,96\alpha^2 + 2,0041\beta^2. \quad (4.17)$$

На рисунке 4.10 приведена данная зависимость в графическом виде.

Оценку устойчивости агрегата по реакции на опоре O мы оценивали при условии, что опрокидывающий момент, действующий на агрегат, направлен вдоль оси X , как наиболее опасном для устойчивости агрегата направлении. В результате нами получено уравнение регрессии, которое имеет вид:

$$K_{y0} = 8,7958 - 36,0311 \alpha + 69,9947 \alpha^2 - 62,9923 \alpha^3 + 21,9679 \alpha^4 \quad (4.18)$$

где K_{y0} – коэффициент устойчивости агрегата, оцениваемый по реакции на опоре O .

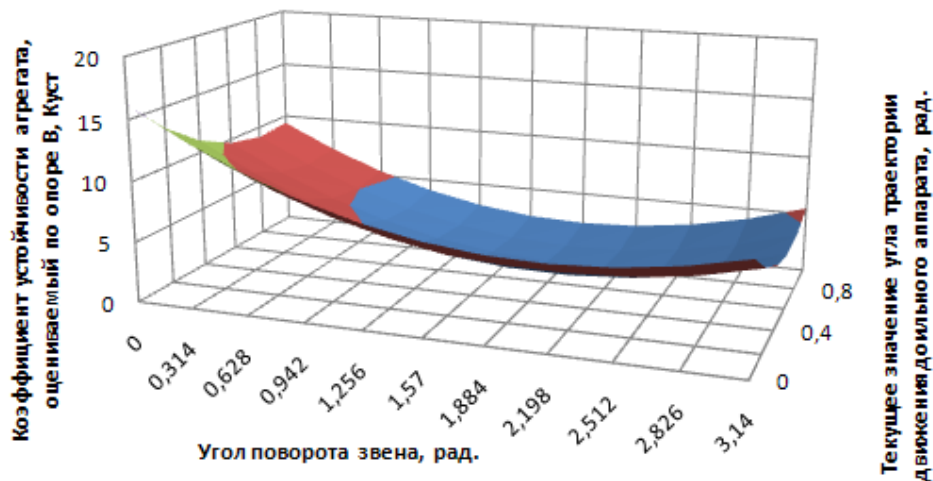


Рисунок 4.10 – Зависимость коэффициента устойчивости агрегата, оцениваемой по реакции на опоре B , регламентируемой текущим углом (α) положения доильного аппарата на траектории движения и направления действия опрокидывающего момента

На рисунке 4.11 приведена данная зависимость в графическом виде.

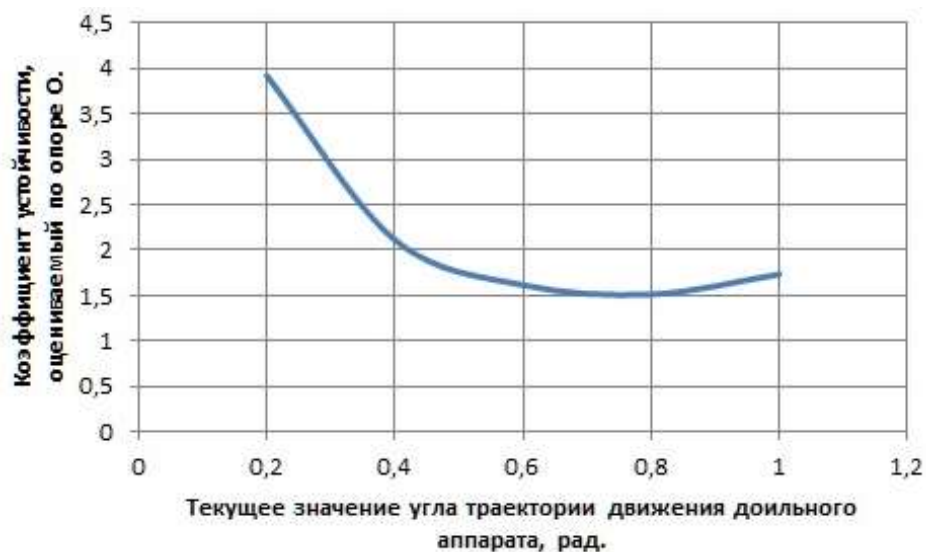


Рисунок 4.11 – Зависимость коэффициента устойчивости агрегата, оцениваемой по реакции на опоре О, регламентируемой текущим углом (α) положения доильного аппарата на траектории движения

По F – критерию Фишера, с использованием компьютерной программы, разработанной в Белгородском ГАУ, оценивалась адекватность теоретических и эмпирических моделей, характеризующих зависимость коэффициента устойчивости мобильного агрегата от реакции на опорах, регламентируемой текущим углом (α) положения доильного аппарата на траектории движения, а также углом β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат, возникающего в процессе снятия доильного аппарата с молочной железы коровы [162, 163, 164]. Для этого в программе Excel были выполнены расчеты коэффициентов устойчивости агрегата по теоретическим уравнениям (2.80), (2.81) и (2.82), и эмпирическим уравнениям (4.17) и (4.18) (Приложение И). Доказательством верности рассматриваемых теоретических положений относительно зависимости коэффициента устойчивости агрегата от реакции на опорах шасси мобильного агрегата, которая в свою очередь зависит от текущего угла (α) положения доильного аппарата на траектории движения, а также угла β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат, возникающего в процессе снятия доильного аппарата с молочной железы коровы, является то, что табличное значение F – критерия Фишера равно 2,42...5,96, а фактическое - 1,63...1,82.

Анализ результатов исследований показал, что при оценке коэффициента устойчивости мобильного агрегата по реакции на опоре шасси В установлено, что его минимальное значение составляет 1,651, которым обладает мобильный агрегат при угле β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента равном 1,884 рад. и угле (α) положения доильного аппарата на траектории движения равном 0,8 рад. При оценке коэффициента устойчивости мобильного агрегата по реакции на опоре шасси О установлено, что его минимальное значение составляет 1,513, которым обладает мобильный агрегат угле (α) положения доильного аппарата на траектории движения равном 0,8 рад. И в первом и во втором случае коэффициент устойчивости мобильного агрегата превышает значение

коэффициента устойчивости агрегата, равное 1,5, который закладывали в исходные данные при расчете и изготовлении экспериментального образца мобильного агрегата для доения коров. Этим самым подтверждается верность теоретических положений, касающихся расчета расстояния от первой опоры до линии опор А и В (опорных колес шасси агрегата), а также расстояния между опорами А и В (между опорными колесами). Из вышесказанного вытекает, что при конструктивных параметрах мобильного агрегата для доения коров, которые приведены выше, расстояние от первой опоры до линии опор А и В должно быть не менее 0,422 м, а расстояние между опорами А и В – не менее 0,262 м.

4.4 Результаты исследования силы, развиваемой на тросе пневмоцилиндром в зависимости от его диаметра и подаваемого вакуумметрического давления

Исследования выполняли на основе планирования факторного эксперимента [166...172].

Из теоретических исследований работы мобильного агрегата для доения коров следует, что на силу в тросе, развиваемую пневмоцилиндром, оказывают влияние как диаметр пневмоцилиндра, так и вакуумметрическое давление, подаваемое в пневмоцилиндр [149, 153, 154]. Полученные в результате сравнительных экспериментальных исследований данные, после их обработки с использованием программы Excel, легли в основу формирования эмпирической зависимости, увязывающей силу на тросе с используемым диаметром пневмоцилиндра снятия доильного аппарата с вымени коровы, а также вакуумметрическим давлением, подводимым к пневмоцилиндру. Уравнение в кодированном виде имеет вид:

$$F_t = 42,175 + 28,783x_{c1} + 14,13x_{p2} + 9,42x_{c1}x_{p2} - 0,00017x_{c1}^2 + 1,178x_{p2}^2 \quad (4.19)$$

где F_t – сила на тросе пневмоцилиндра, H ;

x_{c1} – диаметр пневмоцилиндра в кодированном виде;

x_{p1} – вакуумметрическое давление в кодированном виде.

Адекватность эмпирического уравнения опытным данным подтверждена F-критерием Фишера (Приложение К). Коэффициент детерминации равен $R^2=0,999$.

Малое расчетное значение t -статистики для переменной X_4 и большое значение P -значимости свидетельствует о незначимом отличии от нуля их коэффициентов. Остальные коэффициенты при составляющих уравнения регрессии значимы.

В таком случае эмпирическое уравнение приобретает вид:

$$F_t = 42,175 + 28,783x_{c1} + 14,13x_{p2} + 9,42x_{c1}x_{p2} + 1,178x_{p2}^2. \quad (4.20)$$

В раскодированном виде его можно представить как:

$$F_t = 41.4085 - 0.00136p_c - 1413.6d_c + 0.0471p_c d_c + 11780.0d_c^2, \quad (4.21)$$

где d_c – диаметр пневмоцилиндра, m ;

p_c – вакуумметрическое давление, Pa .

Визуализация данной зависимости дает наглядное представление ее характере (Рисунок 4.12).

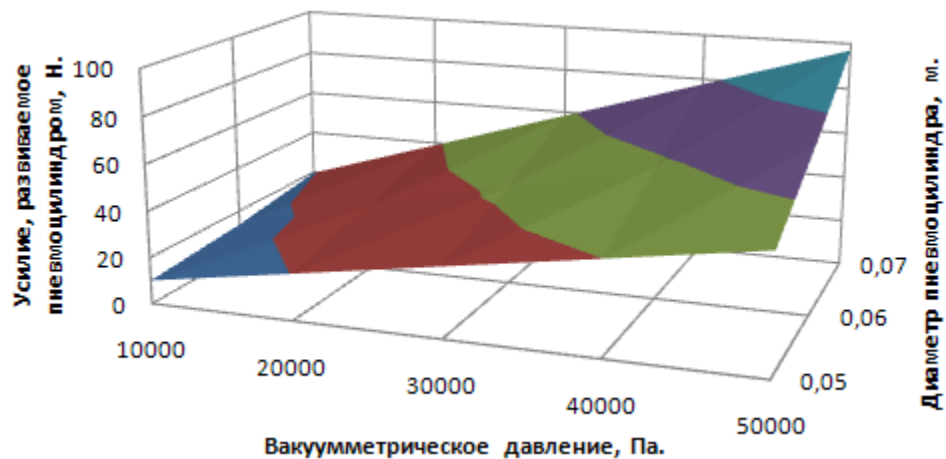


Рисунок 4.12 – Зависимость усилия на тросе от диаметра пневмоцилиндра и вакуумметрического давления, подводимого к пневмоцилиндру

По F – критерию Фишера, с использованием компьютерной программы, разработанной в Белгородском ГАУ (Приложение К), оценивалась адекватность теоретических и эмпирических моделей, характеризующих зависимость усилия на тросе от диаметра пневмоцилиндра и вакуумметрического давления подводимого к нему [162, 163, 164]. Для этого в программе Excel были выполнены расчеты силы на тросе с учетом теоретических уравнений (2.80), (2.81), (2.82) и (2.105), и эмпирическому уравнению (4.21) (Приложение К). Доказательством справедливости рассматриваемых теоретических положений относительно зависимости уси-

лия на тросе от диаметра пневмоцилиндра и вакуумметрического давления подводимого к нему является то, что табличное значение F – критерия Фишера составляет 3.13 при его расчетном значении - 1,04.

Из эмпирического уравнения следует, что с увеличением как диаметра пневмоцилиндра, так и вакуумметрического давления, подводимого к нему, сила на тросе растет. При увеличении диаметра пневмоцилиндра с 0,05 м до 0,07 и вакуумметрического давления с 10000 Па до 40000 Па сила на тросе увеличивается с 10,12 Н до 97,02 Н. Данная зависимость позволяет также определить диаметр и вакуумметрическое давление, при которых обеспечивается требуемая сила на тросе пневмоцилиндра. Так, если при массе доильного аппарата 4 кг и начальном удалении от мобильного агрегата 1,5 м по мере его движения в процессе снятия с вымени коровы по траектории, исключаяющей контакт доильного аппарата с полом стойла животного, натяжение троса увеличивается с 19,13 до 53,9 Н, то требуемая сила на тросе может быть достигнута при диаметре пневмоцилиндра 0,06 м и вакуумметрическом давлении не ниже 37500 Па, а при диаметре 0,07 м – вакуумметрическое давление, подводимое к пневмоцилиндру должно быть не менее 28000 Па.

4.5 Результаты исследования по установлению времени достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра мобильного агрегата для доения коров

Как предусмотрено методикой, изложенной в разделе 3.5, исследования по установлению времени достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра выполняли на основе планирования факторного эксперимента [166...172].

Из теоретических исследований рабочего процесса пневмоцилиндра мобильного агрегата для доения коров в период снятия доильного аппарата с вымени животного следует, что время достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра зависит от подаваемого вакуумметрического давления, объема вакууммируемой полости пневмоцилиндра, длины и диаметра патрубка,

посредством которого пневмоцилиндр подключен к источнику вакуумметрического давления [149, 153, 154]. Полученные результаты факторного эксперимента в полной мере подтвердили наличие связи между факторами и параметром оптимизации, которая достаточно точно описывается эмпирическим уравнением:

$$t = 0,73069 - 161,282d_t - 20,5568l_t - 0,000009P_{anom} - 58,5109V_p + 5890,003d_t l_t + 0,00304d_t P_{anom} - 81,9067d_t V_p + 10994,12V_p l_t + 2989980,0d V_p l_t + 0,005d_t P_{anom} V_p - 0,3257P_{anom} V_p l_t + 65,0d P_{anom} V_p l_t - 0,75d_t^2 + 58,9997l_t^2 + 29700,0V_p^2. \quad (4.22)$$

где t_v – время достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра, c ;

d_t – диаметр патрубка, m ;

l_t – длина патрубка, m ;

V_p – вакууммируемый объем пневмоцилиндра, m^3 ;

P_{anom} – вакуумметрическое давление, $Па$.

Поверхности отклика и их сечения по данному уравнению регрессии можно представить, зафиксировав на нулевом уровне два из четырех факторов согласно матрице, представленной в таблице 4.1 и варьируя остальные два фактора [169].

Таблица 4.1 - Матрица фиксирования факторов на нулевом уровне.

№	ФАКТОРЫ			
	d_t	l_t	P_{anom}	V_p
1.	+	+	0	0
2.	+	0	+	0
3.	+	0	0	+
4.	0	+	+	0
5.	0	+	0	+
6.	0	0	+	+

В первом варианте согласно таблице 3.10 $P_{anom} = 30000 \text{ Па}$, $V_p = 0,002 \text{ м}^3$.

В сокращенном виде уравнение регрессии (4.22) будет иметь вид:

$$t = 0,224470728 - 31,3720014d_t + 42,14544283l_t - 7192,70511d_t l_t - 0,75d_t^2 + 139,38223616l_t^2 \quad (4.23)$$

Поверхность отклика, характеризующая данное уравнение регрессии, и ее сечение приведены на рисунке 4.13.

Второй вариант: $l_t=0.02$ м, $V_p=0,002$ м³.

Уравнение регрессии:

$$t = 1,573911674 - 276,323493d_t - 0,0000097062P_{аном} + 0,0021711171d_tP_{аном} - 0,75d_t^2 + 0,00000000013P_{аном}^2. \quad (4.24)$$

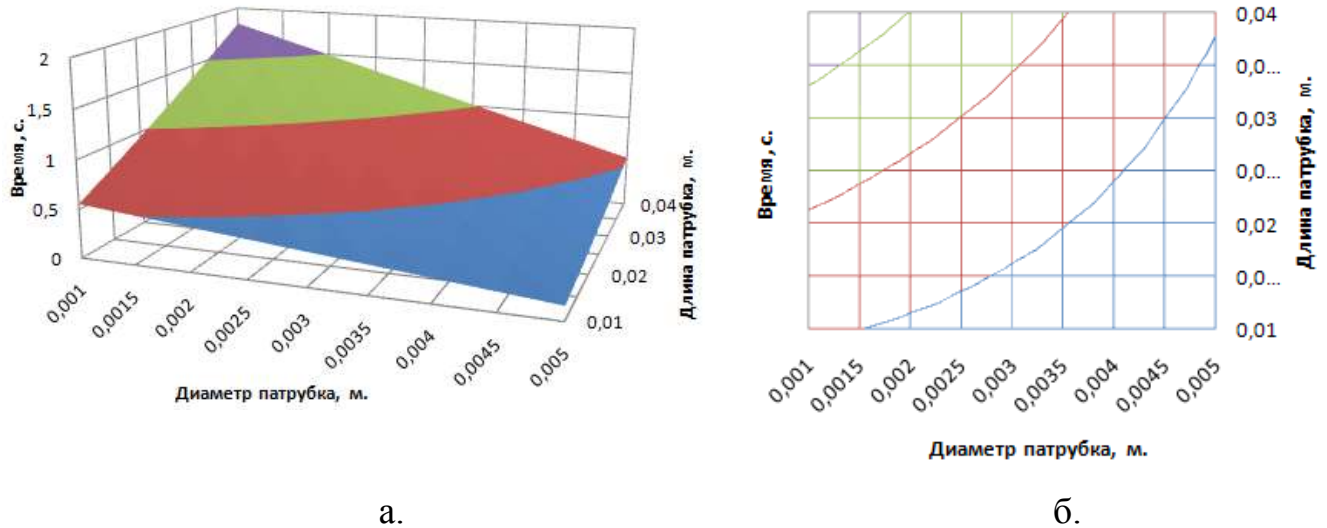


Рисунок 4.13 - Поверхность отклика (а.) и ее сечение (б.) варьирования диаметра d_t и длины l_t патрубка

Поверхность отклика, характеризующая данное уравнение регрессии, и ее сечение приведены на рисунке 4.14.

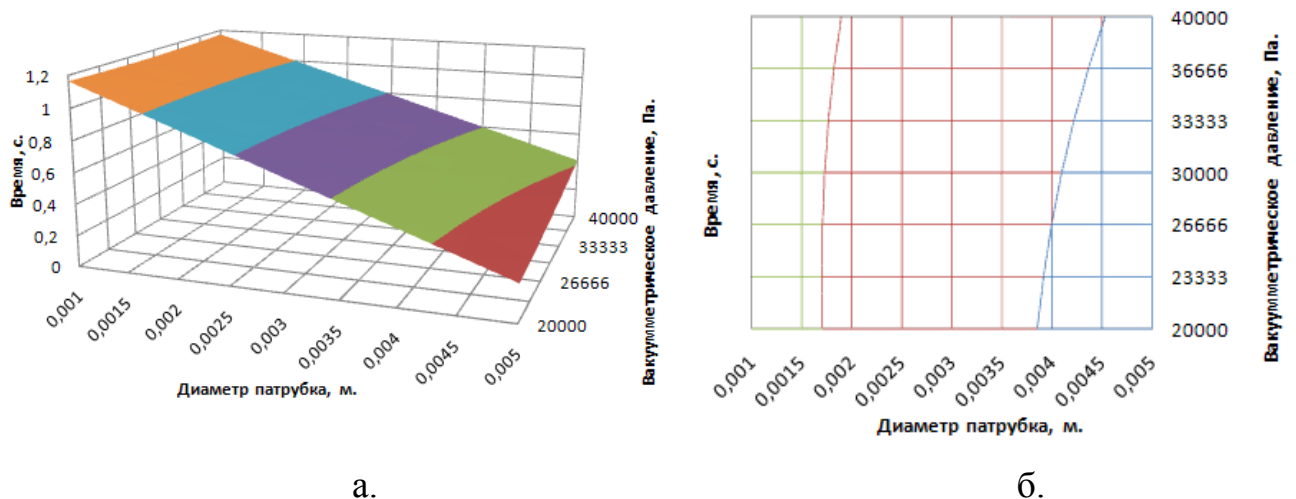


Рисунок 4.14 - Поверхность отклика (а.) и ее сечение (б.) варьирования диаметра патрубка d_t и вакуумметрического давления $P_{аном}$

Третий вариант: $l_t=0.02$ м, $P_{аном}=30000$ Па.

Уравнение регрессии:

$$t = 0.297539293 - 31.3723571d_t - 488.379679V_p - 89908.6356d_tV_p - 0,75d_t^2 + 31362V_p^2. \quad (4.25)$$

Поверхность отклика, характеризующая данное уравнение регрессии, и ее сечение приведены на рисунке 4.15.

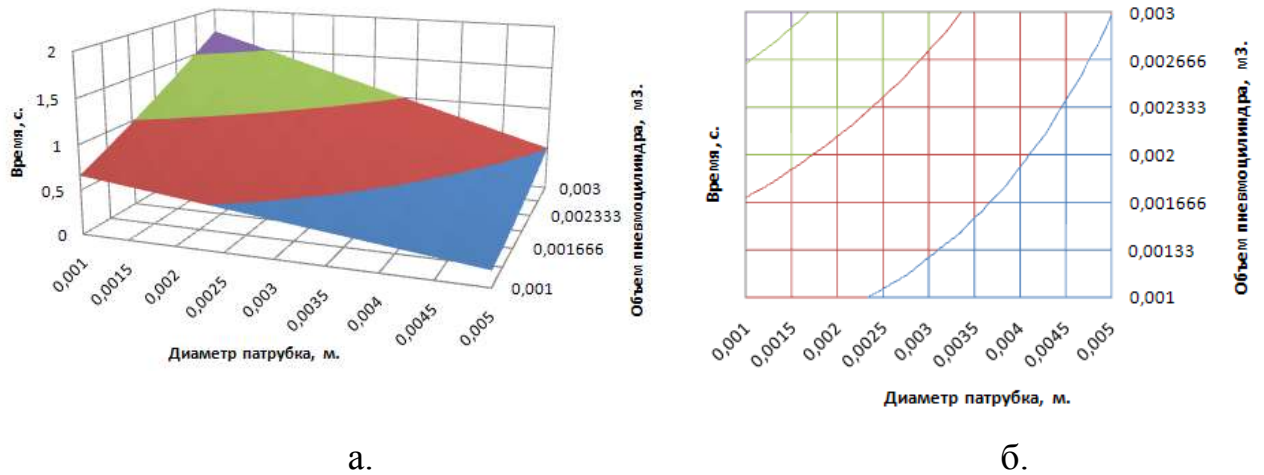


Рисунок 4.15 - Поверхность отклика (а.) и ее сечение (б.) варьирования диаметра патрубка d_t и объема пневмоцилиндра V_p .

Четвертый вариант: $d_t = 0.003$ м, $V_p = 0.002$ м³.

Уравнение регрессии:

$$t = 0.304486804 + 13.21838224l_t + 0.000000000079728P_{anom} + 0.000250795l_tP_{anom} + 139,38223616l_t^2 + 0,00000000013P_{anom}^2. \quad (4.26)$$

Поверхность отклика, характеризующая данное уравнение регрессии, и ее сечение приведены на рисунке 4.16.

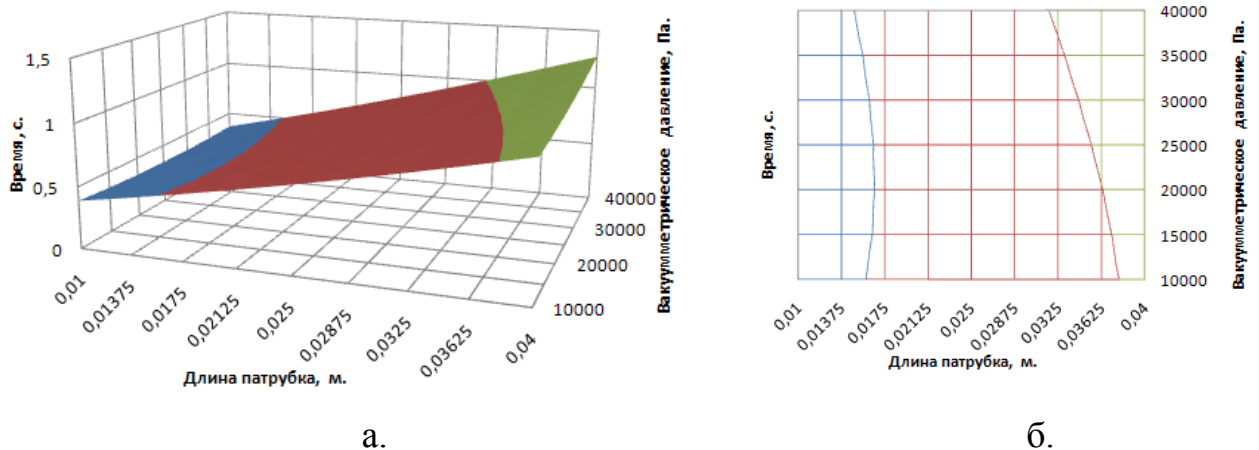


Рисунок 4.16 - Поверхность отклика (а.) и ее сечение (б.) варьирования длины патрубка l_t и вакуумметрического давления P_{anom}

Пятый вариант: $d_t = 0.003$ м, $P_{аном} = 30000$ Па.

Уравнение регрессии:

$$t = 0.254433155 - 6.90630394l_t - 124.76663V_p + 13736.81609l_tV_p + 139.38223616l_t^2 + 31362.0V_p^2. \quad (4.27)$$

Поверхность отклика, характеризующая данное уравнение регрессии, и ее сечение приведены на рисунке 4.17.

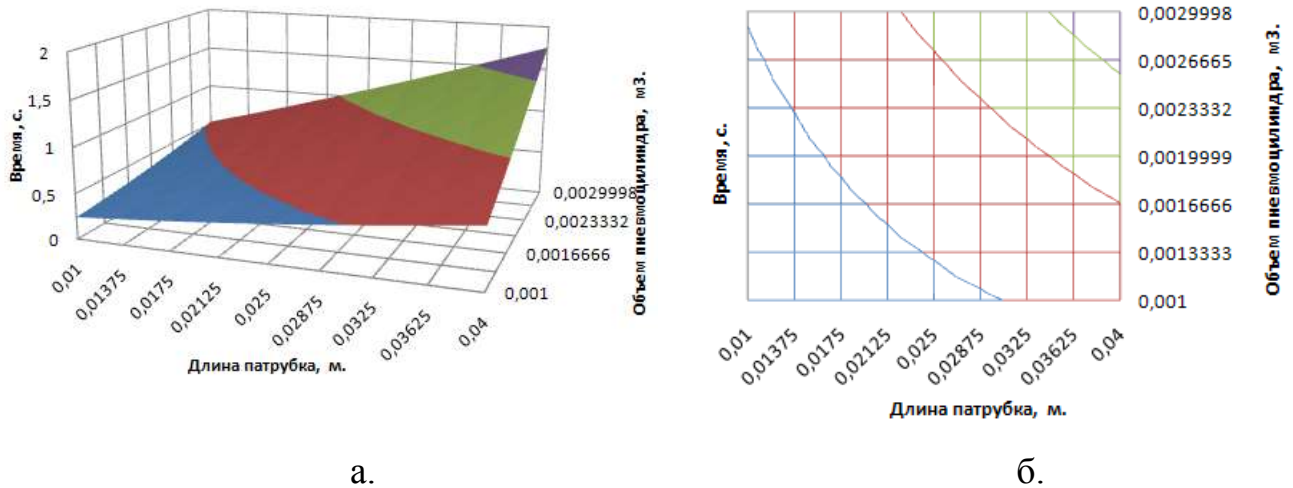


Рисунок 4.17 - Поверхность отклика (а.) и ее сечение (б.) варьирования длины патрубка l_t и объема пневмоцилиндра V_p

Шестой вариант: $d_t = 0.003$ м, $l_t = 0.02$ м.

Уравнение регрессии:

$$t = 0.234720164 - 0.00000970553P_{аном} + 71.80643119V_p + 0.002605443P_{аном}V_p + 0.00000000013P_{аном}^2 + 31362V_p^2. \quad (4.28)$$

Поверхность отклика, характеризующая данное уравнение регрессии, и ее сечение приведены на рисунке 4.18.

По F – критерию Фишера, с использованием компьютерной программы, разработанной в Белгородском ГАУ (Приложение Л), оценивалась адекватность теоретических и эмпирических моделей, характеризующих зависимость времени достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра от подаваемого вакуумметрического давления, объема вакууммируемой полости пневмоцилиндра, длины и диаметра патрубка, посредством которого пневмоцилиндр подключен к источнику вакуумметрического давления. [162, 163, 164]. Для

этого в программе Excel были выполнены расчеты времени по теоретическому уравнению (2.120) и эмпирическому уравнению (4.22) (Приложение Л).

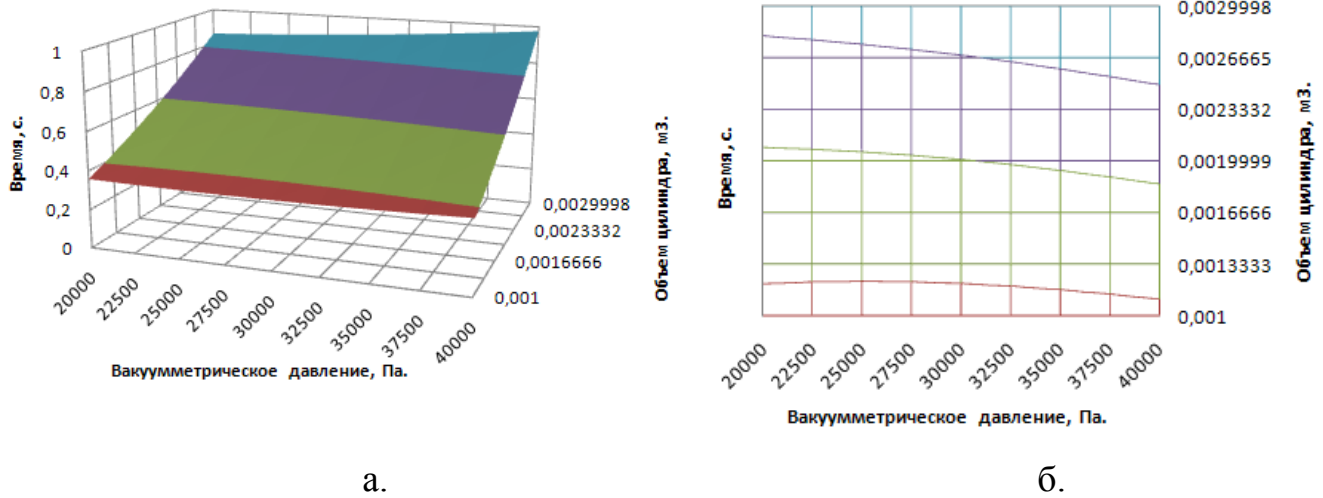


Рисунок 4.18 - Поверхность отклика (а.) и ее сечение (б.) варьирования вакуумметрического давления $P_{анот. и}$ и объема пневмоцилиндра V_p

Доказательством верности рассматриваемого теоретического положения относительно зависимости времени достижения заданного вакуумметрического давления от перечисленных конструктивно-режимных параметров пневмоцилиндра и патрубка является то, что при фактическом значении F – критерия Фишера, равном 2,25, его табличное значение составляет 2,42.

Из анализа эмпирического уравнения (4.22), построенного по результатам исследований процесса установления заданного вакуумметрического давления в пневмоцилиндре снятия доильного аппарата с вымени коровы, конструктивные параметры которого вытекают из конструктивных параметров мобильного агрегата: s_1 – расстояние от платформы до поршня, при крайнем нижнем его положении, равно 0,1 м; s_2 – отклонение по высоте хвостовика относительно поршня, при крайнем верхнем его положении, равно 0,1 м; s_3 – отклонение по высоте положения точки крепления троса к доильному аппарату относительно платформы тележки доильного агрегата, равно 0,1 м; k – коэффициент удлинения троса, равен 1,2, ход поршня пневмоцилиндра составляет 1,04 м, максимальное удаление доильного аппарата составляет 1,5 м, а его масса – 4 кг, можно сделать вывод о том, что с увеличением диаметра патрубка, сообщающего полость пневмоцилиндра с

источником вакуумметрического давления, время достижения заданного давления в пневмоцилиндре сокращается, и наоборот, при увеличении его длины – растет. Так, для вакууммируемого объема пневмоцилиндра, равном $0,002 \text{ м}^3$ и достигаемого вакуумметрического давления – 30000 Па , при длине патрубка $0,01 \text{ м}$ и его диаметре $0,001 \text{ м}$ требуемое время составляет $0,55 \text{ с}$, в то время как при диаметре патрубка $0,005 \text{ м}$ – $0,14 \text{ с}$. А при диаметре патрубка $0,001 \text{ м}$ но его длине $0,04 \text{ м}$, требуемое время уже составляет $1,81 \text{ с}$. В то же время растет время и с увеличением значения достигаемого вакуумметрического давления. Так, при диаметре патрубка $0,005 \text{ м}$, длине $0,02 \text{ м}$ и вакууммируемом объеме пневмоцилиндра $0,002 \text{ м}^3$ - вакуумметрическое давление 20000 Па достигается за $0,19 \text{ с}$, а 40000 Па - за $0,32 \text{ с}$. Увеличивается время достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра и с увеличением его вакууммируемого объема. Так, при длине патрубка $0,025 \text{ м}$, величине вакуумметрического давления 30000 Па и диаметре патрубка $0,001 \text{ м}$ увеличение объема пневмоцилиндра с $0,001$ до $0,003 \text{ м}^3$ вызывает увеличение требуемого времени с $0,66$ до $1,98 \text{ с}$, а при диаметре патрубка $0,005 \text{ м}$ – с $0,17$ до $0,51 \text{ с}$.

Данные исследования позволяют регламентируя время достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра, установить диаметр и длину патрубка, соединяющего полость пневмоцилиндра с источником вакуумметрического давления, обеспечивающий выполнение данного условия. Так, при указанных выше конструктивных параметрах мобильного агрегата для доения коров для обеспечения снятия доильного аппарата с вымени животного, минимальное время движения которого по траектории, исключаяющей его контакт с полом стойла коровы, наблюдается при его удалении $0,5 \text{ м}$ и составляет $0,428 \text{ с}$, для достижения в указанный промежуток времени в полости пневмоцилиндра вакууммируемым объемом $0,003 \text{ м}^3$ вакуумметрического давления 37500 Па при длине патрубка $0,01 \text{ м}$ его диаметр должен быть не менее $0,0022 \text{ м}$, а при длине $0,03 \text{ м}$ – не менее $0,0038 \text{ м}$.

Выводы

1. Теоретическими и экспериментальными исследованиями доказано, что при снятии с вымени коровы доильного аппарата с увеличением как его массы, так и начального удаления от доильного агрегата, сила натяжения троса возрастает и достигает максимума в нижней точке траектории движения. Так, при конструктивных параметрах мобильного агрегата: s_1 - расстояние от платформы до поршня, при крайнем нижнем его положении, равно 0,1 м; s_2 - отклонение по высоте хвостовика относительно поршня, при крайнем верхнем его положении, равно 0,1 м; s_3 - отклонение по высоте положения точки крепления троса к доильному аппарату относительно платформы тележки доильного агрегата, равно 0,1 м; k – коэффициент удлинения троса, равен 1,2, ход поршня пневмоцилиндра составляет 1,04 м, максимальное удаление доильного аппарата составляет 1,5 м, при массе доильного аппарата 3 кг и начальном удалении 1,5 м, по мере его движения в процессе снятия с вымени коровы при указанных выше конструктивных параметрах пневмоцилиндра снятия и доильного агрегата в целом, натяжение троса увеличивается с 14,34 до 40,43 Н, а при массе доильного аппарата 4 кг – с 19,13 до 53,9 Н.

2. Установлено, что с увеличением удаления доильного аппарата от мобильного агрегата, время его движения в нижнюю точку траектории при снятии с вымени коровы увеличивается. Так, при удалении доильного аппарата от мобильного агрегата на 0,5 м время его движения в нижнюю точку траектории составляет 0,42 с, в то время как при удалении 1,5 м – 0,65 с.

3. Как свидетельствуют результаты эксперимента, при весе электродвигателя 54 Н, вакуумной аппаратуры 38 Н, платформы агрегата 250 Н, пневмоцилиндра 30 Н, доильного ведра 50 Н, поворотного рычага 10 Н и координатах центра тяжести по оси X электродвигателя 0,3 м, вакуумной аппаратуры 0,15 м, платформы агрегата 0,4 м, пневмоцилиндра 0,3 м, доильного ведра 0,4 м, поворотного рычага 0,1 м, увеличение массы эталонных гирь в интервале от 0 до 4 кг, имитирующих вертикальную составляющую веса доильного аппарата, формируемую в процессе его движения в начальной точке траектории при снятии с вымени коровы при

различном его начальном удалении от агрегата, вызывает смещение центра тяжести на величину от 0 до 0,0081 м. Причем, максимальное смещение центра тяжести мобильного агрегата по оси X достигается при угле β поворота поворотного рычага пневмоцилиндра равном нулю, а максимальное смещение центра тяжести мобильного агрегата по оси Y достигается при угле β , равном 1,57 рад. По F – критерию Фишера оценивалась адекватность теоретических и эмпирических моделей, характеризующих зависимость положения центра тяжести агрегата по оси X и Y от вертикальной составляющей F_y веса доильного аппарата, а также угла β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат, возникающего в процессе снятия доильного аппарата с молочной железы коровы.

4. Доказано, что при указанных конструктивных параметрах мобильного агрегата для доения коров и условиях проведения исследований по установлению характера изменения реакций на опорах шасси агрегата для догружаемой опоры шасси A силами, возникающими в процессе движения доильного аппарата в процессе снятия с искусственных сосков, характерным является наличие экстремума (максимума). Увеличение с последующим снижением реакции на опоре шасси A отмечается как по траектории движения доильного аппарата, так и по мере увеличения угла β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат. Максимум реакции на опоре шасси A , равный 277,4 Н наблюдается при нахождении доильного аппарата в точке траектории с углом отклонения от вертикали $\alpha_i=0,8$ рад и угле β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат, равном 1,256 рад.

Синхронно с этим отмечается снижение с последующим увеличением реакции на опоре шасси B как по траектории движения доильного аппарата, так и по мере увеличения угла β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат. Минимум реакции на опоре шасси B , равный 79,65 Н наблюдается при нахождении доильного аппарата в точке траектории с углом отклонения от вертикали, как и для опоры A - $\alpha_i=0,8$ рад, но при угле β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мо-

бильный агрегат, равном $1,884 \text{ рад}$. Сложный характер изменения носит реакция на опоре шасси O . При угле β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента, равном $1,57 \text{ рад}$, на всем протяжении траектории движения доильного аппарата реакция на опоре шасси O остается постоянной, равной $109,6 \text{ Н}$. В интервале от 0 до $1,57 \text{ рад}$ отмечается увеличение реакции на опоре O , а в интервале от $1,57$ до $3,14 \text{ рад}$, наоборот, уменьшение. Так, при угле β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента, равном $0,628 \text{ рад}$, по мере движения доильного аппарата реакция на опоре O увеличивается с $67,2 \text{ Н}$ до $93,7 \text{ Н}$, а при угле β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента, равном $2,198 \text{ рад}$, по мере движения доильного аппарата реакция на опоре O уменьшается с $137,9 \text{ Н}$ до $120,3 \text{ Н}$. Причем, по мере увеличения отклонения угла β от угла $1,57 \text{ рад}$. в ту или иную сторону интенсивность изменения реакции на опоре шасси O по мере перемещения доильного аппарата растет. Минимум реакции на опоре шасси O , равный $37,21 \text{ Н}$ наблюдается при нахождении доильного аппарата в точке траектории с углом отклонения от вертикали, как и для опоры A - $\alpha_t=0,8 \text{ рад}$, но при угле β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат, равном 0 .

5. Анализ результатов исследований показал, что при указанных выше конструктивных параметрах агрегата при оценке коэффициента его устойчивости по реакции на опоре шасси B установлено, что его минимальное значение составляет $1,651$, которым обладает мобильный агрегат при угле β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента равном $1,884 \text{ рад}$ и угле (α_t) положения доильного аппарата на траектории движения равном $0,8 \text{ рад}$. При оценке коэффициента устойчивости мобильного агрегата по реакции на опоре шасси O установлено, что его минимальное значение составляет $1,513$, которым обладает мобильный агрегат угле (α_t) положения доильного аппарата на траектории движения равном $0,8 \text{ рад}$. И в первом и во втором случае коэффициент устойчивости мобильного агрегата превышает значение коэффициента устойчивости агрегата, равное $1,5$, который закладывали в исходные данные при расчете и изготовлении экспериментального образца мобильного агрегата для доения коров.

Этим самым подтверждается верность теоретических положений, касающихся расчета расстояния от первой опоры до линии опор A и B (опорных колес шасси агрегата), а также расстояния между опорами A и B (между опорными колесами). Из вышесказанного вытекает, что при конструктивных параметрах мобильного агрегата для доения коров, которые приведены выше, расстояние от первой опоры до линии опор A и B должно быть не менее $0,422$ м, а расстояние между опорами A и B – не менее $0,262$ м.

6. Анализ эмпирического уравнения свидетельствует о том, что с увеличением как диаметра пневмоцилиндра, так и вакуумметрического давления, подводимого к нему, сила на тросе растет. При увеличении диаметра пневмоцилиндра с $0,05$ м до $0,07$ и вакуумметрического давления с 10000 Па до 40000 Па сила на тросе увеличивается с $10,12$ Н до $97,02$ Н. Данная зависимость позволяет также определить диаметр и вакуумметрическое давление, при которых обеспечивается требуемая сила на тросе пневмоцилиндра. Так, если при массе доильного аппарата 4 кг и начальном удалении от мобильного агрегата $1,5$ м по мере его движения в процессе снятия с вымени коровы по траектории, исключаяющей контакт доильного аппарата с полом стойла животного, натяжение троса увеличивается с $19,13$ до $53,9$ Н, то требуемая сила на тросе может быть достигнута при диаметре пневмоцилиндра $0,06$ м и вакуумметрическом давлении не ниже 37500 Па, а при диаметре $0,07$ м – вакуумметрическое давление, подводимое к пневмоцилиндру, должно быть не менее 28000 Па.

7. Из анализа эмпирического уравнения (4.29), построенного по результатам исследований процесса установления заданного вакуумметрического давления в пневмоцилиндре снятия доильного аппарата с вымени коровы, конструктивные параметры которого вытекают из конструктивных параметров мобильного агрегата, можно сделать вывод о том, что с увеличением диаметра патрубка, сообщающего полость пневмоцилиндра с источником вакуумметрического давления, время достижения заданного давления в пневмоцилиндре сокращается, и наоборот, при увеличении его длины – растет. Так, для вакууммируемого объема пневмоцилиндра, равном $0,002$ м³ и достигаемого вакуумметрического давления – 30000 Па,

при длине патрубка 0,01 м и его диаметре 0,001 м требуемое время составляет 0,55 с, в то время как при диаметре патрубка 0,005 м – 0,14 с. А при диаметре патрубка 0,001 м но его длине 0,04 м, требуемое время уже составляет 1,81 с. В то же время растет время и с увеличением значения достигаемого вакуумметрического давления. Так, при диаметре патрубка 0,005 м, длине 0,02 м и вакууммируемом объеме пневмоцилиндра 0,002 м³ - вакуумметрическое давление 20000 Па достигается за 0,19 с, а 40000 Па - за 0,32 с. Увеличивается время достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра и с увеличением его вакууммируемого объема. Так, при длине патрубка 0,025 м, величине вакуумметрического давления 30000 Па и диаметре патрубка 0,001 м увеличение объема пневмоцилиндра с 0,001 до 0,003 м³ вызывает увеличение требуемого времени с 0,66 до 1,70 с, а при диаметре патрубка 0,005 м – с 0,17 до 0,5 с. Данные исследования позволяют регламентируя время достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра, установить диаметр и длину патрубка, соединяющего полость пневмоцилиндра с источником вакуумметрического давления, обеспечивающий выполнение данного условия. Так, при указанных выше конструктивных параметрах мобильного агрегата для доения коров, для обеспечения снятия доильного аппарата с вымени животного, минимальное время движения которого по траектории, исключаяющей его контакт с полом стойла коровы, наблюдается при его удалении 0,5 м и составляет 0,428 с, для достижения в указанный промежуток времени в полости пневмоцилиндра вакууммируемым объемом 0,003 м³ вакуумметрического давления 37500 Па, при длине патрубка 0,01 м, его диаметр должен быть не менее 0,0022 м, а при длине 0,03 м – не менее 0,0038 м.

5. ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ МОБИЛЬНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ДОЕНИЯ КОРОВ

5.1. Условия хозяйственных испытаний

Хозяйственные испытания создаваемого нами мобильного агрегата для доения коров выполняли с целью оценки результата его совершенствования, направленного на применение режима контроля завершения выведения молока из вымени коровы и снятия доильного аппарата с молочной железы при снижении общего потока молока по вымени ниже 200 мл/мин.



Рисунок 5.1 – Момент снятия доильного аппарата с вымени коровы по завершению процесса доения

Критерием оценки его технологического процесса служили затраты ручного труда на обслуживание агрегата в процессе доения коров. Полученные результаты испытаний сравнивали с аналогичными показателями технологического процесса машинного доения коров, реализуемого мобильным доильным агрегатом АИД-1. Опыт проводили в хозяйстве «Общество с ограниченной ответственностью юридическая компания «Мост»» и в крестьянском (фермерском) хозяйстве «КФХ Григоров Максим Владимирович»,

Важные конструктивные элементы экспериментального мобильного агрегата для доения коров – датчик потока молока, реагирующий на изменение его интен-

сивности, обладающий возможностью отключения доильного аппарата от молокоприемной емкости, доильного ведра, при снижении потока молока по вымени ниже 200 мл/мин, и выработки управляющего сигнала подачи в вертикально установленный на шасси агрегата пневмоцилиндр вакуумметрического давления для снятия доильного аппарата с вымени коровы. (Рисунок 5.1) (Приложение Б), (Приложение В) [144, 145, 146]. Этим исключается необходимость присутствия оператора для текущего контроля процесса доения, завершения доения и снятия доильного аппарата с вымени, чем достигается повышение производительности труда персонала, обслуживающего агрегат.

5.2. Методика испытания

Экспериментальный мобильный агрегат для доения коров подвергали испытаниям в условиях фермерского хозяйства для подтверждения его преимущества по сравнению с широко известным агрегатом для доения коров АИД-1.

В соответствии с методикой ускоренных испытаний доильного оборудования исследования осуществлялись в течение 90 суток [173, 174, 175]. Для этого были сформированы две группы коров черно-пестрой породы по 9 голов в каждой со средней молочной продуктивностью 6450 кг молока за лактацию с предварительной оценкой на пригодность к машинному доению с учетом морфофункциональных свойств вымени. Животных подбирали со средней массой 625 кг с небольшим расхождением - ± 55 кг, на третьей лактации. В период выполнения сравнительных испытаний животных содержали в идентичных условиях.

Перечень изучаемых параметров приведен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Перечень изучаемых параметров в сравнительных испытаниях доильного оборудования

№	НАИМЕНОВАНИЕ ПАРАМЕТРА
1.	Продолжительность машинного додаивания, заключительного массажа и снятия доильных стаканов
2.	Продолжительность доения

3.	Затраты ручного труда на обслуживание коровы и доение
----	---

В процессе выполнения исследований в соответствии с правилами машинного доения коров перед установкой доильных аппаратов на вымя коровы для стимуляции молокоотдачи вымя подмывали подогретой до 40...45⁰С водой на протяжении 30...40 с, затем сдаивали первые струйки молока и только потом устанавливали доильный аппарат [176, 177]. В контрольной группе продолжалось наблюдение за процессом доения и при снижении потока молока ниже 200 мл/мин, субъективно оценивая его интенсивность, оператор сначала осуществлял машинный додой, а затем снимал доильный аппарат с сосков вымени. В экспериментальной группе контроль интенсивности потока молока и снятие доильного аппарата с вымени коровы осуществлялось в автоматическом режиме.

Длительность выполнения технологических операций при доении коров экспериментальным и базовым мобильным агрегатом фиксировали секундомером марки СОПр-1в-3-000 точностью измерения 0,1 с. Исследования проводили, повторяя измерения через 10 дней, в течение 90 дней.

Статистическая обработка и анализ результатов испытаний осуществляли методом вариационной статистики с оценкой достоверности различий полученных данных по *t*-критерию Стьюдента [162, 163, 164].

5.3. Результаты хозяйственных испытаний мобильного агрегата доения коров

В результате хозяйственных сравнительных испытаний выявлено, что экспериментальный мобильный агрегат для доения коров обладает определенными преимуществами перед серийным агрегатом АИД-1. Сравнительные данные по данному эксперименту приведены в таблице 5.2.

Процесс доения на первом этапе, до момента начала завершения доения, в обеих сравниваемых доильных машинах одинаков. Одинаков подготовительный период, включающий этапы подмыва вымени теплой водой, обтирание и стимулирующий массаж молочной железы, сдаивание первых струек молока из сосков

для очистки молочных каналов, а также сдаивание первых порций молока для последующего контроля на возникновение очагов поражения вымени маститом, и затем надевание доильных стаканов на соски вымени. Это занимает 50...60 с рабочего времени оператора.

Таблица 5.2 – Результаты сравнительных исследований экспериментального и базового мобильных агрегатов для доения коров

НАИМЕНОВАНИЕ ПАРАМЕТРА	ТИП АГРЕГАТА				t- критерий
	экспериментальный		АИД-1		
	x	S ₀	x	S ₀	
Продолжительность машинного додаивания, заключительного массажа и снятия доильных стаканов, с	-		55,1	1,544	-
Продолжительность доения, с	328,2	20,049	304,2	1,847	4,415
Затраты ручного труда на обслуживание коровы и доение, с	264,0	7,348	318,0	4,472	24,264

Затем оператор в течение 20...25 с осуществляет контроль за началом молокоотдачи коровы и последующей стабилизацией процесса доения. Следующая технологическая операция – машинный додой и снятие доильного аппарата с вымени коровы, выполняется только при обслуживании агрегата АИД-1, на которую уходит, как показывают результаты исследований, 55,1 с времени (Таблица 5.2) (Приложение М). Общие затраты времени при обслуживании доильного агрегата АИД-1 составляют 318,0 с против 264,0 с при обслуживании экспериментального мобильного агрегата, что также подтверждается t-критерием Стьюдента (Таблица 5.2) (Приложение М). Снижение затрат труда оператора машинного доения составляет 16,98%. Отмечается более длительный период доения коровы экспериментальным доильным аппаратом - 328,2 с, чем при доении агрегатом АИД-1 – 304,2. Это различие достоверно, что подтверждается t-критерием Стьюдента (Приложение М) Его фактическое значение равно 4,415.

А так как время обслуживания экспериментального доильного аппарата, с учетом времени контроля за началом молокоотдачи коровы и последующей ста-

билизацией процесса доения, меньше времени доения коровы, то оператор может обслуживать два экспериментальных мобильных доильных агрегата.

Таким образом, разработанный нами экспериментальный мобильный агрегат для доения коров, обладая достаточно высокими эксплуатационными показателями, вполне может заменить агрегат для доения коров АИД-1.

По итогам эксперимента, - 90 дней лактации, отмечается, что в результате использования экспериментального мобильного агрегата для доения коров в равнении с доильным агрегатом АИД-1 имеет место сокращение затрат времени на обслуживание одного агрегата на 16,98%, что позволяет оператору обслуживать два агрегата.

5.4. Экономическая эффективность мобильного агрегата для доения коров

При разработке новых технических средств, в частности доильных аппаратов для коров, необходимо обосновать целесообразность их последующего использования в производстве. Одним из показателей, который может служить критерием оценки их эффективности, является экономический эффект. Для унификации экономических расчетов и обеспечения сопоставимости полученных результатов с результатами оценки аналогичных машин, как правило, ориентируются на известные методики выполнения подобных вычислений [178, 179, 180, 181].

Эффект от использования разработанного нами мобильного агрегата для доения коров устанавливали, определяя достоверность различия значений исследуемых параметров, характеризующих рабочий процесс экспериментального агрегата и агрегата АИД-1, который выбран в качестве базового образца. При этом изучали показатели, оценивающие затраты времени оператором на выполнение операций по подготовке доильного оборудования к доению, подготовки животных, установки доильного аппарата и контроля за технологическим процессом, осуществления заключительных операций процесса машинного доения.

5.4.1. Расчет экономического эффекта экспериментального мобильного агрегата для доения коров

Расчет экономического эффекта от использования экспериментального мобильного агрегата для доения коров осуществляли с учетом приведенных затрат,

Данные для расчета изложены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Исходные данные для расчета годовой экономической эффективности и лимитной цены экспериментального мобильного агрегата для доения коров

Показатели	Един. измер.	Экспериментальный мобильный агрегат	АИД-1
1	2	4	3
Дойное стадо	гол.	20	20
Число устройств для доения	шт.	2	1
Продолжительность доения	с.	328,2	304,2
Кратность доения	раз/сут.	3	3
Число операторов	ч.	1	1
Затраты ручного труда на обслуживание коровы и доение	с	264,0	318,0
Мощность двигателя	кВт.	0,7	0,7
Стоимость устройства для доения	руб.	19500	18000
Амортизационные отчисления	%	16,6	16,6
Отчисления на текущий ремонт и уход	%	14,2	14,2
Часовая ставка оператора	руб.	133,86	

Снижение себестоимости молока при использовании экспериментального мобильного агрегата достигается за счет исключения технологической операции машинного дооя и снятия доильного аппарата по завершению доения коровы, тем самым уменьшая время ручных работ. Величину снижения себестоимости можно определить по уравнению:

$$\mathcal{E}_a = (Z_b - Z_n)G_n - [(C_b + H_k K_b) - (C_n + H_k K_n)]G_n, \quad (5.1)$$

где: \mathcal{E}_a – прибавка к прибыли, обеспечиваемая одним мобильным агрегатом в год от снижения трудоемкости, руб.;

Z_b, Z_n – суммарный расход средств в расчете на одну корову при доение агрегатом АИД-1 и экспериментальным мобильным агрегатом, руб.;

G_n – число доек, приходящееся в год на один экспериментальный мобильный агрегат для дойки коров, шт.;

C_b, C_n – прямые затраты средств на дойку коров агрегатом АИД-1 и экспериментальным мобильным агрегатом, руб.;

H_k – нормативный коэффициент капитальных вложений, $H_k = 0,15$;

K_b, K_n – удельный вес капитальных вложений в общей стоимости затрат на одну дойку при доении агрегатом АИД-1 и экспериментальным агрегатом.

где C_b и C_n :

$$C_b = t_{po1} B_{\text{ч}}; \quad C_n = t_{po2} B_{\text{ч}}, \quad (5.2)$$

где: t_{po1}, t_{po2} – трудоемкость операций при использовании агрегата АИД-1 и экспериментального мобильного агрегата, ч.;

$B_{\text{ч}}$ – тариф, р/ч.,

а K_b и K_n – как:

$$K_b = \frac{Z_b}{G_n}; \quad K_n = \frac{Z_n}{G_n}, \quad (5.3)$$

где: Z_b – стоимость экспериментального мобильного агрегата для доения коров, руб.;

Z_n – лимитная стоимость мобильного агрегата для доения коров, руб.

Лимитная стоимость экспериментального мобильного агрегата для доения коров:

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

где: α – коэффициент обновления агрегата АИД-1 при G_n доек;

l_b – эксплуатационные затраты по агрегату АИД-1;

l_n – эксплуатационные затраты по экспериментальному мобильному агрегату без учета амортизационных отчислений;

β – коэффициент снижения затрат, $\beta = 0,99$;

P_n – нормативный коэффициент эффекта капвложений, $P_n = 0,125$;

a_n – отчисления на амортизацию, $a_n = 0,14$.

Эксплуатационные l_b затраты по агрегату АИД-1:

$$l_b = I_b / G_n, \quad \text{или} \quad l_b = \frac{B_b + A_b}{G_n}, \quad (5.5)$$

где I_b – годовые эксплуатационные затраты, руб.;

G_n – годовой объем работ;

B_b – фонд оплаты труда, руб.;

A_b – амортизация и ремонт, руб.;

Амортизационные отчисления:

$$A_b = a_n (z_b + R_t), \quad (5.6)$$

где: R_t – торговые и транспортные расходы, руб.,

а фонд оплаты труда B_b определяют по равенству:

$$B_b = 1,18 t_{pol} B_n G_n. \quad (5.7)$$

Эксплуатационные расходы по экспериментальному мобильному агрегату (l_n):

$$l_n = I_n / G_n = B_n / G_n, \quad (5.8)$$

где:

$$B_n = 1,18 t_{po2} B_n G_n \quad (5.9)$$

Как следует из таблицы 5.4 внедряемый экспериментальный мобильный агрегат для доения коров обладает довольно высокими эксплуатационными и экономическими показателями.

Таблица 5.4 - Экономическая эффективность экспериментального мобильного агрегата для доения коров

Показатели	Един. Измер.	Экспериментальный доильный аппарат	АИД-1
1	2	4	3
Капитальные вложения	руб.	43875,0	20250,0

Эксплуатационные расходы:			
а) амортизац. отчисления	руб.	6474,0	2988,0
б) расходы на текущий ремонт и техходы	руб.	5538,0	2556,0
в) электроэнергия	руб.	5072,29	4815,48
Приведенные затраты	руб.	238644,7	272348,5
Годовой экономический эффект по приведенным затратам в расчете на 20 коров	руб.	33703,8	
Годовой экономический эффект по приведенным затратам в расчете на одну корову	руб.	1685,19	
Срок окупаемости	лет	0,52	

Доение коров экспериментальным мобильным агрегатом обеспечивает достижение экономического эффекта по приведенным затратам. Годовой эффект составляет 33703,8 рубля. В расчете на одну первотелку эта сумма составляет 1685,19 рубля.

Внедрение экспериментального мобильного агрегата для доения коров в хозяйстве «Общество с ограниченной ответственностью юридическая компания «Мост»» (Приложение Н), в крестьянском (фермерском) хозяйстве «КФХ Григоров Максим Владимирович» (Приложение О), позволило получить экономический эффект свыше 120,0 тысяч рублей в год.

Мобильный агрегат для доения коров на Российской агропромышленной выставке «Золотая Осень» в 2018 году награжден серебряной медалью (Приложение П).

Выводы

1. Машинный додой и снятие доильного аппарата с вымени коровы, выполняется только при обслуживании агрегата АИД-1, на которую уходит, как показывают результаты исследований, 55,1 с времени. Общие затраты времени при обслуживании доильного агрегата АИД-1 составляют 318 с против 264 с при обслуживании экспериментального мобильного агрегата, что подтверждается t-критерием Стьюдента. Отмечается более длительный период доения коровы экс-

периментальным доильным аппаратом - 328,2 с, чем при доении агрегатом АИД-1 – 304,2. Это различие достоверно, что подтверждается t-критерием Стьюдента. Его фактическое значение равно 4,415. А так как время обслуживания экспериментального доильного аппарата, с учетом времени контроля за началом молокоотдачи коровы и последующей стабилизацией процесса доения, меньше времени доения коровы, то оператор может обслуживать два экспериментальных мобильных доильных агрегата.

2. Годовой экономический эффект экспериментального мобильного агрегата для доения коров с учетом приведенных затрат, в расчете на 20 голов, составляет 33703,8 рубля, а на одну голову – 1685,19 рубля.

Внедрение мобильного агрегата для доения коров в хозяйствах Белгородской области позволило получить экономический эффект свыше 120,0 тысяч рублей в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ технологий машинного доения коров и известных конструкций доильного оборудования позволил установить, что для доения малочисленных групп животных в условиях фермерских хозяйств целесообразно использовать мобильные доильные агрегаты с вертикально установленным пневмоцилиндром снятия доильного аппарата с вымени по завершению процесса доения, управляемым датчиком потока молока.

2. Разработаны математические модели рабочего процесса мобильного агрегата для доения коров, устанавливающие зависимость его устойчивости от опрокидывания под воздействием момента, создаваемого доильным аппаратом при его снятии с молочной железы животного, направления действия опрокидывающего момента, конструктивных параметров агрегата, а также положения опор шасси мобильного агрегата. При оценке коэффициента устойчивости мобильного агрегата против опрокидывания по реакции на опоре шасси B установлено, что его минимальное значение составляет $1,651$, а по реакции на опоре шасси O - $1,513$. И в первом и во втором случае коэффициент устойчивости мобильного агрегата превышает значение коэффициента устойчивости агрегата, равное $1,5$, который закладывали в исходные данные при расчете и изготовлении экспериментального образца мобильного агрегата. При заданных конструктивных параметрах мобильного агрегата для доения коров расстояние от первой опоры до линии опор A и B должно быть не менее $0,422$ м, а расстояние между опорами A и B – не менее $0,262$ м.

3. Установлено, что ход поршня пневмоцилиндра снятия доильного аппарата с вымени коровы, при котором исключается контакт доильного аппарата с полом стойла при его перемещении с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории движения, зависит от расстояния от агрегата до доильного аппарата, установленного на вымени, и конструктивных параметров агрегата. Так для условия, что расстояние от платформы до поршня, при крайнем нижнем его положении, равно $0,1$ м; отклонение по высоте хвостовика относительно поршня, при крайнем верхнем его положении, равно $0,1$ м; отклонение по высоте положения точки

крепления троса к доильному аппарату относительно платформы тележки доильного агрегата, равно $0,1$ м; при максимальном расстоянии от точки крепления троса к доильному аппарату до положения хвостовика в горизонтальной плоскости $1,50$ м ход поршня должен быть не менее $1,04$ м.

4. Теоретическими и экспериментальными исследованиями доказано, что при увеличении массы доильного аппарата и начального его удаления от доильного агрегата, сила натяжения троса возрастает и достигает максимума в нижней точке траектории движения. При массе доильного аппарата 4 кг и начальном удалении $1,5$ м она составляет $53,9$ Н. Для управляемого снятия доильного аппарата с предупреждением его контакта с полом стойла коровы в нижней точке его траектории движения при диаметре пневмоцилиндра $0,06$ м вакуумметрическое давление должно быть не ниже $37,5$ кПа, а при диаметре $0,07$ м – не менее $28,0$ кПа.

5. Для обеспечения снятия доильного аппарата с вымени животного, минимальное время движения которого по траектории, исключаяющей его контакт с полом стойла коровы, наблюдается при его удалении $0,5$ м и составляет $0,428$ с, для достижения в указанный промежуток времени в полости пневмоцилиндра вакууммируемым объемом $0,003$ м³ вакуумметрического давления $37,5$ кПа при длине патрубка $0,01$ м его диаметр должен быть не менее $0,0022$ м, а при длине $0,03$ м – не менее $0,0038$ м.

6. Установлено, что в результате использования экспериментального мобильного агрегата для доения коров в сравнении с доильным агрегатом АИД-1 имеет место сокращение затрат времени на обслуживание одного агрегата на $16,98\%$, что позволяет оператору обслуживать два агрегата. Годовой экономический эффект экспериментального мобильного агрегата для доения коров с учетом приведенных затрат, в расчете на 20 голов, составляет $33703,8$ рубля, а на одну голову – $1685,19$ рубля. Внедрение мобильного агрегата для доения коров в хозяйствах Белгородской области позволило получить экономический эффект свыше $120,0$ тысяч рублей в год.

Рекомендации производству. Разработанный мобильный агрегат для доения коров, содержащий пневмоцилиндр снятия доильного аппарата с вымени коровы,

управляемый датчиком потока молока, рекомендуется к использованию для доения немногочисленных групп коров.

Перспективы дальнейшей разработки темы. Целесообразно продолжить исследования по разработке и обоснованию конструктивно-режимных параметров доильного аппарата с почетвертным управляемым режимом доения коров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Источник: <http://moneymakerfactory.ru/biznes-idei/biznes-na-zameschenii-importa/>
2. Гордиевских М.Л. Повышение эффективности машинного доения коров путем совершенствования технологического процесса и технических средств учета текущих физиологических потребностей животных. Автореф. дис. докт. техн. наук. – Челябинск, 2006. – 32 с.8.
3. Продивлянов А.В. Механизация и технология доения коров / А.В. Продивлянов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2013. – 36с.
4. Физиологические основы машинного доения: материалы III Всесоюз. симпозиума по физиологическим основам машинного доения. – Боровск/ ВАСХНИЛ. – Боровск, 1974.
5. Велиток И.Г. Машинное доение и раздой коров. – Киев: Урожай, 1967. - 167с.
6. Велиток И.Г. Молокоотдача при машинном доении коров. – М.: Московский рабочий, 1986.
7. Ведищев С.М. Механизация доения коров. – Тамбов: ТГТУ, 2006, 153с.
8. Аллабердин И.Л. Равномерность развития вымени коров симментальской породы //Увеличение производства молока и говядины в Башкирии и Татарии. 1984. - Вып.1. - С. 40-43.
9. Волошина Л.Н. Взаимосвязь соотношения удоев в четвертях вымени с периодом лактации и химическим составом молока у коров красной степной породы //Пути совершенствования племенных и продуктивных качеств жвачных животных: Межвузовский сб. научн. статей. - Кишинев, 1985. - С. 24-27.
10. Ревякин Е.Л. Материально-техническая база животноводства: состояние, проблемы, пути развития /Научно-технические проблемы механизации и автоматизации животноводства «Перспективные технологии и технические средства для животноводства: проблемы эффективности и ресурсосбережения». Подольск, 2003. Т.12, ч. 1, с. 8-18.

11. Цой Ю.А., Мишуров Н.П., Кирсанов В.В., Зеленцов А.И. Тенденции развития доильного оборудования за рубежом./ (Ан. обзор). – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2000. – 76 с.
12. Карташов Л.П. Машинное доение коров/ Л.П. Карташов – М.: Колос, 1982. – 301 с.
13. Ковалев, Е. Н. Профессиональная болезнь рук у доярок [Текст] : [Для врачей и сред. мед. персонала, обслуживающих работников молочно-товарных ферм] / Е. Н. Ковалев, А. В. Коченкова, В. Р. Рубцова. - Рязань : [б. и.], 1960. - 16 с. : ил.; 20 см.
14. Вакуумные управляемые пульсаторы, доильные автоматы и системы. монография. Винников И.К., Забродина О.Б., Бахчевников О.Н., Литвинов В.Н. Зеленоград, 2015.
15. Пейнович М.Л. Новое в физиологии лактации и доения / М.Л. Пейнович. Новосибирск: Зап. – Сиб. кн. изд-во, 1996.
16. Велиток И.Г. Технология машинного доения коров. – М.: Колос, 1975, 255с.
17. Королев В.Ф. Доильные машины. – М.: Машиностроение, 1969, 280 с.
18. Вальдман Э.К. Физиология машинного доения коров/ Э.К. Вальдман. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1977. – 191 с., ил.
19. Физиологические основы машинного доения: материалы III Всесоюз. симпозиума по физиологическим основам машинного доения. – Боровск/ ВАСХНИЛ. – Боровск, 1974.
20. Физиология сельскохозяйственных животных/ А.Н. Голиков, под ред. А.Н. Голикова. – М.: Агропромиздат, 1991 – 432 с.
21. Петухов Н.А., Петухов В.Н., Диденко А.А. Доильный аппарат, соответствующий физиологическим требованиям животного / Н.А. Петухов, В.Н.Петухов, А.А. Диденко // Достижения науки и техники АПК. – 2009. № 10. С. 44-46.
22. Петухов Н.А. Физические закономерности акта сосания у телят / Н.А. Петухов // Сиб. вест. с.-х. науки, - 1974.- №1. – С. 94-99.

23. Огородников П.И. Научно – технические основы повышения эффективности применения доильного оборудования в молочном животноводстве/ П.И. Огородников (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – М.: Колос, 1995 – 140 с.
24. Жестоканов О.П. Машинное доение и маститы у коров. – Материалы VIII (Всероссийского симпозиума по машинному доению сельскохозяйственных животных).- Оренбург, 1995. - С.140-141.
25. Захарян Ж.С. Продолжительность “холостого доения” и частота заболевания маститами. “Животноводство”, №8, 1972.
26. Afrosi et al. F. Pathologic changes in the Milk and Udder of Cows with Mastitis.// Jourae Amer. Vet. – Med. Assoc. Vol. 170, 1990. - № 10. – P. 1137 – 1142.
27. Carrole E. Enviomental Factors in Bovine Mastitis. //J. Amer. Med.-Vet. Assos. Vol. 170, 1999. - № 10. - P. 1143-1150.
28. Юлдашев Ф.Ф. Варианты вакуумного режима доения коров //Зоотехния, 1997. №9, с. 23 – 24.
29. Андрианов А.М. Локальные факторы защиты молочной железы от инфекции. – Ветеринария, 1997. - № 2. - С. 29.
30. Подберезный В.В., Полянцев Н.И. Мастит коров. - Таганрог, 2005. – 176 с.
31. Гордиевских М.Л. Контроль интенсивности выведения молока с помощью кольцевых датчиков электродов.- Техника в сельском хозяйстве, №4, 2006, с. 17-20.
32. Краснов И.Н. Новые принципы доения коров / И.Н. Краснов, Г.М. Марченко, В.Н. Скворцов // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2000, №5. – С. 40-42.
33. Королев В.Ф. Исследование основных параметров трехтактной доильной машины. // Труды Всесоюзного научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства. – М.: Сельхозгиз, 1952, т. 16.
34. Карташов Л.П., Курганов Ю.Ф. Машинное доение. – М.: Высшая школа, 1980, 421с.

35. Квашенников В.И. Теоретические основы диагностирования негерметичности молокопроводов доильных установок.- Техника в сельском хозяйстве, №4, 1995, с. 12-13.
36. Аксенов А.В. Разработка стимулирующего доильного аппарата, обоснование его рабочих параметров и методик испытаний. дис. канд. техн. наук / Аксенов А.В. – Оренбург, 1988 – 134 с.
37. Ульянов В.М. Конструкция и эксплуатация доильных аппаратов. // Монография – Рязань, 2012. – 112 с.
38. Ужик В.Ф. Исследование работы доильного аппарата с управляемым режимом доения/ В.Ф. Ужик – Белгородский СХИ. Белгород, 1988. – 9с.: ил. – Библиогр.: 3 назв. – Деп. во ВНИИТЭИ агропром, №217. – 88 с.
39. Гатин М.Г. Исследование и разработка доильного аппарата с усовершенствованными однокамерными стаканами. Автореф. дис. на соискание степени канд. техн. наук. – Казань, 1980, с. 21.
40. Админ Е.А., Совран В.П. Вакуумный режим под сосками коров при машинном доении. // Животноводство, 1971, №1, с. 42-44.
41. Базаров М.К., Ломакин В.И. Исследование доильного аппарата с автоматическим регулированием вакуума под соском. // Сб. науч. работ Саратовского сельскохозяйственного института, 1975, с. 34-38.
42. Бетин С.И. Современные доильные аппараты. // Молочное и мясное скотоводство, 1980, №8, с. 44-51.
43. Архангельский И.И. и др. О влиянии различных доильных установок на заболеваемость коров маститом. // Животноводство, 1964, №5, с. 57-59.
44. Бородин С.А., Андрианов А.А., Андрианов Е.А., Шацкий В.П. К анализу конструкций стимулирующих доильных аппаратов / С.А. Бородин, А.А. Андрианов, Е.А. Андрианов, В.П. Шацкий // В сборнике: Современные научно-практические решения XXI века. Материалы международной научно-практической конференции. Под общей редакцией В.И. Оробинского, В.Г. Козлова. 2016. С. 201-206.

45. К обоснованию конструктивно-технологической схемы многофункционального стимулирующего доильного аппарата / Бородин С.А., Андрианов Е.А., Андрианов А.А. // В сборнике: Роль аграрной науки в развитии АПК РФ. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию ФГБОУ ВО Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I. 2017. С. 214-219.

46. Бородин С.А., Андрианов А.А., Андрианов Е.А., Шацкий В.П. К анализу конструкций стимулирующих доильных аппаратов / С.А. Бородин, А.А. Андрианов, Е.А. Андрианов, В.П. Шацкий // В сборнике: Современные научно-практические решения XXI века Материалы международной научно-практической конференции. Под общей редакцией В.И. Орбинского, В.Г. Козлова. 2016. С. 201-206.

47. Андрианов Е.А., Андрианов А.М., Андрианов А.А. Исследование устройства для управления режимом работы стимулирующего адаптивного доильного аппарата / Е.А. Андрианов, А.М. Андрианов, А.А. Андрианов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2014. № 3 (42). С. 123-129.

48. Андрианов Е.А., Андрианов А.М., Андрианов А.А. К обоснованию конструктивно-режимных параметров устройства для управления режимом работы доильного аппарата / Е.А. Андрианов, А.М. Андрианов, А.А. Андрианов // Вестник Мичуринского филиала Российского университета кооперации. 2013. № 3. С. 168-172.

49. Бородин С.А., Андрианов Е.А., Андрианов А.А. Обоснование параметров многофункционального доильного аппарата / С.А. Бородин, Е.А. Андрианов, А.А. Андрианов // В сборнике: Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности материалы международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию факультета технологии и товароведения Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I. 2018. С. 23-28.

50. Бородин С.А., Андрианов Е.А., Андрианов А.А. К обоснованию технологических параметров многофункционального доильного аппарата / С.А. Бородин,

Е.А. Андрианов, А.А. Андрианов // В сборнике: Биотехнологии и инновации в агробизнесе. Материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 8-14.

51. Бородин С.А., Андрианов Е.А., Андрианов А.А., Тертычная Т.Н. Обоснование режимных параметров многофункционального стимулирующего доильного аппарата / С.А. Бородин, Е.А. Андрианов, А.А. Андрианов, Т.Н. Тертычная // Техника и оборудование для села. 2018. № 4. С. 18-23.

52. Андрианов Е.А., Шацкий В.П., Андрианов А.А., Яловой Д.И. Обоснование процесса выведения молока из вымени коровы стимулирующим аппаратом непрерывного доения / Е.А. Андрианов, В.П. Шацкий, А.А. Андрианов, Д.И. Яловой // Техника и оборудование для села. 2016. № 2. С. 32-34.

53. Яловой Д.И., Андрианов Е.А., Андрианов А.А., Тертычная Т.Н. Определение рациональных параметров доильного аппарата непрерывного доения / Д.И. Яловой, Е.А. Андрианов, А.А. Андрианов, Т.Н. Тертычная // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (51). С. 121-128.

54. Андрианов Е.А., Шацкий В.П., Андрианов А.А., Яловой Д.И. Обоснование давления сосковой резины стимулирующего аппарата непрерывного доения на сосок вымени животного / Е.А. Андрианов, В.П. Шацкий, А.А. Андрианов, Яловой Д.И. // Техника и оборудование для села. 2015. № 9. С. 32-36.

55. Андрианов Е.А., Андрианов А.М., Андрианов А.А., Яловой Д.И. Стимулирующий доильный аппарат непрерывного доения / Е.А. Андрианов, А.М. Андрианов, А.А. Андрианов, Д.И. Яловой // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 9. С. 4-6.

56. MODELLING OF LACTATION Andrianov E.A., Shatsky V.P., Andrianov A.A., Borodin S.A. Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences. 2017. Т. 19. № 3. С. 594-597.

57. Винников И.К. Основные направления модернизации доения коров / И.К. Винников // Вестник аграрной науки Дона. 2011. Т. 1. № 13. С. 74-79.

58. Automated Stall and Milking Equipment, Patent N 3603292. -1971.

59. Blosser T.H. Economic Losses from the National Research Program on mastitis in the US//J. Dairy Sci. -1980. -Vol.62. -№4. -P.119-427.

60. Dokoo T. US of total and differential somatic cell counts from composite sample to detect mastitis in individual sows//Canad. J. Comp. Med. -1981. -Vol.45. -№1. -P.8-14.

61. Nederbragt Frits W. Automatic control for milking machine support structure/Ross Holm, division of Holm Tractor and Equipment Co. J. -Патент США №3870021. МКИ А01 J 7/00.

62. Nelson Kurt. Automated Milking System. Patent №3499422, USA. -1970. Stanzel H. Elektronische Programmsteuerung von Melkreugen.-Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. -1977. -Vol.217. -P.64-75.

63. Wendit L., König H. Neue Automatisierungstechnik in Milchgewinnungsanlagen//Agrartechnik. -№2.-1980. Veb Verlag Technik Berlin. EVP2. -M. -ISSN 0323-3308.-P.53-55.

64. Кормановский Л.П., Цой Ю.А., Кирсанов В.В., Никитин Е.А., Рузин С.С. Приоритетные направления роботизации процессов на молочных фермах / Л.П. Кормановский, Ю.А. Цой, В.В. Кирсанов, Е.А. Никитин, С.С. Рузин // Техника и оборудование для села. 2017. № 12. С. 24-27.

65. Цой Ю.А., Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю. Разработка автоматизированного доильного аппарата с четвертным управлением процессом доения / Ю.А. Цой, В.В. Кирсанов, Д.Ю. Павкин // Техника и оборудование для села. 2016. № 7. С. 22-24.

66. Кирсанов В.В., Цой Ю.А., Кормановский Л.П. Концепция создания доильного робота, совместимого с отечественным доильным оборудованием / В.В. Кирсанов, Ю.А. Цой, Л.П. Кормановский // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2016. № 3 (23). С. 13-20.

67. Цой Ю.А., Сенькевич С.Е., Павкин Д.Ю. Общие проблемы роботизации в молочном животноводстве / Ю.А. Цой, С.Е. Сенькевич, Д.Ю. Павкин // В сборни-

ке: Робототехника в сельскохозяйственных технологиях материалы Международной научно-практической конференции. 2014. С. 114-116.

68. Китиков В.О., Гутман В.Н., Навныко М.В., Цой Ю.А. Роботизация процессов в животноводстве как основа снижения ресурсоемкости и повышения качества продукции / В.О. Китиков, В.Н. Гутман, М.В. Навныко, Ю.А. Цой // Сборник научных докладов ВИМ. 2012. Т. 2. С. 637-640.

69. Туников Г.М., Кулибеков К.К. Совершенствование технологии доения коров-первотелок голштинской породы в условиях роботизированной фермы в Рязанской области / Г.М. Туников, К.К. Кулибеков // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. №2 (22), 2014. – С. 15...18.

70. Цой Ю.А., Передня В.И. Концепция создания «умной» фермы по производству конкурентноспособного молока / Ю.А. Цой, В.И. Передня // В сборнике: Инновационные ресурсосберегающие технологии для производства биобезопасных комбикормов и конкурентноспособного молока материалы академических чтений, посвященных 60-летию научной деятельности и 85-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора Владимира Ивановича Передни. Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». 2018. С. 38-44.

71. Кирсанов В.В., Цой Ю.А., Кормановский Л.П., Павкин Д.Ю., Никитин Е.А. Техничко-технологическое решение роботизированной станочной доильной установки с почетвертным управлением процессом доения / Кирсанов В.В., Цой Ю.А., Кормановский Л.П., Павкин Д.Ю., Никитин Е.А. // Инновации в сельском хозяйстве. 2018. № 1 (26). С. 229-235.

72. Хрипин В.А., Ульянов В.М., Коледов Р.В., Панферов Н.С. Оптимизация параметров устройства для автоматического снятия доильного аппарата / В.А. Хрипин, В.М. Ульянов, Р.В. Коледов, Н.С. Панферов // В сборнике: Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК. Сборник научных статей XII

Международной научно-практической конференции, в рамках XVIII Международной агропромышленной выставки "Агроуниверсал - 2016". 2016. С. 118-124.

73. Хрипин В.А., Ульянов В.М., Кирьянов А.Ю., Коледов Р.В., Панферов Н.С. Экспериментальные исследования устройства для автоматического снятия доильного аппарата в лабораторных условиях / В.А. Хрипин, В.М. Ульянов, А.Ю. Кирьянов, Р.В. Коледов, Н.С. Панферов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2016. № 1 (29). С. 90-96.

74. Ульянов В.М., Кирьянов А.Ю., Хрипин В.А. Движение тела, подвешенного на нити с изменяющейся длиной подвеса / В.М. Ульянов, А.Ю. Кирьянов, В.А. Хрипин // В книге: Геометрические методы в теории управления и математической физике Тезисы докладов Международной конференции, посвященной 70-летию С.Л. Атанасяна, 70-летию И.С. Красильщика, 70-летию А.М. Самохина, 80-летию В.Т. Фоменко. под ред. А.Г. Кушнера, В.В. Лычагина, С.С. Мамонова. 2018. С. 26-27.

75. Ульянов В.М., Хрипин В.А., Коледов Р.В., Кирьянов А.Ю. Обоснование режимных параметров устройства для автоматического снятия с вымени коровы подвесной части доильного аппарата / В.М. Ульянов, В.А. Хрипин, Р.В. Коледов, А.Ю. Кирьянов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2016. № 2 (30). С. 92-95.

76. Повышение эффективности машинного доения коров на линейных доильных установках путем разработки и обоснования параметров переносного манипулятора Ужик В.И. диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгород, 1999.

77. Пономарев А.Ф., Борозенцев В.И., Ужик В.И. Манипулятор линейной доильной установки / А.Ф. Пономарев, В.И. Борозенцев, В.И. Ужик // В книге: Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения 1999. С. 132-133.

78. Борозенцев В.И., Ужик В.И. К разработке алгоритма действия автомата доения коров / В.И. Борозенцев, В.И. Ужик // Техника в сельском хозяйстве. 2002. № 4. С. 15.

79. Переносной манипулятор линейной доильной установки Пономарев А.Ф., Ужик В.Ф., Борозенцев В.И., Ужик В.И., Ужик О.В. патент на изобретение RUS 2151499 13.04.1999.

80. Пономарев А.Ф., Ужик В.Ф., Борозенцев В.И., Ужик В.И. К обоснованию конструкции переносного манипулятора доения коров для линейных доильных установок типа АДМ-8 / А.Ф. Пономарев, В.Ф. Ужик, В.И. Борозенцев, В.И. Ужик // депонированная рукопись № 005904 TRN=RU99000624 19.05.1999

81. Пономарев А.Ф., Ужик В.Ф., Борозенцев В.И., Ужик В.И. К расчету конструктивных параметров переносного манипулятора для доения коров на линейных доильных установках типа АДМ-8 / А.Ф. Пономарев, В.Ф. Ужик, В.И. Борозенцев, В.И. Ужик // депонированная рукопись № 005958 TRN=RU99001167 21.10.1999.

82. Аведян Ш.А., Копыльченко Н., Ужик В.И. Эффективность различных технологий содержания коров / Ш.А. Аведян, Н. Копыльченко, В.И. Ужик // Животноводство. 1981. № 10. С. 22-24.

83. Мобильный автомат для доения коров Пономарев А.Ф., Ужик В.Ф., Борозенцев В.И., Ульяновцев Ю.Н. патент на изобретение RUS 2189737 05.06.2000.

84. Ужик В.Ф., Борозенцев В.И., Скляр А.И., Ульяновцев Ю.Н. Мобильный агрегат с манипулятором доения коров / В.Ф. Ужик, В.И. Борозенцев, А.И. Скляр, Ю.Н. Ульяновцев // В сборнике: Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения материалы VII международной научно-производственной конференции. Белгородская государственная сельскохозяйственная академия. 2003. С. 25.

85. Ульяновцев Ю.Н. Автоматизированное доильное оборудование / Ю.Н. Ульяновцев // Зоотехния. 2003. С. 28.

86. Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров манипулятора доения коров мобильного агрегата Ульяновцев Ю.Н. диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белгород, 2003.

87. Ужик В.Ф., Борозенцев В.И., Скляр А.И., Ульяновцев Ю.Н., Ужик О.В. К автоматизации заключительных операций машинного доения коров / В.Ф. Ужик,

В.И. Борозенцев, А.И. Скляр, Ю.Н. Ульянов, О.В. Ужик // В сборнике: Труды XI Международного симпозиума по машинному доению сельскохозяйственных животных, первичной обработке и переработке молока 2003. С. 103-106.

88. Создание мобильного агрегата с манипулятором доения для личных и фермерских хозяйств Ужик В.Ф., Борозенцев В.И., Скляр А.И., Ульянов Ю.Н. Научные труды ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемии. 2003. Т. 12. № 2. С. 71-75.

89. Пономарев А.Ф., Ужик В.Ф., Борозенцев В.И., Скляр А.И., Ульянов Ю.Н. Передвижной манипулятор / А.Ф. Пономарев, В.Ф. Ужик, В.И. Борозенцев, А.И. Скляр, Ю.Н. Ульянов // Сельский механизатор. 2001. № 7. С. 2-3.

90. Ужик В.Ф., Борозенцев В.И., Корнейко А.А., Ульянов Ю.Н., Ужик О.В. Разработки Белгородской ГСХА по совершенствованию доильных аппаратов и средств механизации раздачи жидких кормов телятам молочного периода / В.Ф. Ужик, В.И. Борозенцев, А.А. Корнейко, Ю.Н. Ульянов, О.В. Ужик // Научные труды ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемии. 2000. Т. 9. № 2. С. 131-133.

91. Доильный робот и система доения. Андерссон Ян-Эрик, Аксельссон Томас. Патент на изобретение RUS 2566704 01.06.2011.

92. Захватное устройство, доильный робот и доильное оборудование. Аксельссон Томас. Патент на изобретение RUS 2567893 10.06.2011.

93. Заявка N.1520600 Великобритания, МКИ А 01 J 5/04. Milking machines //Kombinat Impulsa VEB (Великобритания). - N. 4663; Заявлено 04.11.76; Опубл. 09.08.78, НКИ А1М. Приоритет 06.11.79, N. 1892906 (ФРГ).

94. Патент N.3861355 США, МКИ А 01 J 5/04. Automanik milker take off assembly //Kendall R Johnson, Arnold R. Fjermestad (США). - N.445467; Заявлено 25.02.74; Опубл. 21.01.75; НКИ 119-14.08.

95. Патент N.3893422 США, МКИ А 01 J 5/04. Milking unit support and detacher mechanism //James J. Schnitzler, Gari W& Schluck-lier (США). - N.468925; Заявлено 10.05.74; Опубл. 08.07.75, Т. N.936; НКИ 119 - 14.08.

96. Патент N.4523545 США, МКИ А 01 J 7/00. Apparates for removing a milking set of a milking machine, particularly for a cow. shed //Jan Kummer (США). - N.505211;

Заявлено 17.06.83; Оpubл. 18.06.85, том 1055; НКИ 119-14.08; Приоритет 17.07.82; N.8202453 (Нидерланды).

97. Заявка N.1411460 Великобритания, МКИ А 01 J 5/00. Apparatus for the automatic separation of the milk claw from the milk collecting tube which is under a partial vacuum and milking equipment from the udder //Westfalia Separator ag (Великобритания). - N.50712/73; Заявлено 31.10.73; Оpubл. 22.10.75; НКИ А 1 М; Приоритет 19.12.72; N.2262129 (ФРГ).

98. Бойнович М., Линьков Н., Александрова Л. Элементы автоматизации доения коров //Молочное и мясное скотоводство. - 1991. - N. 1. - С. 19-21.

99. А.с. N.1482619 СССР, МКИ А 01 J 7/00. Устройство для управления процессом доения //М.А.Левин, Б.Ю.Боярский, А.А.Корявко (СССР), N.4191140/30-15; Заявлено 19.11.86; Оpubл. 30.05.89, Бюл. N.20 //Открытия. Изобретения. - 1989. - N.20.

100. А.с. N.792622 СССР, МКИ А 01 J 7/00. Устройство для управления процессом доения //О.Я.Стенгревиц, Б.И.Галван, В.А.Дриго (СССР). - N. 2554523/30-15; Заявлено 13.12.77; Оpubл. 15.02.82, Бюл. N.6 //Открытия. Изобретения. - 1982. - N.6.

101. А.с. N.791347 СССР, МКИ А 01 J 7/00. Манипулятор к доильным станкам //А.И.Зеленцов, Ю.А.Цой, В.А.Дриго, А.А.Бериньш (СССР). N.2776981/30-15; Заявлено 06.06.79; Оpubл. 30.12.80. Бюл. N.48 //Открытия. Изобретения. - 1980. - N.48.

102. А.с. N.954066 СССР, МКИ А 01 J 7/00. Устройство для снятия доильных стаканов с сосков вымени //Н.Н.Викторова, А.И.Тюхтин, М.Парманов (СССР). N.2886110/30-15; Заявлено 20.02.80; Оpubл. 30.08.82. Бюл. N.32 //Открытия. Изобретения. - 1982. - N.32.

103. А.с. N.1107802 СССР, МКИ А 01 J 7/00. Устройство для снятия доильных стаканов с сосков вымени //Н.Н.Викторова, А.А. Патрушев, С.В.Конюхов (СССР). N. 3583557/30-15; Заявлено 25.04.83; Оpubл. 15.08.84, Бюл. N.30 //Открытия. Изобретения.- 1984. - N.30.

104. А.с. N.1482620 СССР, МКИ А 01 J 7/00. Устройство для снятия доильного аппарата /В.М.Болотин, Н.И.Золотников, В.А.Можаев (СССР). - N.4336603/30-15; Заявлено 14.10.87; Оpubл. 30.05.89, Бюл. N.20 //Открытия. Изобретения. - 1989. - N.20.
105. А.с. N.784840 СССР, МКИ А 01 J 7/00. Манипулятор доения /И.К.Винников, И.Н.Краснов, И.А.Самургастьян, О.Б.Забродина (СССР). - N. 2777733/30-15; Заявлено 11.06.79; Оpubл. 07.12.80, Бюл. N. 45 //Открытия. Изобретения. - 1980. - N.45.
106. А.с. N.1523141 СССР, МКИ А 01 J 7/00. Устройство для управления процессом доения //М.Л.Гордиевских, А.Г.Рекунов (СССР). - N.4409191/30-15; Заявлено 14.04.88. Оpubл. 23.11.89, Бюл. N.43 //Открытия. Изобретения. - 1989. - N.43.
107. Доильный аппарат Винникова И.К. Винников И.К., Забродина О.Б., Рудая О.И. патент на изобретение RUS 2084136 03.07.1995
108. Двухрежимный доильный аппарат Винников И.К. патент на изобретение RUS 2257707 09.02.2004.
109. Двухрежимный доильный аппарат Винников И.К. патент на изобретение RUS 2269889 06.08.2004.
110. Двухрежимный доильный аппарат Винников И.К., Бенова Е.В., Дмитренко С.А., Пахомов Ю.В., Падалко Г.А. патент на изобретение RUS 2363150 16.04.2008.
111. Двухрежимный доильный аппарат Винников И.К., Пахомов Ю.В., Бахчевников О.Н., Коваленко А.В., Шелушинина И.А. патент на изобретение RUS 2440716 09.03.2010.
112. А.с. N.1034665 СССР, МКИ А 01 J 5/04. Манипулятор для доения // И.К.Винников, В.А.Дриго, Д.М.Сисюкин, Т.К.Берендс, О.Б.Забродина, Я.Я.Розенберг (СССР). - N.3416439/30-15; Заявлено 30.03.82; Оpubл. 15.08.83, Бюл. N.30 // Открытия. Изобретения. - 1983. - N.30.
113. А.с. N.1777550 СССР, МКИ А 01 J 7/00. Доильная установка //Ужик В.Ф., Борозенцев В.И. (СССР). - N. 4844397/30-15; Заявлено 22.05.90; Оpubл. 23.11.92, Бюл. N.43 //Открытия. Изобретения. - 1992.N.43.

114. А.с. N.1750511 СССР, МКИ А 01 J 7/00. Манипулятор доильной установки //Ужик В.Ф., Борозенцев В.И. (СССР). - N. 4834091/30-15; Заявлено 04.06.90; Опувл. 30.07.92, Бюл. N.28 //Открытия. Изобретения. - 1992.N.28.
115. А.с. N.1634193 СССР, МКИ А 01 J 7/00. Манипулятор доильной установки // И.В.Капустин, В.С.Васюхин, К.К.Бойноров, Е.А.Остриков (СССР). - N.4469585/30-15; Заявлено 02.08.88; Опувл. 15.03.91, Бюл. N.10 //Открытия. Изобретения. - 1991. - N.10.
116. Заявка N.1602467 Великобритания, МКИ А 01 J 7/00. Mil- king apparatus //Hall Salt (Великобритания). - N.19018/77, Заявлено 13.04.78; Опувл. 11.11.81; НКИ А1М.
117. А.с. N.1329691 СССР, МКИ А 01 J 5/00. Устройство для доения //В.А.Петровский, В.Ф.Яламов, В.А.Рубанников (СССР). - N.3848851/30-15; Заявлено 30.01.85; Опувл. 15.08.87, Бюл. N.30 //Открытия. Изобретения. - 1985. - N.30.
118. А.с. N.1443861 СССР, МКИ А 01 J 5/00. Доильная установка //В.А.Петровский, В.А.Рубанников, В.А.Дриго (СССР). - N.4216481/30-15; Заявлено 24.03.87; Опувл. 15.12.88, Бюл. N.46 //Открытия. Изобретения. - 1988. - N.46.
119. А.с. N.1273038 СССР, МКИ А 01 J 7/00. Манипулятор для доения //И.К.Винников (СССР). - N.3915096/30-15; Заявлено 17.06.85; Опувл. 30.11.86, Бюл. N.44 //Открытия. Изобретения. - 1986. - N.44.
120. Манипулятор доения. Кормановский Л.П., Винников И.К., Соловьев Р.В., Макаров Э.Р. Патент на изобретение RUS 2127972 14.04.1998.
121. Подвесной манипулятор для доения коров. Кормановский Л.П., Кирсанов В.В., Цой Ю.А., Павкин Д.Ю. Патент на изобретение RUS 2673726 01.12.2017.
122. Манипулятор для доения Винников И.К. патент на изобретение RUS 1273038 17.06.1985
123. Манипулятор Винникова И.К. Винников И.К., Забродина О.Б. патент на изобретение RUS 2097965 16.11.1995.
124. Доильный аппарат. Некрашевич В.Ф., Ульянов В.М., Утолин В.В., Москвитин И.А. Патент на изобретение RUS 2169460 27.12.1999.

125. UNICOMBIWAGEN.- Erleichtert den Transpost und die Reinigung der Melkausrüstung (Рекламный проспект).
126. Переносной манипулятор для подготовки коров к запуску в процессе доения. Ужик О.В., Ужик Я.В. Патент на изобретение RUS 2388216 27.02.2009.
127. Переносной манипулятор для доения коров. Ужик О.В. Патент на изобретение RUS 2348149 12.02.2008.
128. Переносной манипулятор для доения коров. Ужик О.В., Ужик Я.В. Патент на изобретение RUS 2367148 11.07.2008.
129. Переносной манипулятор для доения коров. Ужик В.Ф., Некипелов С.И., Китаёва О.В. Патент на изобретение RUS 2649668 10.03.2017.
130. Экон. Пат. N.233480 ГДР (DD), МКИ⁴ А 01J 5/04. Устройство для снятия доильного аппарата. //Опубл. 03.05.86.N10.
131. Некрашевич В.Ф., Ульянов В.М., Кирьянов А.Ю., Москвитин И.А. Патент на изобретение RUS 2203535 16.04.2001.
132. Устройство для автоматического снятия доильного аппарата. Некрашевич В.Ф., Ульянов В.М., Коледов Р.В., Хрипин В.А., Медведев Н.А. Патент на изобретение RUS 2534511 02.04.2013.
133. А.с. N.1291086 СССР, МКИ А 01 J 7/00. Манипулятор к доильному аппарату //В.П.Звенигородский, О.А.Заболотько (СССР). - 3905748/30-15; Заявлено 05.06.85; Опубл. 23.02.87, Бюл. N.7 //Открытия. Изобретения. - 1987. - N.7.
134. Патент N.3773016 США, МКИ А 01 J 05/04, Milker control /Luk L. Needham Bellwood, Dom W. Ehzpatrch (США). - N. 222134; Заявлено 31.06.72; Опубл. 20.11.73, Том 916; НКИ 119-14.08.
135. Заявка N.1383038 Великобритания, МКИ А 01 J 5/04, 5/10. Milking control //Babson Bros CO (Великобритания). - N. 42233/72; Заявлено 12.09.72, Опубл. 05.02.75; НКИ А1М.
136. Заявка N.1396429 Великобритания, МКИ А 01 J 5/04. Milker control //Babson Bros CO (Великобритания). - N. 50164/72; Заявлено 31.10.72; Опубл. 04.06.1975; НКИ А1М; Приоритет 31.06.72; N.222134 (США).

137. Передвижной доильный модуль Винников И.К., Кормановский Л.П., Бахчевников О.Н., Пахомов Ю.В. патент на изобретение RUS 2423822 08.02.2010.
138. Мобильный автомат доения коров. Пономарев А.Ф., Ужик В.Ф., Борозенцев В.И., Ульянов Ю.Н. Патент на изобретение RUS 2189737 05.06.2000.
139. Ужик В.Ф., Тетерядченко А.И., Некипелов С.И., Китаёва О.В., Кабашко А.А., Шахов В.А. Обоснование конструктивно-режимных параметров регулятора вакуумметрического давления адаптивного доильного аппарата / В.Ф. Ужик, А.И. Тетерядченко, С.И. Некипелов, О.В. Китаёва, А.А. Кабашко, В.А. Шахов / Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (65). С. 101-105.
140. Переносной манипулятор для доения коров: пат. РФ № 2649668 Рос. Федерация: /Ужик В.Ф., Некипелов С.И., Китаёва О.В. № 2017108088; заявл. 10.03.2017; опубл. 04.04.2018, Бюл. № 10.
141. Адаптивный манипулятор для доения коров / Ужик В.Ф., Некипелов С.И. Материалы XXI Всероссийской конференции с международным участием «Проблемы и решения современной аграрной экономики», 23 – 24 мая 2017 г. в 2 т. Т. 1., п. Майский // Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, с. 108-109.
142. Ужик В.Ф., Некипелов С.И. Переносной манипулятор для доения коров / В.Ф. Ужик, С.И. Некипелов // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2017. № 4 (28). С. 43-47.
143. Ужик В.Ф., Кузьмина О.С., Китаёва О.В., Некипелов С.И. Переносной манипулятор с почетвертным управляемым режимом доения коров / В.Ф. Ужик, О.С. Кузьмина, О.В. Китаёва, С.И. Некипелов // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2019. № 4 (36). С. 51-56.
144. Доильный агрегат: пат. РФ № 2654245 Рос. Федерация: А01J 5/00 / Ужик В.Ф., Некипелов С.И., Китаёва О.В., Кабашко А.А.. № 2017110361; заявл. 28.03.2017; опубл. 17.05.2018, Бюл. № 10.

145. Доильный агрегат: пат. РФ № 2707518 Рос. Федерация: А01J 5/003 / Ужик В.Ф., Некипелов С.И., Китаёва О.В., Кабашко А.А., Кузьмина О.С. № 2019108170; заявл. 21.03.2019; опубл. 27.11.2019, Бюл. № 33.
146. Передвижной доильный агрегат для коров / Ужик В.Ф., Некипелов С.И. Материалы XXII Всероссийской конференции с международным участием «Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы», 28-29 мая 2018 года в 2 т. Том 1. п. Майский // Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2018. С. 246-248.
147. Ужик В.Ф., Некипелов С.И. Мобильный агрегат для доения коров / В.Ф. Ужик, С.И. Некипелов // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2018. № 3 (31). С. 11-14.
148. Ужик В.Ф., Некипелов С.И., Китаёва О.В. Обоснование параметров пневмоцилиндра снятия доильного аппарата мобильного агрегата / В.Ф. Ужик, С.И. Некипелов, О.В. Китаёва // В сборнике: Актуальные проблемы агроинженерии и пути их решения. Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2018. С. 222-228.
149. Ужик В.Ф., Некипелов С.И., Китаёва О.В. Мобильный агрегат для доения коров и его пневмоцилиндр снятия доильного аппарата / В.Ф. Ужик, С.И. Некипелов, О.В. Китаёва // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 12. С. 71-75.
150. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. — 11-е изд. — М.: «Высшая школа», 1995. — С. 40—41, 75. — 416 с. — ISBN 5-06-003117-9.
151. Олофинская В.П. Техническая механика: Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий: Учебное пособие. — 2-е изд. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. — 349 с. — (Профессиональное образование)
152. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Таисия Ивановна Трофимова. — 11-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2006 — 560 с.
153. Некипелов С.И., Ужик В.Ф., Китаёва О.В., Кузьмина О.С., Шахов В.А. Экспериментальные исследования устойчивости против опрокидывания мобильного агрегата для доения коров / С.И. Некипелов, В.Ф. Ужик, О.В. Китаёва, О.С. Кузь-

- мина, В.А. Шахов / Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (77). С. 153-157.
154. Ужик В.Ф., Некипелов С.И., Китаёва О.В., Кузьмина О.С. К обеспечению устойчивости против опрокидывания мобильного агрегата для доения коров / В.Ф. Ужик, С.И. Некипелов, О.В. Китаёва, О.С. Кузьмина // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. №2 (22). С. 100-118.
155. Ужик В.Ф., Некипелов С.И., Китаева О.В. Передвижной доильный агрегат для коров с пневмоцилиндром снятия доильного аппарата / В.Ф. Ужик, С.И. Некипелов, О.В. Китаева // Материалы XXIII Всероссийской конференции с международным участием «Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее», 28-29 мая 2019 г., п. Майский.
156. Вадзинский Р. Статистические вычисления в среде Excel. Библиотека пользователя. – СПб.: Питер, 2008. – 608 с.
157. Ибрагимов И.А., Фарзане Н.Г., Илясов Л.В. Элементы и системы пневмоавтоматики. – М.: Высш. школа, 1975. – 360с.
158. Погоньшев В.А. Физика для студентов агроинженерных специальностей сельскохозяйственных вузов. Учебное пособие. Брянск: изд-во БГСХА, 2001. – 405 с.
159. Балаш В.А. Задачи по физике и методы их решения. Пособие для учителя – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Просвещение, 1983. – 432 с.
160. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисление. Для ВТУЗов. – Том 2. – Изд. 12. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. – 1978. – 575 с.
161. Применение тензометрии в машиностроении // Под ред. Петухова П.З. и Казанцева А.В. – М.: Машгиз, 1956. – 236 с.: ил.; - 21 см. – (Из опыта исследований работы машин на Уральских заводах). – Библиогр.: с. 232 – 234.; 5000 экз
162. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных // М.: Колос, 1973, изд. 3. – 194 с.
163. Вольф В.Г. Статистическая обработка опытных данных // М.: Колос, 1966. – 246 с.

164. Вучков И. Прикладной регрессионный анализ / И. Вучков, Л. Бояджиева, Е. Солаков. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 239 с, ил.
165. Стенд для регистрации параметров траектории движения доильного аппарата при снятии с вымени коровы: пат. РФ № 2683478 Рос. Федерация: А01J 7/00 / Ужик В.Ф., Некипелов С.И., Китаёва О.В., Кабашко А.А., Прокофьев В.В. № 2018122571; заявл. 19.06.2018; опубл. 28.03.2019, Бюл. № 10.
166. Маркова Е.В. Планирование эксперимента в условиях неоднородностей // М.: Наука, 1973.- 220 с.
167. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента // М.: Metallургия, 1969. – 159 с.
168. Мельников С.В., Алешин В.Р., Рошин П.М. Планирование эксперимента в исследовании сельскохозяйственных процессов // Л.: Колос, 1980. – 166 с.
169. Петков А.А. Ортогональное центральное композиционное планирование в технике и электрофизике высоких напряжений: Учеб.-метод. пособие. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – 61 с.
170. Маслов Г.Г., Дидманидзе О.Н., Цибулевский В.В. Оптимизация параметров и режимов работы машин методами планирования эксперимента: Учебн. пособие для сельскохозяйственных вузов. – М.: УМЦ «Триада», 2007.– 292 с., ил.
171. Славутский Л.А. Основы регистрации данных и планирования эксперимента. Учебное пособие: Изд-во ЧГУ, Чебоксары, 2006, 200 с.
172. Емельянов А.М., Гуров А.М. Элементы математической обработки и планирования инженерного эксперимента. Методические указания. – Благовещенск: БСХИ, 1984. – 63С.
173. Бурдин Ю.М., Янюшкина А.И. Методика ускоренной оценки продуктивности первотелок. // Тр. Сиб. отд. ВАСХНИЛ. – Новосибирск, 1987.- с. 11-15.
174. Grossman M., Kuck A.L., Norton H.W. Lactation curves of purebred and crossbred dairy cattle // Doiry Sc. – 1986.
175. Hoekstra, J.A. A not on a partial adjustment model to beseribe lactation curves // Anim Product. – 1986.
176. Ивашура А.И. Маститы коров // М.: Колос, 1972. – 192 с., с ил.

177. Гончаров В.П., Карпов В.А., Якимчук И.Л. Профилактика и лечение маститов у животных // М.: Россельхозиздат., 1987. – 208 с., с ил.
178. Методические рекомендации по определению технико-экономического уровня машин для животноводства // УкрНИИМЭСХ. Киев, 1983.-81 с.
179. Морозов Н.М. Программа и методика проведения исследований по разработке системы машин для комплексной механизации животноводства и птицеводства на период до 2000 года // М., ВИЭСХ, 1981.-81 с.
180. Власов Н.С. Методика экономической оценки сельскохозяйственной техники // М.: Колос, 1968. – 128 с.
181. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники // Часть 2. – Нормативно-справочный материал. – Москва. – 1998.

Приложения

Приложение А.
(Обязательное)

Конструктивные схемы доильных машин

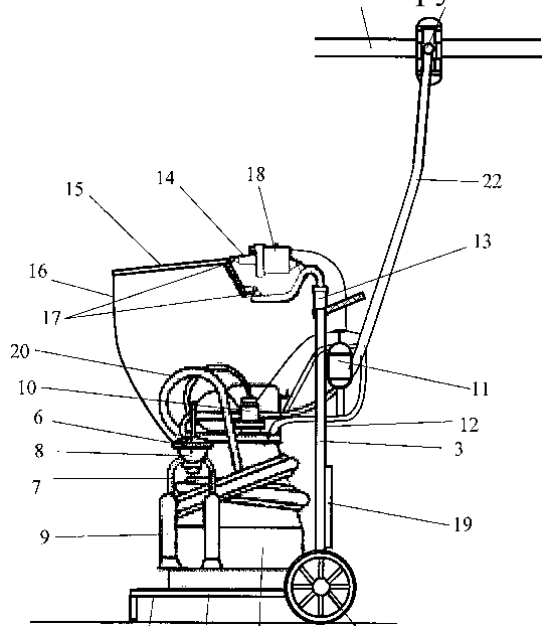


Рисунок 44 - Патент 2423822.

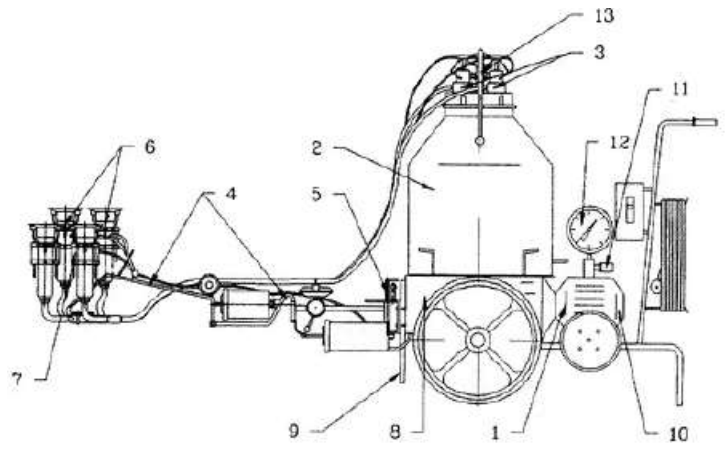


Рисунок 45 - Патент 2189737.

Приложение Б.
(Обязательное)

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 654 245** (13) **C1**(51) МПК
[A01J 5/00 \(2006.01\)](#)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 17.05.2018)

(21)(22) Заявка: [2017110361](#), 28.03.2017(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.03.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.03.2017

(45) Опубликовано: [17.05.2018](#) Бюл. № [14](#)(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2189737 C2, 27.09.2002. SU
897179 A1, 15.01.1982. SU 1147301 A1,
30.03.1985. US 4941433 A1, 17.07.1990. US
6382130 B1, 07.05.2002.

Адрес для переписки:

308503, Белгородская обл., Белгородский р-н,
п. Майский, ул. Вавилова, 24, ФГБОУ ВО
Белгородский ГАУ, Н.Е. Крючковой

(72) Автор(ы):

Ужик Владимир Федорович (RU),
Некпелов Станислав Игоревич (RU),
Китаёва Оксана Владимировна (RU),
Кабашко Александр Андреевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

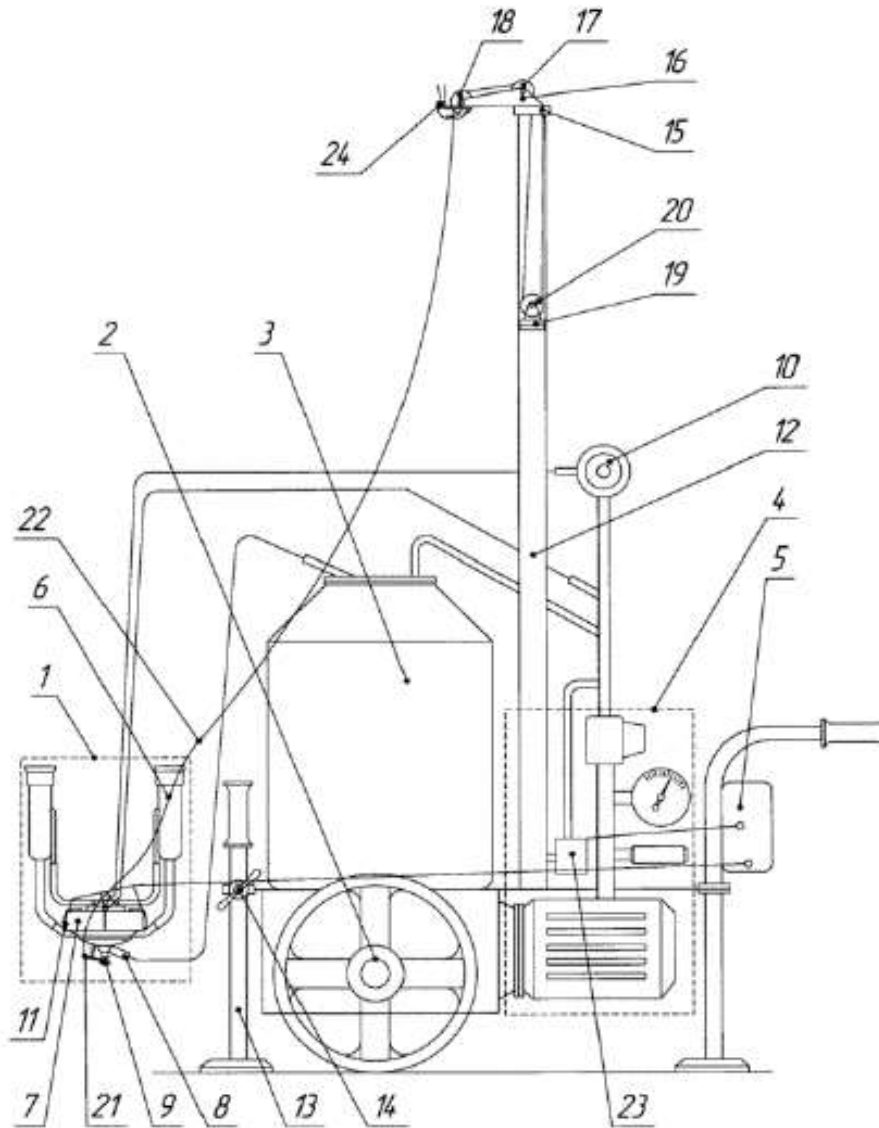
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Белгородский
государственный аграрный университет
имени В.Я. Горина" (RU)

(54) Доильный агрегат

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскому хозяйству, в частности к устройствам для доения коров. Доильный агрегат включает доильный аппарат (1) и установленные на одноосной тележке (2) доильное ведро (3), вакуумную аппаратуру (4) и блок управления (5). На платформе одноосной тележки вертикально установлен пневмоцилиндр (12) снятия доильного аппарата (1) по завершении процесса доения. К верхнему обрезу пневмоцилиндра посредством подшипника (15) прикреплен поворотный рычаг (16) с обводными роликами (17, 18). Поршень (19) пневмоцилиндра снятия доильного аппарата содержит обводной ролик (20). На молокоприемной камере коллектора (7) установлен рычаг (21), одним концом который соединен с клапаном (9), а к другому присоединен трос (22) пневмоцилиндра снятия доильного аппарата. Противоположный конец троса через обводные ролики поворотного рычага и далее обводной ролик поршня прикреплен к верхнему обрезу пневмоцилиндра. Для удержания троса в исходном положении перед установкой доильного аппарата на вымя коровы поворотный рычаг снабжен фиксатором (24). Повышается эффективность машинного доения коров. 1 з.п. ф-лы, 1 ил.

(Продолжение прил. Б)



Фиг. 1

Изобретение относится к сельскому хозяйству, в частности к устройствам для механизации животноводства, и может быть использовано для доения коров.

Известны следующие аналогичные устройства: доильный агрегат с устройством для выпойки телят [RU 2132126 C1, A01J 5/00 (1995.01), A01K 9/00 (1995.01), 27.06.1999], который состоит из вакуумной установки, доильного ведра, доильных стаканов и устройства для выпойки телят, включающее шланговый насос, счетчик оборотов, емкость для корма, которое связано с вакуумной установкой шлангом; доильный агрегат [RU 2482666 C2, A01J 5/003 (2006.01), 27.05.2013], который включает доильный аппарат и вакуумный агрегат с электродвигателем и кинематически связанным с ним, например, посредством клиноременной передачи, вакуумным насосом, закрепленными на раме параллельно друг другу.

Данные устройства не обеспечивают повышение эффективности машинного доения коров.

Наиболее близким к изобретению является мобильный автомат доения коров [RU 2189737 C2, A01J 5/00 (2000.01), A01J 5/017 (2000.01), 27.09.2002], который состоит

(Продолжение прил. Б)

ИЗ №2654245

из вакуумной аппаратуры доильного ведра, блока управления, манипулятора с поворотным механизмом доильных стаканов с механизмом додвигания, одноосной тележки с упором. Доильное ведро установлено на одноосной тележке и имеет крышку с смонтированным блоком управления и распределителем постоянного вакуума. Блок управления выполнен в виде четырех датчиков наличия молока, каждый из которых соединен молочным шлангом со своим коллектором и далее доильным стаканом. Молочные шланги снабжены пневмозажимом. Манипулятор мобильного автомата доения коров включает в себя пневмоцилиндр с рычагом, поворотный рычаг, пневмоцилиндр вывода манипулятора, поворотный механизм для перевода манипулятора в правое и левое рабочие положения.

Однако данное устройство также не обеспечивает повышение эффективности машинного доения коров.

Задача изобретения - обеспечить повышение эффективности машинного доения коров.

Для достижения этого на платформе одноосной тележки вертикально установлен пневмоцилиндр снятия доильного аппарата по завершении процесса доения. К верхнему обрезу пневмоцилиндра посредством подшипника прикреплен поворотный рычаг с обводными роликами. Поршень пневмоцилиндра снятия доильного аппарата содержит обводной ролик. Для управления положением клапана отключения доильного аппарата от вакуумной аппаратуры, при снятии доильного аппарата с вымени коровы по завершении доения, на молокоприемной камере коллектора установлен рычаг, одним концом который соединен с клапаном, а к другому присоединен трос пневмоцилиндра снятия доильного аппарата, причем противоположный конец троса через обводные ролики поворотного рычага и далее обводной ролик поршня прикреплен к верхнему обрезу пневмоцилиндра. Для удержания троса в исходном положении перед установкой доильного аппарата на вымя коровы поворотный рычаг снабжен фиксатором. Для предотвращения опрокидывания агрегата при снятии доильного аппарата с вымени коровы к платформе одноосной тележки прикреплен дополнительный упор с фиксатором.

Предлагаемое изобретение будет понято из следующего описания и приложенных чертежей.

На фиг. 1 приведена схема доильного агрегата, общий вид.

Доильный агрегат (фиг. 1) включает доильный аппарат 1 и установленные на одноосной тележке 2 доильное ведро 3, вакуумную аппаратуру 4 и блок управления 5. Доильный аппарат 1 состоит из доильных стаканов 6, четырехсекционного коллектора 7, патрубка 8, перекрываемого клапаном 9, соединяемого с доильным ведром 3, и пульсатора 10. Каждая секция коллектора 7 содержит регулятор вакуумметрического давления и датчик потока молока в виде молоколовушки с поплавком, который содержит магнит, магнитное поле которого при нижнем положении поплавка в молоколовушке взаимодействует с герконом 11, установленным на наружной стенке молоколовушки и соединенным с блоком управления 5. На платформе тележки по завершении 2 вертикально установлен пневмоцилиндр 12 снятия доильного аппарата 1 процесса доения, а также к платформе прикреплен дополнительный упор 13 с фиксатором 14 для предотвращения опрокидывания доильного агрегата при снятии доильного аппарата 1 с вымени коровы. К верхнему обрезу пневмоцилиндра 12 посредством подшипника 15 прикреплен поворотный рычаг 16 с обводными роликами 17 и 18. Поршень 19 пневмоцилиндра 12 содержит обводной ролик 20. Для управления положением клапана 9 при снятии доильного аппарата с вымени коровы по завершении доения, на молокоприемной камере коллектора 7 установлен рычаг 21, одним концом который соединен с клапаном 9, а к другому присоединен трос 22 пневмоцилиндра 12 снятия доильного аппарата. Противоположный конец троса 22 через обводные ролики 17 и 18 поворотного рычага 16 и далее обводной ролик 20 поршня 19 прикреплен к верхнему обрезу пневмоцилиндра 12. Пневмоцилиндр 12 через двухходовой электроventиль 23 соединен с вакуумной аппаратурой 4 или атмосферой. Для удержания троса 22 в исходном положении перед установкой доильного аппарата 1 на вымя коровы, поворотный рычаг 16 снабжен фиксатором 24, имеющим возможность механического удержания троса 22 до подачи

(Продолжение прил. Б)

ИЗ №2654245

вакуумметрического давления через двухходовой электроventиль 23 в пневмоцилиндр 12, а также переключения двухходового электроventиля 23 на подачу атмосферного давления в пневмоцилиндр 12.

Доильный агрегат (фиг. 1) работает следующим образом. Оператор подвозит доильный агрегат к корове, устанавливает дополнительный упор 13 в рабочее положение и фиксирует фиксатором 14 для предотвращения опрокидывания доильного агрегата при снятии доильного аппарата 1 с вымени коровы. Подключает агрегат к источнику электрической энергии, включает вакуумную аппаратуру 4 и блок управления 5 и настраивает вакуумную аппаратуру 4 на заданное вакуумметрическое давление доения. По команде блока управления 5 двухходовой электроventиль 23 сообщает полость пневмоцилиндра 12 с атмосферой. При этом фиксатор 24 механически удерживает от выдвижения из пневмоцилиндра 12 трос 22, тем самым обеспечивая подвешенное положение доильного аппарата 1. Постоянное вакуумметрическое давление от вакуумной аппаратуры 4 поступает к перекрытому клапаном 9 патрубку 8, а пульсирующее вакуумметрическое давление, формируемое пульсатором 10, через распределительную камеру четырехсекционного коллектора 7 поступает в межстенные камеры доильных стаканов 1.

Доильный агрегат готов к работе.

Оператор, расфиксировав фиксатор 24, освобождает трос 22 и, поворачивая в подшипнике 15, ориентирует поворотный рычаг 16 в направлении вымени коровы. Выдвигая трос 22 из пневмоцилиндра 12, который, обкатываясь по обводным роликам 17 и 18 поворотного рычага 16 и далее по обводному ролику 20, перемещает поршень 19 вверх в пневмоцилиндре 12, подносит доильный аппарат 1 под вымя коровы и открывает клапан 9. При этом вакуумметрическое давление поступает в датчики потока секций четырехсекционного коллектора 7, выполненные в виде молоколовушек с поплавками, и далее через регуляторы вакуумметрического давления в подсосковые камеры доильных стаканов 1. Доильные стаканы надевают на соски вымени коровы. При нижнем положении поплавков в молоколовушках в начальный период доения или низкой интенсивности движения молока через датчик потока молока секции, например не более 50 мл/мин, магнитное поле магнитов, установленных в поплавках, взаимодействует с герконами 11. Тогда, по команде блока управления 5, регуляторы вакуумметрического давления соответствующих секций устанавливают пониженное (например, 33 кПа) вакуумметрическое давление доения в доильном стакане.

Таким образом осуществляют доение в стимулирующем режиме.

При увеличении интенсивности потока молока в любом из доильных стаканов и далее датчике потока молока соответствующей секции четырехсекционного коллектора 7 свыше, например, 50 мл/мин, поплавок, всплывая в молоколовушке, удаляет магнит от геркона 11, тем самым обеспечивая его срабатывание и перевод блока управления 5 в следящий режим и выдачи команды регулятору вакуумметрического давления соответствующей секции на увеличение вакуумметрического давления доения в доильном стакане 1 до номинальной величины, например 48 кПа. Такое переключение в номинальный режим доения происходит по каждой секции четырехсекционного коллектора 7 по мере увеличения интенсивности молоковыведения по каждому соску вымени.

Таким образом осуществляют доение в номинальном режиме.

По мере завершения доения и снижения интенсивности потока молока и опускания поплавка в молоколовушке до начала взаимодействия магнитного поля магнита поплавка с герконом 11, происходит обратное переключение на стимулирующий режим доения при вакуумметрическом давлении, например 33 кПа, в соответствующем доильном стакане. Такое обратное переключение на стимулирующий режим работы происходит по остальным доильным стаканам по мере завершения доения соответствующей доли вымени. При переключении на стимулирующий режим доения последней секции четырехсекционного коллектора 7, блок управления 5, отслеживая этот момент, выдает команду двухходовому электроventилю 23 на сообщение полости пневмоцилиндра 12 с вакуумной аппаратурой 4. При этом поршень 19, перемещаясь под воздействием вакуумметрического давления вниз, посредством обводного ролика 20 втягивает трос

(Продолжение прил. Б)

ИЗ №2654245

22, который, обкатываясь по обводным роликам 17 и 18 поворотного рычага 16 и натягиваясь, посредством рычага 21, установленным на молокоприемной камере четырехсекционного коллектора 7, закрывает клапан 9, тем самым отключая доильный аппарат 1 от вакуумной аппаратуры, снимает доильный аппарат с вымени коровы и перемещает вверх до фиксации троса 22 фиксатором 24 в исходном положении.

Доение завершено.

Применение данного доильного агрегата позволит повысить производительность труда на 35-40% и снизить заболеваемость вымени коров маститом на 12-14%.

Источники информации

1. RU 2132126 C1, A01J 5/00 (1995.01), A01K 9/00 (1995.01), 27.06.1999.
2. RU 2482666 C2, A01J 5/003 (2006.01), 27.05.2013.
3. RU 2189737 C2, A01J 5/00 (2000.01), A01J 5/017 (2000.01), 27.09.2002.

Формула изобретения

1. Доильный агрегат, включающий доильный аппарат и установленные на одноосной тележке доильное ведро, вакуумную аппаратуру и блок управления, отличающийся тем, что на платформе одноосной тележки вертикально установлен пневмоцилиндр снятия доильного аппарата по завершении процесса доения, к верхнему обрезу которого посредством подшипника прикреплен поворотный рычаг с обводными роликами, при этом поршень пневмоцилиндра снятия доильного аппарата также содержит обводной ролик, а для управления положением клапана отключения доильного аппарата от вакуумной аппаратуры при снятии доильного аппарата с вымени коровы по завершении доения на молокоприемной камере коллектора установлен рычаг, одним концом который соединен с клапаном, а к другому присоединен трос пневмоцилиндра снятия доильного аппарата, причем противоположный конец троса через обводные ролики поворотного рычага и далее обводной ролик поршня прикреплен к верхнему обрезу пневмоцилиндра, при этом для удержания троса в исходном положении перед установкой доильного аппарата к вымя коровы поворотный рычаг снабжен фиксатором.

2. Доильный агрегат по п. 1, отличающийся тем, что для предотвращения опрокидывания агрегата при снятии доильного аппарата с вымени коровы к платформе одноосной тележки прикреплен дополнительный упор с фиксатором.

Приложение В.
(Обязательное)

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 707 518** (13) **С1**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК

[A01J 5/003 \(2006.01\)](#)

(52) СПК

[A01J 5/003 \(2019.08\)](#)(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: действует (последнее изменение статуса: 27.11.2019)

(21)(22) Заявка: [2019108170](#), 21.03.2019(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.03.2019Дата регистрации:
27.11.2019Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 21.03.2019(45) Опубликовано: [27.11.2019](#) Бюл. № [33](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2654245 С1, 17.05.2018. RU 2189737 С2, 27.09.2002. RU 2482666 С2, 27.05.2013. RU 2447652 С2, 20.04.2012. US 4034711 А, 12.07.1977.

Адрес для переписки:
308503, Белгородская обл., Белгородский р-н, п. Майский, ул. Вавилова, 24, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, Н.Е. Крючковой

(72) Автор(ы):

Ужик Владимир Федорович (RU),
Некипелов Станислав Игоревич (RU),
Китаёва Оксана Владимировна (RU),
Кабашко Александр Андреевич (RU),
Кузьмина Ольга Сергеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина" (RU)

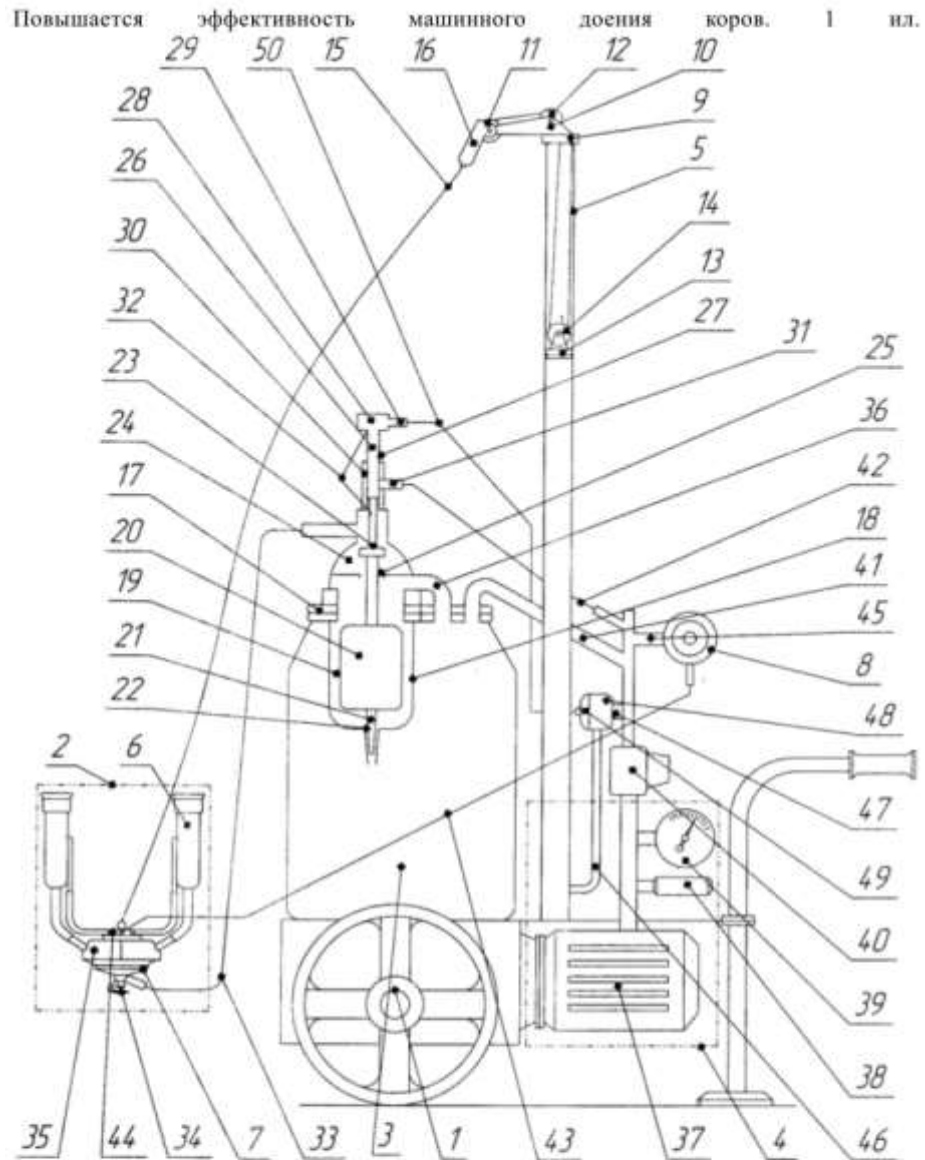
(54) Доильный агрегат

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскому хозяйству, в частности к устройствам для доения коров. Доильный агрегат включает шасси (1), доильный аппарат (2), доильное ведро (3), вакуумную аппаратуру (4) и установленный на шасси пневмоцилиндр (5) снятия доильного аппарата. В крышке (17) доильного ведра установлен датчик потока молока (18), выполненный в виде поплавковой камеры (19) с поплавком (20). Поплавок (20) содержит конусообразную иглу (21), образующую в дне молокоприемной камеры (24) сливное калиброванное отверстие (22). К верхней части поплавка последовательно присоединены клапан (23), в нижнем своем положении разъединяющий молокоприемную камеру и поплавковую камеру, и полый плунжер (26) с отверстием (27) и головкой (28) со штуцером (29). Молокоприемная камера (24) датчика потока молока (18) гибким молочным шлангом (33), перекрываемым клапаном (34), соединена с молокоприемной камерой (35) коллектора (7). Поплавковая камера (19) переливным патрубком (36) соединена с полостью доильного ведра (3). Пневмоцилиндр (5) к вакуумной аппаратуре (4) подключен патрубками (46, 47) через пневмоусилитель (48), камера управления (49) которого соединена со штуцером (29) головки (28) плунжера (26) гибким шлангом (50).

(Продолжение прил. В)

ИЗ №2707518



Фиг. 1

Изобретение относится к сельскому хозяйству, в частности к устройствам для механизации животноводства, и может быть использовано для доения коров.

Известны следующие аналогичные устройства: доильный агрегат [RU 2482666 С2, А01J 5/003 (2006.01), 27.05.2013], который включает доильный аппарат и вакуумный агрегат с электродвигателем и кинематически связанным с ним, например, посредством клиноременной передачи, вакуумным насосом, закрепленными на раме параллельно друг другу; мобильный автомат доения коров [RU 2189737 С2, А01J 5/00 (2000.01), А01J 5/017 (2000.01), 27.09.2002], который состоит из вакуумной аппаратуры доильного ведра, блока управления, манипулятора с поворотным механизмом доильных стаканов с механизмом додаивания, одноосной тележки с упором. Доильное ведро установлено на одноосной тележке и имеет крышку с вмонтированным блоком управления и распределителем постоянного вакуума. Блок управления выполнен в виде четырех датчиков наличия молока, каждый из которых соединен молочным шлангом со своим коллектором и далее доильным стаканом. Молочные шланги снабжены пневмозажимом. Манипулятор мобильного автомата доения коров включает в себя пневмоцилиндр с рычагом, поворотный рычаг,

(Продолжение прил. В)

ИЗ №2707518

пневмоцилиндр вывода манипулятора, поворотный механизм для перевода манипулятора в правое и левое рабочие положения.

Данные устройства не обеспечивают повышение эффективности машинного доения коров.

Наиболее близким к изобретению является доильный агрегат [RU 2654245 C1, A01J 5/00 (2006.01), 17.05.2018], который включает доильный аппарат и установленные на одноосной тележке доильное ведро, вакуумную аппаратуру и блок управления. На платформе одноосной тележки вертикально установлен пневмоцилиндр снятия доильного аппарата по завершении процесса доения. К верхнему обрезу пневмоцилиндра посредством подшипника прикреплен поворотный рычаг с обводными роликами. Поршень пневмоцилиндра снятия доильного аппарата содержит обводной ролик. На молокоприемной камере коллектора установлен рычаг, одним концом который соединен с клапаном, а к другому присоединен трос пневмоцилиндра снятия доильного аппарата. Противоположный конец троса через обводные ролики поворотного рычага и далее обводной ролик поршня прикреплен к верхнему обрезу пневмоцилиндра. Для удержания троса в исходном положении перед установкой доильного аппарата на вымя коровы поворотный рычаг снабжен фиксатором.

Однако данное устройство также не обеспечивает повышение эффективности машинного доения коров.

Задача изобретения - обеспечить повышение эффективности машинного доения коров.

Для достижения этого для удержания троса на обводных роликах к свободному концу поворотного рычага шарнирно прикреплен хвостовик. В крышке доильного ведра установлен датчик потока молока, выполненный в виде поплавковой камеры с поплавком, который в нижней части содержит конусообразную иглу, образующую в дне молокоприемной камеры сливное калиброванное отверстие, а к верхней его части последовательно присоединены клапан, в нижнем своем положении разъединяющий молокоприемную камеру и поплавковую камеру, перекрыв сливное отверстие, и полый плунжер с отверстием и головкой со штуцером, который установлен в гильзе, снабженной штуцером. Причем отверстие в плунжере выполнено таким образом, что при нижнем положении поплавка отверстие сообщает полость плунжера со штуцером гильзы, а при всплытии поплавка или установки датчика потока молока в стартовое положение перед установкой доильного аппарата на вымя коровы - с атмосферой. Для установки датчика потока молока в стартовое положение гильза содержит прокидывающуюся скобу, устанавливаемую под головку плунжера при перемещении сочленения головка - плунжер - клапан - поплавок вверх до упора. Молокоприемная камера датчика потока молока гибким молочным шлангом, перекрываемым клапаном, соединена с молокоприемной камерой коллектора, а поплавковая камера переливным патрубком соединена с полостью доильного ведра. Пневмоцилиндр к вакуумной аппаратуре подключен патрубками через пневмоусилитель, камера управления которого соединена со штуцером головки плунжера гибким шлангом.

Предлагаемое изобретение будет понято из следующего описания и приложенных чертежей.

Доильный агрегат (фиг. 1) включает шасси 1 доильного агрегата, доильный аппарат 2, доильное ведро 3, вакуумную аппаратуру 4 и вертикально установленный на шасси 1 пневмоцилиндр 5 снятия доильного аппарата 2 по завершению процесса доения. Доильный аппарат 2 состоит из доильных стаканов 6, коллектора 7 и пульсатора 8. К верхнему обрезу пневмоцилиндра 5 посредством подшипника 9 прикреплен поворотный рычаг 10 с обводными роликами 11 и 12. Поршень 13 пневмоцилиндра 5 содержит обводной ролик 14. К коллектору 7 доильного аппарата 2 присоединен трос 15 пневмоцилиндра 5 снятия доильного аппарата. Противоположный конец троса 15 через обводные ролики 11 и 12 поворотного рычага 10 и далее обводной ролик 14 поршня 13 прикреплен к верхнему обрезу пневмоцилиндра 5. Для удержания троса 15 на обводных роликах 11 и 12 к свободному концу поворотного рычага 10 шарнирно прикреплен хвостовик 16. В крышке 17 доильного ведра 3 установлен датчик потока молока 18, выполненный в виде поплавковой камеры 19 с поплавком 20. В нижней части поплавка 20 содержит конусообразную иглу 21, образующую в дне молокоприемной камеры 19 сливное калиброванное отверстие 22, а к верхней его части последовательно присоединены клапан 23, в нижнем своем положении разъединяющий молокоприемную камеру 24 и поплавковую камеру 19 перекрыв сливное отверстие 25, и полый плунжер 26 с отверстием 27 и головкой 28 со штуцером 29. Плунжер 26 установлен в гильзе 30, которая снабжена штуцером 31. Отверстие 27 в плунжере 26 выполнено таким образом, что при нижнем положении поплавка 20 отверстие 27 сообщает полость плунжера 26 со штуцером 31 гильзы 30, а

(Продолжение прил. В)

ИЗ №2707518

при всплытии поплавка 20 или установки датчика потока молока 18 в стартовое положение перед установкой доильного аппарата 2 на вымя коровы (на схеме не показано) - с атмосферой. Для установки датчика потока молока 18 в стартовое положение гильза 30 содержит опрокидывающуюся скобу 32, устанавливаемую под головку 28 плунжера 26 при перемещении сочленения головка 28 - плунжер 26 - клапан 23 - поплавков 20 вверх до упора. Молокоприемная камера 24 датчика потока молока 18 гибким молочным шлангом 33, перекрываемым, клапаном 34, соединена с молокоприемной камерой 35 коллектора 7, а поплавковая камера 19 переливным патрубком 36 соединена с полостью доильного ведра 3. Вакуумная аппаратура 4 доильного агрегата содержит вакуумный насос 37, вакуум-регулятор 38, вакуумметр 39 и запорный вентиль 40. Доильное ведро 3 соединено с вакуумной аппаратурой 4 патрубком 41, штуцер 31 гильзы 30 датчика потока молока 18 - патрубком 42, пульсатор 8 гибким шлангом 43 соединен с распределительной камерой 44 коллектора 7 и далее межстенными камерами доильных стаканов 6, а патрубком 45 - с вакуумной аппаратурой 4. Пневмоцилиндр 5 к вакуумной аппаратуре 4 подключен патрубками 46 и 47 через пневмоусилитель 48, камера управления 49 которого соединена со штуцером 29 головки 28 плунжера 26 гибким шлангом 50.

Доильный агрегат (фиг. 1) работает следующим образом. Доильный агрегат подвозят к корове, подключают агрегат к источнику электрической энергии, включают вакуумную аппаратуру 4 и открывают запорный вентиль 40. При этом вакуумметрическое давление по патрубку 41 поступает в доильное ведро 3 и далее по переливному патрубку 36, а также через калиброванный канал 22 в поплавковую камеру 19, по патрубку 45 - к пульсатору 8 и далее гибким шлангом 43 через распределительную камеру 44 коллектора 7 в межстенные камеры доильных стаканов 6, а по патрубку 47 - к пневмоусилителю 48. Одновременно вакуумметрическое давление по патрубку 42 поступает в штуцер 31 гильзы 30, откуда через совмещенное со штуцером 31 отверстие 27 при нижнем положении поплавка 20 в полость плунжера 26 и далее через головку 28 и штуцер 29 по гибкому шлангу 50 вакуумметрическое давление поступает в камеру управления 49 пневмоусилителя 48. В результате пневмоусилитель 48 сообщает патрубок 46 с патрубком 47, тем самым обеспечив подачу вакуумметрического давления в пневмоцилиндр 5. Под воздействием вакуумметрического давления поршень 13, перемещаясь вниз, посредством обводного ролика 14 втягивает трос 15 внутрь пневмоцилиндра 5, который в свою очередь, обкатываясь по обводным роликам 11 и 12 поворотного рычага 10, поднимает за коллектор 7 доильный аппарат 2 вверх до упора поршня 13 в дно пневмоцилиндра 5. Затем, контролируя вакуумметром 39, регулятором 38 устанавливают заданное вакуумметрическое давление доения в доильном ведре 3, в пульсаторе 8 и далее в межстенных камерах доильных стаканов 6, а также в пневмоцилиндре 5.

Доильный агрегат готов к работе.

За головку 28 совместно с клапаном 23 и поплавком 20 поднимают плунжер 26 вверх до упора и устанавливают опрокидывающуюся скобу 32 под головку, тем самым устанавливая датчик потока молока 18 в стартовое положение. При этом вакуумметрическое давление из поплавковой камеры 19 через открытое сливное отверстие 25 поступает в молокоприемную камеру 24 датчика потока молока 18 и далее в перекрытый клапаном 34 коллектора 7 гибкий молочный шланг 33. Одновременно при перемещении плунжера 26 вверх его отверстие 27 выходит из зоны взаимодействия с гильзой 30, тем самым обеспечив доступ атмосферного давления в полость плунжера 26 и далее через головку 28 и штуцер 29 по гибкому шлангу 50 в камеру управления 49 пневмоусилителя 48. При этом пневмоусилитель 48 отключает патрубок 46 от патрубка 47, соединяемого с вакуумной аппаратурой 4, и сообщает его с атмосферным давлением, которое поступает в пневмоцилиндр 5 и освобождает поршень 13 от действующего на него перепада давлений. Перемещая доильный аппарат 2 в направлении вымени коровы и одновременно вытягивая трос 15 из пневмоцилиндра 5, воздействуют на хвостовик 16, который, проворачиваясь в шарнире и ориентируясь в направлении натяжения троса 15, в свою очередь проворачивает поворотный рычаг, 10 в подшипнике 9 в том же направлении, обеспечивая перемещение троса 15, который обкатываясь по обводным роликам 11 и 12 поворотного рычага 10 и обводному ролику 14 перемещает поршень 13 пневмоцилиндра 5 вверх. Поднеся доильный аппарат 2 под вымя коровы, открывают клапан 34. При этом вакуумметрическое давление из гибкого молочного шланга 33 поступает в молокоприемную камеру 35 коллектора 7 и далее в подсосковые камеры доильных стаканов 6. Доильные стаканы 6 надевают на соски вымени. Начинается процесс доения.

Молоко из подсосковых камер доильных стаканов 6 поступает в молокоприемную камеру 35 коллектора 7 и далее по гибкому молочному шлангу 33 - в

(Продолжение прил. В)

ИЗ №2707518

молокоприемную камеру 24 датчика потока молока 18, откуда через сливное отверстие 25 стекает в поплавковую камеру 19. При интенсивности потока молока, поступающего в поплавковую камеру 19 из доильного аппарата 2, ниже заданного значения, например 200 мл/мин, оно успеет вытекать из поплавковой камеры 19 через сливное калиброванное отверстие 22, образуемое конусообразной иглой 21 в ее дне, в доильное ведро 3. При увеличении интенсивности потока молока и его накоплении в поплавковой камере 19, поплавок 20 всплывает, приподнимая вверх головку 28 плунжера 26, тем самым освободив опрокидывающуюся скобу 32, которая проворачиваясь, опускается в первоначальное положение, и датчик потока молока 18 переходит в режим слежения. При чрезмерном накоплении молока в поплавковой камере 19, его излишки перетекают по переливному патрубку 36 в доильное ведро 3. При завершении доения по мере уменьшения интенсивности потока молока поплавок 20 опускается вниз и при интенсивности ниже заданного значения, например 200 мл/мин, занимает крайнее нижнее положение, перекрыв клапаном 23 сливное отверстие 25, тем самым разъединив молокоприемную камеру 24 и поплавковую камеру 19 и отключив подачу вакуумметрического давления по гибкому молокопроводному шлангу 33 к доильному аппарату 2. Одновременно плунжер 26, перемещаясь вниз, совмещает со штуцером 31 гильзы 30 отверстие 27, через которое в полость плунжера 26 и далее через головку 28 и штуцер 29 по гибкому шлангу 50 вакуумметрическое давление поступает в камеру управления 49 пневмоусилителя 48. В результате пневмоусилитель 48 сообщает патрубок 46 с патрубком 47, тем самым обеспечив подачу вакуумметрического давления в пневмоцилиндр 5. Под воздействием вакуумметрического давления поршень 13, перемещаясь вниз, посредством обводного ролика 14 втягивает трос 15 внутрь пневмоцилиндра 5, который в свою очередь, обкатываясь по обводным роликам 11 и 12 поворотного рычага 10 за коллектор 7 снимает доильный аппарат 2 с вымени коровы и поднимает вверх до упора поршня 13 в дно пневмоцилиндра 5.

Доильный агрегат отключают от источника электроэнергии. Снимают крышку 17 доильного ведра с датчиком потока молока 18, сливают молоко из доильного ведра 3 в молокоприемный резервуар.

Доение завершено.

Применение данного доильного агрегата позволит повысить производительность труда на 35-40% и снизить заболеваемость вымени коров маститом на 12-14%.

Источники информации

RU 2482666 C2, A01J 5/003 (2006.01), 27.05.2013.

RU 2189737 C2, A01J 5/00 (2000.01), A 01.15/017 (2000.01), 27.09.2002.

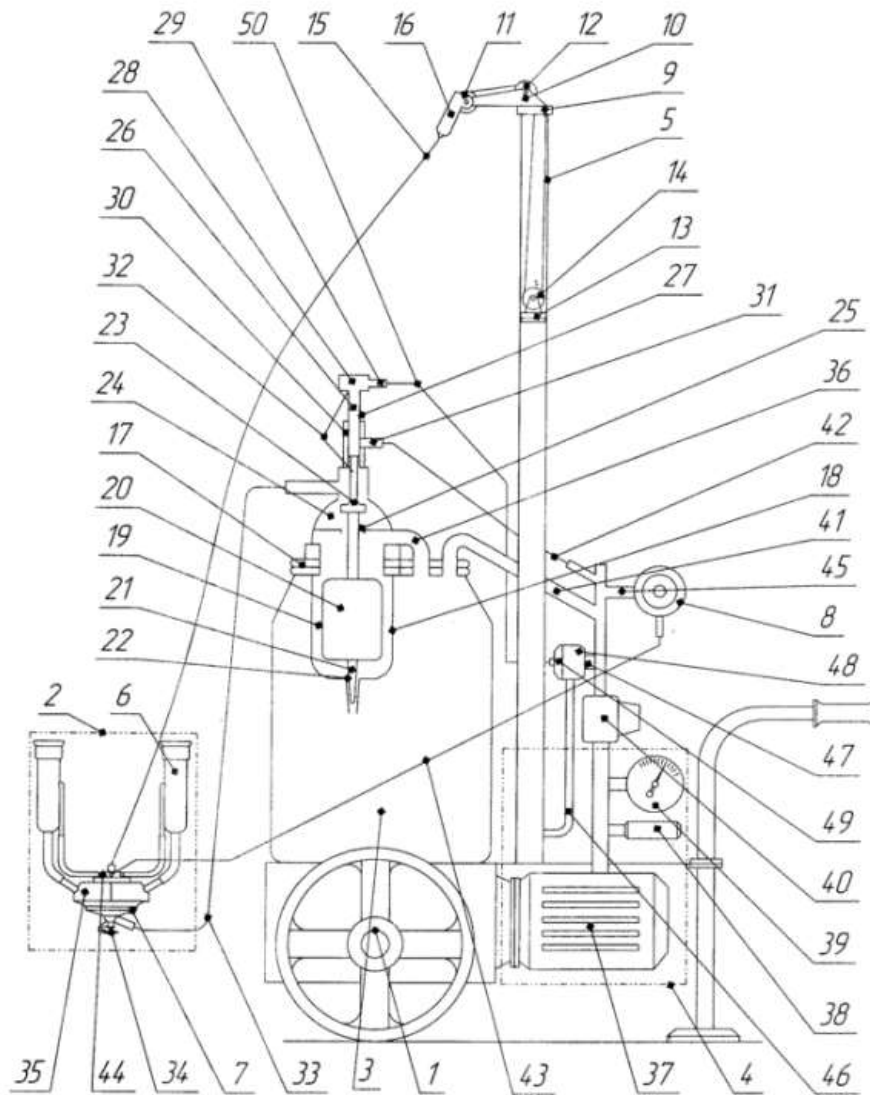
RU 2654245 C1, A01J 5/00 (2006.01), 17.05.2018.

Формула изобретения

Доильный агрегат, включающий шасси доильного агрегата, доильный аппарат, доильное ведро, вакуумную аппаратуру и вертикально установленный на шасси пневмоцилиндр снятия доильного аппарата по завершению процесса доения, к верхнему обрезу которого посредством подшипника прикреплен поворотный рычаг с обводными роликами, и поршень которого также содержит обводной ролик, отличающийся тем, что для удержания троса на обводных роликах к свободному концу поворотного рычага шарнирно прикреплен хвостовик; в крышке доильного ведра установлен датчик потока молока, выполненный в виде поплавковой камеры с поплавком, который в нижней части содержит конусообразную иглу, образующую в дне молокоприемной камеры сливное калиброванное отверстие, а к верхней его части последовательно присоединены клапан, в нижнем своем положении разъединяющий молокоприемную камеру и поплавковую камеру, и полый плунжер с отверстием и головкой со штуцером, который установлен в гильзе, снабженной штуцером, причем отверстие в плунжере выполнено таким образом, что при нижнем положении поплавка или установки датчика потока молока в стартовое положение перед установкой доильного аппарата на вымя коровы - с атмосферой; для установки датчика потока молока в стартовое положение гильза содержит опрокидывающуюся скобу, устанавливаемую под головку плунжера при перемещении сочленения головка - плунжер - клапан - поплавок вверх до упора; молокоприемная камера датчика потока молока гибким молочным шлангом, перекрываемым клапаном, соединена с молокоприемной камерой коллектора, а поплавковая камера переливным патрубком соединена с полостью доильного ведра; пневмоцилиндр к вакуумной аппаратуре подключен патрубками через пневмоусилитель, камера управления которого соединена со штуцером головки плунжера гибким шлангом.

(Продолжение прил. В)

ИЗ №2707518



Фиг. 1

Приложение Г.
(Обязательное)

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 683 478** ⁽¹³⁾ **C1**(51) МПК
[A01J 7/00 \(2006.01\)](#)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 28.03.2019)

<p>(21)(22) Заявка: 2018122571, 19.06.2018</p> <p>(24) Дата начала отсчета срока действия патента: 19.06.2018</p> <p>Дата регистрации: 28.03.2019</p> <p>Приоритет(ы): (22) Дата подачи заявки: 19.06.2018</p> <p>(45) Опубликовано: 28.03.2019 Бюл. № 10</p> <p>(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: Соловьев С.А. и др., "Теоретические основы определения плавности движения исполнительской части доильного манипулятора", "Известия Оренбургского государственного университета", N 2(30), 2011, с. 75-78. RU 2279797 C2, 20.07.2006. RU 2120744 C1, 27.10.1998. RU 2504951 C1, 27.01.2014. US 3973520 A1, 10.08.1976. US 4941433 A1, 17.07.1990.</p> <p>Адрес для переписки: 308503, Белгородская обл., Белгородский р-н, п. Майский, ул. Вавилова, 24, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, НЕ. Крючковой</p>	<p>(72) Автор(ы): Ужик Владимир Федорович (RU), Некпелов Станислав Игоревич (RU), Китаева Оксана Владимировна (RU), Кабашко Александр Андреевич (RU), Прокофьев Василий Валерьевич (RU)</p> <p>(73) Патентообладатель(и): Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина" (RU)</p>
---	---

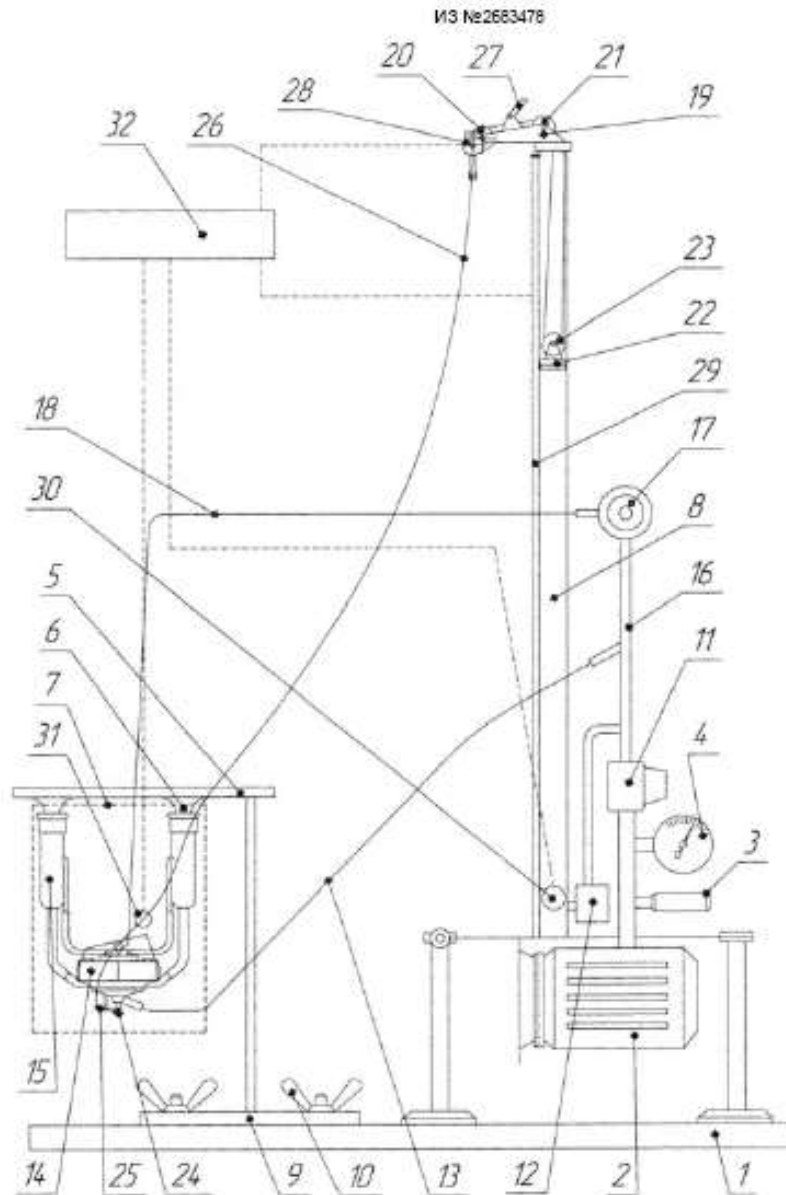
(54) Стенд для регистрации параметров траектории движения доильного аппарата при снятии с вымени коровы

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскому хозяйству, в частности к доильному оборудованию. Платформа (5) с искусственными сосками (6) прикреплена к остову (1) посредством ползуна (9) с фиксаторами (10). Вакуумный насос (2) через вентиль (11) и далее двухходовой электровентиль (12) соединен с пневмоцилиндром (8), эластичным молокопроводным шлангом (13) - с коллектором (14) доильного аппарата (7) и далее с подсосковыми камерами доильных стаканов (15), а также патрубком (16) с пульсатором (17). Пульсатор вакуумным шлангом (18) соединен с коллектором и далее с межстенными камерами доильных стаканов. Пневмоцилиндр на остова установлен вертикально и к его верхнему обрезу прикреплен рычаг (19) с обводными роликами (20) и (21). Поршень (22) пневмоцилиндра содержит обводной ролик (23). Для управления положением клапана (24) отключения доильного аппарата от вакуума на коллекторе установлен рычаг (25), к которому присоединен трос (26) пневмоцилиндра снятия доильного аппарата. Упрощается процесс регистрации параметров траектории движения доильного аппарата при снятии с вымени. 1 ил.

(Продолжение прил.Г)

31.03.2019



Фиг. 1

Изобретение относится к сельскому хозяйству, в частности к доильному оборудованию молочного животноводства и может быть использовано при испытаниях манипуляторов доильных аппаратов.

Известны следующие аналогичные устройства: стенд для испытаний доильных аппаратов [RU 2279797 C2, A01J 7/00 (2006.01), 01.11.2004], который содержит раму, искусственные соски, емкость с имитатором молока, коллектор, молочные и вакуумные шланги, доильное ведро, приборы управления стендом и вакуум-провод; стенд для испытаний манипуляторов доения [RU 2120744 C1, A01J 7/00 (1995.01), G09B 9/00 (1995.01), G09B 23/00(1995.01), G09B 23/28(1995.01), G09B 23/30(1995.01), G09B 23/36(1995.01), 08.04.1997], технической задачей которого является расширение области применения стенда за счет регистрации погрешности при определении местоположения имитаторов сосков путем измерения отклонения доильных стаканов в процессе их надевания на имитаторы сосков манипулятора. Доильный стакан, перемещаемый манипулятором поступательно вверх, воздействует на имитатор соска, утапливая его внутрь корпуса имитатора вымени. Контактный датчик, установленный

(Продолжение прил.Г)

31.03.2019

ИЗ №2683478

на горловине доильного стакана, соприкасаясь с датчиком положения соприкосновения, установленным на имитаторе вымени, замыкает его секторы.

Данные устройства не обеспечивают регистрацию параметров траектории движения доильного аппарата при снятии с вымени коровы, вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра и развиваемого усилия в тросе.

Наиболее близким к изобретению является использование для регистрации движения исполнительного механизма доильного манипулятора испытательного комплекса, который включает в себя две видеокамеры, компьютер и программное обеспечение. На исследуемый объект крепится светодиод, выполняющий функцию маркера. Видеофильтр накладывается на изображение камер программно таким образом, чтобы был виден только маркер. С помощью специальных алгоритмов, реализованных в программном обеспечении испытательного комплекса, перемещение маркера регистрируется камерами, после чего рассчитываются пространственные координаты объекта в отдельные моменты времени. Регистрация движения осуществляется дискретно, т.е. в результате испытания получают упорядоченные наборы значений (массив) пространственных координат объекта и интервалов времени, через которые были получены координаты [Соловьев С.А., В.Д. Павлидис, В.Г. Солдатов Теоретические основы определения плавности движения исполнительной части доильного манипулятора / С.А. Соловьев, В.Д. Павлидис, В.Г. Солдатов // Известия Оренбургского аграрного университета, №2(30). - 2011. - С. 75-78.].

Однако данный испытательный комплекс также не обеспечивает регистрацию параметров траектории движения доильного аппарата при снятии с вымени коровы, вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра и развиваемого усилия в тросе.

Задача изобретения - обеспечить регистрацию параметров траектории движения доильного аппарата при снятии с вымени коровы, вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра и развиваемого усилия в тросе.

Для достижения этого для фиксации доильного аппарата в исходном положении на требуемом удалении от пневмоцилиндра платформа с искусственными сосками прикреплена к остоу посредством ползуна с фиксаторами; вакуумный насос через вентиль и далее двухходовой электровентиль соединен с пневмоцилиндром, эластичным молокопроводным шлангом с коллектором доильного аппарата и далее с подсосковыми камерами доильных стаканов, а также патрубком с пульсатором, который в свою очередь вакуумным шлангом соединен с коллектором и далее с межстенными камерами доильных стаканов; пневмоцилиндр на остове установлен вертикально и к его верхнему обрезу прикреплен рычаг с обводными роликами; поршень пневмоцилиндра содержит обводной ролик; для управления положением клапана отключения доильного аппарата от вакуума при снятии доильного аппарата с искусственных сосков платформы в процессе исследования траектории движения доильного аппарата на коллекторе установлен рычаг, одним концом соединяемый с клапаном, а к другому присоединен трос пневмоцилиндра снятия доильного аппарата; противоположный конец троса через обводные ролики рычага и далее обводной ролик поршня прикреплен к верхнему обрезу пневмоцилиндра; для удержания троса в исходном положении перед установкой доильного аппарата на искусственные соски рычаг снабжен фиксатором, имеющим возможность механического удержания троса до подачи вакуумметрического давления через двухходовой электровентиль в пневмоцилиндр, а также переключения двухходового электроventиля на подачу атмосферного давления в пневмоцилиндр; для регистрации угла отклонения от вертикали троса в процессе исследования траектории движения доильного аппарата при снятии с искусственных сосков рычаг содержит датчик, для измерения перемещения доильного аппарата в вертикальной плоскости пневмоцилиндр снабжен датчиком положения поршня, для регистрации вакуумметрического давления, развиваемого в пневмоцилиндре в процессе движения доильного аппарата, установлен датчик давления, для измерения усилия в тросе установлен силоизмерительный датчик, при этом все датчики соединены с регистратором сигналов.

Предлагаемое изобретение будет понято из следующего описания и приложенного

(Продолжение прил.Г)

ИЗ №2683478

31.03.2019

чертежа.

На фиг. 1 приведена схема стенда для регистрации параметров траектории движения доильного аппарата при снятии с вымени коровы, общий вид.

Стенд для регистрации параметров траектории движения доильного аппарата при снятии с вымени коровы (фиг. 1) включает остов 1, на котором установлен вакуумный насос 2 с вакуумрегулятором 3 и вакуумметром 4, платформу 5 с искусственными сосками 6, доильный аппарат 7 и пневмоцилиндр 8 снятия доильного аппарата 7. Для фиксации доильного аппарата 7 в исходном положении на требуемом удалении от пневмоцилиндра 8 платформа 5 с искусственными сосками 6 прикреплена к остову 1 посредством ползуна 9 с фиксаторами 10. Вакуумный насос 2 через вентиль 11 и далее двухходовой электровентиль 12 соединен с пневмоцилиндром 8, эластичным молокопроводным шлангом 13 - с коллектором 14 доильного аппарата 7 и далее с подсосковыми камерами доильных стаканов 15, а также патрубком 16 с пульсатором 17, который в свою очередь вакуумным шлангом 18 соединен с коллектором 14 и далее с межстенными камерами доильных стаканов 15. Пневмоцилиндр 8 на остове 1 установлен вертикально и к его верхнему обрезу прикреплен рычаг 19 с обводными роликами 20 и 21. Поршень 22 пневмоцилиндра 8 содержит обводной ролик 23. Для управления положением клапана 24 отключения доильного аппарата от вакуума, при снятии доильного аппарата 7 с искусственных сосков 6 платформы 5 в процессе исследования траектории движения доильного аппарата 7, на коллекторе 14 установлен рычаг 25, одним концом соединенный с клапаном 24, а к другому присоединен трос 26 пневмоцилиндра 8 снятия доильного аппарата 7.

Противоположный конец троса 26 через обводные ролики 20 и 21 рычага 19 и далее обводной ролик 23 поршня 22 прикреплен к верхнему обрезу пневмоцилиндра 8. Для удержания троса 26 в исходном положении перед установкой доильного аппарата 7 на искусственные соски 6 рычаг 19 снабжен фиксатором 27, имеющим возможность механического удержания троса 26 до подачи вакуумметрического давления через двухходовой электровентиль 12 в пневмоцилиндр 8, а также переключения двухходового электровентилля 12 на подачу атмосферного давления в пневмоцилиндр 8. Для регистрации угла отклонения от вертикали троса 26 в процессе исследования траектории движения доильного аппарата 7 при снятии с искусственных сосков 6 рычаг 19 снабжен датчиком 28. Для измерения перемещения доильного аппарата 7 в вертикальной плоскости, пневмоцилиндр 8 снабжен датчиком 29 положения поршня 22. Для регистрации вакуумметрического давления, развиваемого в пневмоцилиндре 8 в процессе движения доильного аппарата 7, установлен датчик давления 30. Для измерения усилия в тросе 26 установлен силоизмерительный датчик 31. Датчики 28, 29, 30 и 31 соединены с регистратором сигналов 32.

Измерение и регистрацию параметров траектории движения доильного аппарата 7 при снятии доильных стаканов 15 с прикрепленных к платформе 5 искусственных сосков 6 пневмоцилиндром 8 (фиг. 1), вакуумметрического давления в пневмоцилиндре 8, а также усилия в тросе 26, осуществляют следующим образом.

Перемещая ползун 9 по остову 1 устанавливают платформу 5 с искусственными сосками 6 на требуемом удалении от пневмоцилиндра 8 и фиксируют фиксаторами 10. Включают установленный на остове 1 вакуумный насос 2. Вакуумрегулятором 3 устанавливают заданное вакуумметрическое давление, например 48 кПа, контролируя его значение вакуумметром 4. Посредством двухходового электровентилля 12 пневмоцилиндр 8 сообщают с атмосферой. Затем открывают вентиль 11. При этом вакуумметрическое давление от вакуумного насоса 2 поступает к двухходовому электровентиллю 12, по эластичному молокопроводному шлангу 13 к закрытому клапану 24 коллектора 14 доильного аппарата 7, а также по патрубку 16 в пульсатор 17, откуда уже пульсирующий вакуум по вакуумному шлангу 18 поступает к коллектору 14 и далее в межстенные камеры доильных стаканов 15. Удерживая руками доильный аппарат 7 фиксатором 27 освобождают трос 26. Доильный аппарат перемещают к платформе 5. При этом трос 26, обхватываясь по обводным роликам 20 и 21 рычага 19, выдвигается из пневмоцилиндра 8, одновременно, обхватываясь по обводному ролику 23, перемещая поршень 22 вверх, в исходное положение. Открывают клапан 24. В результате вакуумметрическое давление поступает в коллектор 14 доильного аппарата 7 и далее в подсосковые камеры доильных стаканов

(Продолжение прил.Г)

31.03.2019

ИЗ №2683478

15. Доильные стаканы 15 устанавливают на искусственные соски 6 платформы 5, тем самым зафиксировав доильный аппарат 7 в исходном положении. Включают регистратор сигнала 29.

Стенд подготовлен к измерению параметров траектории движения доильного аппарата 7 после снятия его с искусственных сосков 6.

Затем посредством двухходового электроventиля 12 пневмоцилиндр 8 сообщает с вакуумным насосом 2. При этом поршень 22 посредством обводного ролика 23 воздействует на трос 26, втягивая его, тем самым создавая усилие снятия и перемещения доильного аппарата 7 в вертикальной плоскости. При этом трос 26, обхватываясь по обводным роликам 20 и 21 рычага 19, натягиваясь и взаимодействуя с датчиком 28 регистрации угла отклонения от вертикали троса 26, воздействует на рычаг 25, установленный на коллекторе 14, который противоположным концом закрывает клапан 24, тем самым отсоединяя доильный аппарат 7 от вакуумного насоса 2 и снимая его с искусственных сосков 6. Начинается движение доильного аппарата 7 под воздействием земного притяжения и усилия, развиваемого пневмоцилиндром 8. При этом сигналы, формируемые датчиком 28 регистрации угла отклонения от вертикали троса 26, датчиком 29 положения поршня 22 в пневмоцилиндре 8, датчиком давления 30 вакуумметрического давления в пневмоцилиндре 8, а также силоизмерительным датчиком 31 усилия, развиваемого в тросе 26, фиксирует во временном интервале регистратор сигнала 32. При достижении доильным аппаратом 7 крайнего верхнего положения фиксатором 27 закрепляют трос 26 и выключают вакуумный насос 2.

Измерение параметров траектории движения доильного аппарата 7 после снятия с искусственных сосков 6 завершено.

Полученные данные используют при графическом отображении, математическом описании траектории движения доильного аппарата, а также обосновании конструктивно-режимных параметров пневмоцилиндра снятия доильного аппарата.

Источники информации

1. RU 2279797 C2, A01J 7/00 (2006.01), 01.11.2004;
2. RU 2120744 C1, A01J 7/00(1995.01), G09B 9/00(1995.01), G09B 23/00(1995.01), G09B 23/28(1995.01), G09B 23/30(1995.01), G09B 23/36(1995.01), 08.04.1997;
3. Соловьев С.А., В.Д. Павлидис, В.Г. Солдатов Теоретические основы определения плавности движения исполнительной части доильного манипулятора / С.А. Соловьев, В.Д. Павлидис, В.Г. Солдатов // Известия Оренбургского аграрного университета, №2(30). - 2011. - С. 75-78.

Формула изобретения

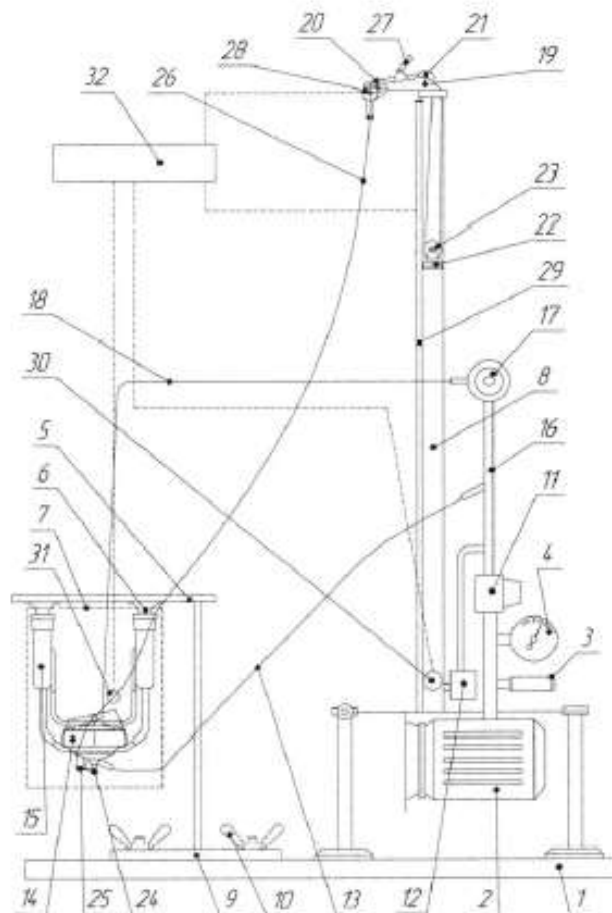
Стенд для регистрации параметров траектории движения доильного аппарата при снятии с вымени коровы, включающий остов, на котором установлен вакуумный насос с вакуумрегулятором и вакуумметром, платформу с искусственными сосками, доильный аппарат и пневмоцилиндр снятия доильного аппарата, в котором для фиксации доильного аппарата в исходном положении на требуемом удалении от пневмоцилиндра платформа с искусственными сосками прикреплена к остову посредством ползуна с фиксаторами, вакуумный насос через вентиль и далее двухходовой электроventиль соединен с пневмоцилиндром, эластичным молокопроводным шлангом с коллектором доильного аппарата и далее с подсосковыми камерами доильных стаканов, а также патрубком с пульсатором, который в свою очередь вакуумным шлангом соединен с коллектором и далее с межстенными камерами доильных стаканов, пневмоцилиндр на остове установлен вертикально и к его верхнему обрезу прикреплен рычаг с обводными роликами, поршень пневмоцилиндра содержит обводной ролик, для управления положением клапана отключения доильного аппарата от вакуума при снятии доильного аппарата с искусственных сосков платформы в процессе исследования траектории движения доильного аппарата на коллекторе установлен рычаг, одним концом соединяемый с клапаном, а к другому присоединен трос пневмоцилиндра снятия доильного аппарата, противоположный конец троса через обводные ролики рычага и далее обводной ролик поршня прикреплен к верхнему обрезу пневмоцилиндра, для

(Продолжение прил.Г)

31.03.2019

ИЗ №2683478

удержания троса в исходном положении перед установкой доильного аппарата на искусственные соски, рычаг снабжен фиксатором, имеющим возможность механического удержания троса до подачи вакуумметрического давления через двухходовой электроventиль в пневмоцилиндр, а также переключения двухходового электроventиля на подачу атмосферного давления в пневмоцилиндр, для регистрации угла отклонения от вертикали троса в процессе исследования траектории движения доильного аппарата при снятии с искусственных сосков рычаг содержит датчик, для измерения перемещения доильного аппарата в вертикальной плоскости, пневмоцилиндр снабжен датчиком положения поршня, для регистрации вакуумметрического давления, развиваемого в пневмоцилиндре в процессе движения доильного аппарата, установлен датчик давления, для измерения усилия в тросе установлен силоизмерительный датчик, при этом все датчики соединены с регистратором сигналов.



Фиг 1

Приложение Д.
(Справочное)

Адекватность эмпирических уравнений опытным данным.
Сила натяжения троса

ВЫВОД ИТОГОВ

Регрессионная статистика

Множественный

R 0,974921

R-квадрат 0,950471

Нормированный

R-квадрат 0,867921

Стандартная

ошибка 2,183447

Наблюдения 9

Дисперсионный анализ

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значим. F</i>	
Регрессия	5	274,461676	54,892335	11,51400	0,0357725	
Остаток	3	14,30232086	4,7674402			
Итого	8	288,7639969				
	<i>Коэффиц.</i>	<i>Станд. ошиб.</i>	<i>t-стат.</i>	<i>P-Знач.</i>	<i>Нижн. 95%</i>	<i>Верхн. 95%</i>
У-пересеч.	38,39089	0,727815627	52,748096	1,501E-05	36,074654	40,7071230
Перем. X 1	2,795167	0,891388457	3,1357447	0,051834	-0,0416292	5,63196258
Перем. X 2	-4,8985	0,891388457	-5,4953594	0,011857	-7,7352959	-2,0617041
Перем. X 3	-4,05875	1,091723441	-3,7177455	0,033859	-7,5331012	-0,58439877
Перем. X 4	-1,78735	1,544084505	-1,1575437	0,330841	-6,7013114	3,12662062
Перем. X 5	-2,3804	1,544084505	-1,5416285	0,220825	-7,2943707	2,53356132

$$y = 38.391 + 2.795x_1 - 4.899x_2 - 4.059x_1x_2 - 1.787x_1^2 - 2.38x_2^2$$

$$F_{12} = 32.269 + 17.372a + 9.8 \alpha - 16.906a \alpha - 4.96a^2 - 14.875 \alpha^2$$

ВЫВОД ИТОГОВ

Регрессионная статистика

Множественный R 0,974912

R-квадрат 0,950453

Нормированный R-

квадрат 0,867875

Станд. ошиб. 1,871833

Наблюдения 9

Дисперсионный анализ

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значим. F</i>	
Регрессия	5	201,6369407	40,327388	11,50974	0,0357908	
Остаток	3	10,51128153	3,5037605			
Итого	8	212,1482222				
	<i>Коэффиц.</i>	<i>Станд. ошиб.</i>	<i>t-стат.</i>	<i>P-Знач.</i>	<i>Нижн. 95%</i>	<i>Верхн. 95%</i>
У-пересеч.	32,90644	0,623944487	52,739378	1,501E-05	30,920774	34,8921142

(Продолжение прил. Д)

Перем. X 1	2,395667	0,764172811	3,1349802	0,051864	-0,0362723	4,82760560
Перем. X 2	-4,19867	0,764172811	-5,4943942	0,011863	-6,6306056	-1,76672773
Перем. X 3	-3,47875	0,935916731	-3,7169439	0,033878	-6,4572547	-0,50024526
Перем. X 4	-1,53249	1,323718506	-1,1577133	0,330781	-5,7451497	2,68017648
Перем. X 5	-2,04054	1,323718506	-1,5415191	0,220850	-6,2532005	2,17212568

$$y = 32.906 + 2.396x_1 - 4.199x_2 - 3.479x_1x_2 - 1.533x_1^2 - 2.041x_2^2$$

$$F_{11} = 27.656 + 14.896a + 8.405 \alpha - 14.49a \alpha - 4.255a^2 - 12.756 \alpha^2$$

ВЫВОД ИТОГОВ						
<i>Регрессионная статистика</i>						
Множествен. R	0,974907					
R-квадрат	0,950444					
Нормир. R-квадр.	0,867852					
Станд. ошиб.	2,495896					
Наблюдения	9					
<i>Дисперсионный анализ</i>						
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значим. F</i>	
Регрессия	5	358,4327671	71,6865534	11,507597	0,03580012	
Остаток	3	18,68849378	6,22949793			
Итого	8	377,1212609				
	<i>Коэффиц.</i>	<i>Станд. ошиб.</i>	<i>t-стат.</i>	<i>P-Знач.</i>	<i>Нижн. 95%</i>	<i>Верхн. 95%</i>
Y-пересеч.	43,87511	0,831965406	52,7367013	1,502E-05	41,2274259	46,52279634
Перем. X 1	3,194167	1,018945364	3,13477717	0,051873	-0,0485722	6,436905574
Перем. X 2	-5,598	1,018945364	-5,49391577	0,0118661	-8,8407389	-2,35526109
Перем. X 3	-4,638	1,247948108	-3,71650068	0,0338889	-8,6095278	-0,66647215
Перем. X 4	-2,04304	1,765041644	-1,1575011	0,3308562	-7,6601879	3,574112622
Перем. X 5	-2,72061	1,765041644	-1,54138312	0,220882	-8,3377557	2,896544865

$$y = 43,875 + 3,194x_1 - 5,598x_2 - 4,638x_1x_2 - 2,043x_1^2 - 2,721x_2^2$$

$$F_1 = 36.877 + 19.855a + 11.205 \alpha - 19,317a \alpha - 5.67a^2 - 17.006 \alpha^2$$

Приложение Е.
(Справочное)

Адекватность теоретической и эмпирической моделей, характеризующих зависимость силы натяжения троса по траектории движения от начального удаления (а) доильного аппарата
м=3 кг

№	Эксперимент			Уравн регр	Теоретич. уравн
	1	2	3		
1.	27.111	24.452	23.125	24.05	26,710
2.	41.124	39.298	38.456	39.404	40,625
3.	30.455	26.314	25.313	26.216	30,000
4.	26.576	27.526	30.587	27.656	30,000
5.	32.578	32.804	36.816	32.905	35,761
6.	32.657	33.67	38.689	33.77	37,039
7.	27.875	28.587	31.876	28.977	30,000
8.	25.565	26.525	28.611	26.666	27,373
9.	34.256	35.46	39.162	35.062	38,650

ФИКСИР. X ПОВТОР ,X СРЕДН.
1 2 3

1.0	27.11	24.45	23.13	24.90
2.0	41.12	39.30	38.46	39.63
3.0	30.46	26.31	25.31	27.36
4.0	26.58	27.53	30.59	28.23
5.0	32.58	32.80	36.82	34.07
6.0	32.66	33.67	38.69	35.01
7.0	27.88	28.59	31.88	29.45
8.0	25.57	26.53	28.61	26.90
9.0	34.26	35.46	39.16	36.29

ПРОВЕРКА СХОДИМОСТИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭМПИРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

ОСТАТ. ДИСПЕР.	СУМ. КВАДРАТ.	СТЕП. СВОБ.	СРЕДН. КВАДР.	F-ФАКТ. Fф	F05
ТЕОРЕТ.ФУНК.	116.08570	21	5.52789	1.39	2.42
ОЦЕН. ФУНК.	61.64269	8	7.70534		

С ВЕРОЯТН-Ю 95%

ЭМПИРИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ АДЕКВАТНО ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ УРАВНЕНИЮ

(Продолжение прил. Е)

 $m=3,5кг$

№	Эксперимент			Уравн регр	Теоретич. уравн
	1	2	3		
10.	27.112	28.452	31,524	28.063	31,162
11.	44.965	45.758	47,864	45.973	47,397
12.	29.254	30.453	36,011	30.589	35,000
13.	31.231	32.357	35,687	32.269	35,000
14.	37.521	38.159	41,912	38.389	41,721
15.	38.657	39.456	43,814	39.398	43,212
16.	32.758	33.753	36,124	33.809	35,000
17.	30.254	31.458	32,957	31.111	31,935
18.	40.101	40.402	45,879	40.907	45,091

 ФИКСИР. X ПОВТОР ,X СРЕДН.
 1 2 3

 1.0 27.11 28.45 31.52 29.03
 2.0 44.97 45.76 47.86 46.20
 3.0 29.25 30.45 36.01 31.91
 4.0 31.23 32.36 35.69 33.09
 5.0 37.52 38.16 41.91 39.20
 6.0 38.66 39.46 43.81 40.64
 7.0 32.76 33.75 36.12 34.21
 8.0 30.25 31.46 32.96 31.56
 9.0 40.10 40.40 45.88 42.13

ПРОВЕРКА СХОДИМОСТИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭМПИРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

 ОСТАТ. СУМ. СТЕП. СРЕДН. F-ФАКТ.
 ДИСПЕР. КВАДРАТ. СВОБ. КВАДР. Fφ F05

 ТЕОРЕТ.ФУНК. 131.26550 21 6.25074 1.68 2.42
 ОЦЕН. ФУНК. 83.79901 8 10.47488
 С ВЕРОЯТН-Ю 95%

ЭМПИРИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ АДЕКВАТНО ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ УРАВНЕНИЮ

(Продолжение прил. Е)

m=4 кг

№	Эксперимент			Уравн регр	Теоретич. уравн
	1	2	3		
19.	36.03	33.06	30.10	32.074	35,614
20.	54.43	51.44	48.45	52.538	54,166
21.	40.15	35.96	31.77	34.957	40,000
22.	33.12	36.67	40.21	36.877	40,000
23.	48.00	42.77	37.54	43.873	47,681
24.	50.24	44.43	38.62	44.074	49,385
25.	38.66	39.66	40.66	38.638	40,000
26.	35.59	36.86	38.13	35.557	36,497
27.	55.63	45.65	37.67	46.749	51,533

ФИКСИР. X ПОВТОР ,X СРЕДН.
1 2 3

1.0	36.03	33.06	30.10	33.06
2.0	54.43	51.44	48.45	51.44
3.0	40.15	35.96	31.77	35.96
4.0	33.12	36.67	40.21	36.67
5.0	48.00	42.77	37.54	42.77
6.0	50.24	44.43	38.62	44.43
7.0	38.66	39.66	40.66	39.66
8.0	35.59	36.86	38.13	36.86
9.0	53.63	45.65	37.67	45.65

ПЕЧАТЬ ТАБЛИЦЫ ТРЕБУЕТСЯ ?(Y/N)?

ПРОВЕРКА СХОДИМОСТИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭМПИРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

ОСТАТ. СУМ. СТЕП. СРЕДН. F-ФАКТ.
ДИСПЕР. КВАДРАТ. СВОБ. КВАДР. Fф F05

ТЕОРЕТ.ФУНК. 376.64300 22 17.12014 1.29 3.13
ОЦЕН . ФУНК. 106.49310 8 13.31164

С ВЕРОЯТН-Ю 95%

ЭМПИРИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ АДЕКВАТНО ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ УРАВНЕНИЮ

ПЕЧАТЬ ТАБЛИЦЫ ТРЕБУЕТСЯ ?(Y/N)?

Приложение Ж.
(Справочное)

Адекватность теоретической и эмпирической моделей, характеризующих зависимость времени движения от начального удаления (а) доильного аппарата

№	Эксперимент			Уравн регр	Теоретич. уравн
	1	2	3		
28.	0,42	0,33	0,28	0,30	0,33
29.	0,45	0,37	0,34	0,38	0,36
30.	0,51	0,43	0,40	0,41	0,42
31.	0,57	0,49	0,45	0,52	0,48
32.	0,63	0,54	0,52	0,58	0,54
33.	0,72	0,55	0,53	0,57	0,599
34.	0,73	0,65	0,61	0,69	0,64

ФИКСИР. X ПОВТОР ,X СРЕДН.
 1 2 3

1.0 0.42 0.33 0.28 0.34
2.0 0.45 0.37 0.34 0.39
3.0 0.51 0.43 0.40 0.45
4.0 0.57 0.49 0.45 0.50
5.0 0.63 0.54 0.52 0.56
6.0 0.72 0.55 0.53 0.60
7.0 0.73 0.65 0.61 0.66

ПЕЧАТЬ ТАБЛИЦЫ ТРЕБУЕТСЯ ?(Y/N)?
ПРОВЕРКА СХОДИМОСТИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭМПИРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

ОСТАТ. СУМ. СТЕП. СРЕДН. F-ФАКТ.
ДИСПЕР. КВАДРАТ. СВОБ. КВАДР. Fφ F05

ТЕОРЕТ.ФУНК. 0.08290 17 0.00488 3.68 3.90
ОЦЕН . ФУНК. 0.00794 6 0.00132

С ВЕРОЯТН-Ю 95%
ЭМПИРИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ АДЕКВАТНО ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ УРАВНЕНИЮ
ПЕЧАТЬ ТАБЛИЦЫ ТРЕБУЕТСЯ ?(Y/N)?

Приложение 3.
(Справочное)

Адекватность теоретических и эмпирических моделей, характеризующих зависимость положения центра тяжести агрегата по оси X и Y от вертикальной составляющей F_y веса доильного аппарата, имитируемой эталонными гирями класса E_1 массы, а также угла β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат

№	Эксперимент			Уравн регр	Теоретич. уравн
	1	2	3		
35.	0,330	0,342	0,355	0,332	0,342
36.	0,349	0,361	0,376	0,3561	0,361
37.	0,343	0,355	0,369	0,350	0,355
38.	0,347	0,357	0,371	0,368	0,357
39.	0,341	0,354	0,369	0,344	0,354
40.	0,340	0,352	0,367	0,343	0,352
41.	0,341	0,356	0,369	0,346	0,356
42.	0,335	0,348	0,366	0,358	0,348
43.	0,346	0,359	0,372	0,365	0,359

ФИКСИР. X ПОВТОР ,X СРЕДН.
1 2 3

1.0	0.33	0.34	0.36	0.34
2.0	0.35	0.36	0.38	0.36
3.0	0.34	0.36	0.37	0.36
4.0	0.35	0.36	0.37	0.36
5.0	0.34	0.35	0.37	0.35
6.0	0.34	0.35	0.37	0.35
7.0	0.34	0.36	0.37	0.36
8.0	0.34	0.35	0.37	0.35
9.0	0.35	0.36	0.37	0.36

ПЕЧАТЬ ТАБЛИЦЫ ТРЕБУЕТСЯ ?(Y/N)?
ПРОВЕРКА СХОДИМОСТИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭМПИРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

ОСТАТ. СУМ. СТЕП. СРЕДН. F-ФАКТ.
ДИСПЕР. КВАДРАТ. СВОБ. КВАДР. Fφ F05

ТЕОРЕТ.ФУНК. 0.00531 21 0.00025 2.94 3.13
ОЦЕН. ФУНК. 0.00069 8 0.00009

С ВЕРОЯТН-Ю 95%

ЭМПИРИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ АДЕКВАТНО ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ УРАВНЕНИЮ

(Продолжение прил. 3)

№	Эксперимент			Уравн регр	Теоретич. уравн
	1	2	3		
44.	0,0029	0,0027	0,000	0,0027	0,000
45.	0,0027	0,0031	0,000	0,0027	0,000
46.	0,011	0	0,000	0	0,000
47.	0,011	0	0,000	0	0,000
48.	0,0081	0,0069	0,003	0,0069	0,006
49.	0,0093	0,0081	0,005	0,0081	0,010
50.	0,006	0,0054	0,0005	0,0054	0,001
51.	0,002	0,0014	0,001	0,0014	0,000
52.	0,002	0,0014	0,001	0,0014	0,000

ФИКСИР. X ПОВТОР ,X СРЕДН.
 1 2 3

1.0	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0	0.00	0.00	0.00	0.00
3.0	0.01	0.00	0.00	0.00
4.0	0.01	0.00	0.00	0.00
5.0	0.01	0.01	0.00	0.01
6.0	0.01	0.01	0.01	0.01
7.0	0.01	0.01	0.00	0.00
8.0	0.00	0.00	0.00	0.00
9.0	0.00	0.00	0.00	0.00

ПЕЧАТЬ ТАБЛИЦЫ ТРЕБУЕТСЯ ?(Y/N)?

ПРОВЕРКА СХОДИМОСТИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭМПИРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

ОСТАТ. ДИСПЕР.	СУМ. КВАДРАТ.	СТЕП. СВОБ.	СРЕДН. КВАДР.	F-ФАКТ. Fφ	F05
-------------------	------------------	----------------	------------------	---------------	-----

ТЕОРЕТ.ФУНК.	0.00031	21	0.00001	2.79	3.13
ОЦЕН . ФУНК.	0.00004	8	0.00001		

С ВЕРОЯТН-Ю 95%

ЭМПИРИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ АДЕКВАТНО ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ УРАВНЕНИЮ

ПЕЧАТЬ ТАБЛИЦЫ ТРЕБУЕТСЯ ?(Y/N)?

Приложение И.
(Справочное)

Адекватность эмпирического уравнения опытными данным по нагрузке на опору
А.

ВЫВОД ИТОГОВ

<i>Регрессионная статистика</i>	
Множественный R	0,972602
R-квадрат	0,945954
Нормированный R-квадрат	0,855878
Станд. ошиб.	19,10764
Наблюдения	9

Дисперсионный анализ

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значим. F</i>
Регрессия	5	19170,9	3834,18	10,50167	0,040605
Остаток	3	1095,306	365,102		
Итого	8	20266,21			

	<i>Коэффиц.</i>	<i>Станд. ошиб.</i>	<i>t-статист.</i>	<i>P-Знач.</i>	<i>Нижн. 95%</i>	<i>Верхн. 95%</i>
У-пересеч.	209,3024	6,369214	32,86158	6,19E-05	189,0328	229,5721
Перем. X 1	6,389667	7,800663	0,819118	0,472733	-18,4355	31,21486
Перем. X 2	-26,453	7,800663	-3,39112	0,04274	-51,2782	-1,62781
Перем. X 3	-8,799	9,553821	-0,92099	0,424978	-39,2035	21,60552
Перем. X 4	-10,5314	13,5125	-0,77938	0,492588	-53,5342	32,4714
Перем. X 5	-84,2578	13,5125	-6,23554	0,008318	-127,261	-41,255

$$y = 209,302 + 6,39x_1 - 26,453x_2 - 8,799x_3 - 10,531x_4 - 84,257x_5$$

$$y = 173,533 + 116,956\alpha + 95,885\beta - 14,01\alpha\beta - 65,819\alpha^2 - 34,178\beta^2$$

Адекватность эмпирического уравнения опытными данным по нагрузке на опору
В.

ВЫВОД ИТОГОВ

<i>Регрессионная статистика</i>	
Множественный R	0,972639
R-квадрат	0,946026
Нормированный R-квадрат	0,856069
Станд. ошиб.	19,10561
Наблюдения	9

Дисперсионный анализ

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значим. F</i>
Регрессия	5	19193,7	3838,74	10,5164	0,040527
Остаток	3	1095,073	365,0242		
Итого	8	20288,77			

	<i>Коэффиц.</i>	<i>Станд. ошиб.</i>	<i>t-статист.</i>	<i>P-Знач.</i>	<i>Нижн. 95%</i>	<i>Верхн. 95%</i>
У-пересеч.	153,0368	6,368535	24,03014	0,000158	132,7693	173,3043
Перем. X 1	-6,38533	7,799831	-0,81865	0,472963	-31,2079	18,43721

(Продолжение прил. И)

Перем. X 2	-26,5665	7,799831	-3,40604	0,042274	-51,389	-1,74396
Перем. X 3	-8,8205	9,552803	-0,92334	0,42393	-39,2218	21,58078
Перем. X 4	10,52472	13,51105	0,778971	0,492797	-32,4735	53,52293
Перем. X 5	84,21559	13,51105	6,233088	0,008327	41,21738	127,2138

$$y = 153,0368 - 6,3853x_1 - 26,5665x_2 - 8,8205x_1x_2 + 10,5247x_1^2 + 84,2156x_2^2$$

$$y = 213,8467 - 72,8472\alpha - 115,7673\beta - 14,0444\alpha\beta + 65,7794\alpha^2 + 34,1614\beta^2$$

Адекватность эмпирического уравнения опытными данным по нагрузке на опору О.

ВЫВОД ИТОГОВ

<i>Регрессионная статистика</i>					
Множественный R	0,982215				
R-квадрат	0,964746				
Нормированный R-квадрат	0,905991				
Станд. ошиб.	14,85129				
Наблюдения	9				
<i>Дисперсионный анализ</i>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значим. F</i>
Регрессия	5	18107,58	3621,516	16,41959	0,021766
Остаток	3	661,6823	220,5608		
Итого	8	18769,26			
	<i>Кoeffиц.</i>	<i>Станд. ошиб.</i>	<i>t-статист.</i>	<i>P-Знач.</i>	<i>Нижн. 95%</i>
Y-пересеч.	109,6607	4,950429	22,15176	0,000201	93,90622
Перем. X 1	-0,00463	6,063013	-0,00076	0,999438	-19,2998
Перем. X 2	53,01862	6,063013	8,744599	0,003149	33,7234
Перем. X 3	17,61913	7,425644	2,37274	0,09826	-6,01259
Перем. X 4	0,006001	10,5025	0,000571	0,99958	-33,4176
Перем. X 5	0,042254	10,5025	0,004023	0,997042	-33,3814

$$y = 109,6607 - 0,0046x_1 + 53,0186x_2 + 17,6191x_1x_2 + 0,006x_1^2 + 0,0423x_2^2$$

$$y = 83,1335 - 44,1043\alpha + 16,8813\beta + 28,054\alpha\beta + 0,0375\alpha^2 + 0,0172\beta^2$$

(Продолжение прил. II)

Адекватность теоретических и эмпирических моделей, характеризующих
реакции на опорах шасси мобильного агрегата

Опора А

№	Эксперимент			Уравн регр	Теоретич. уравн
	1	2	3		
53.	141,456	146,245	152, 579	144,77	149,679
54.	228,245	219,428	209,358	224,664	212,769
55.	144,57	155,125	171,428	149,59	167,256
56.	191,123	194,753	199,964	194,29	195,150
57.	270,785	278,428	289,356	273,105	286,506
58.	265,486	270,248	277,728	268,962	274,098
59.	258,357	251,758	233,356	256,185	235,802
60.	159,843	153,156	145,125	157,711	147,364
61.	224,159	221,354	211,153	220,969	215,098

ФИКСИР. X ПОВТОР ,X СРЕДН.
1 2 3

1.0 141.46 146.25 152.58 146.76
2.0 228.25 219.43 209.36 219.01
3.0 144.57 155.13 171.43 157.04
4.0 191.12 194.75 199.96 195.28
5.0 270.79 278.43 289.36 279.52
6.0 265.49 270.25 277.73 271.15
7.0 258.36 251.76 233.36 247.82
8.0 159.84 153.16 145.13 152.71
9.0 224.16 221.35 211.15 218.89

ПЕЧАТЬ ТАБЛИЦЫ ТРЕБУЕТСЯ ?(Y/N)?

ПРОВЕРКА СХОДИМОСТИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭМПИРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

ОСТАТ. СУМ. СТЕП. СРЕДН. F-ФАКТ.
ДИСПЕР. КВАДРАТ. СВОБ. КВАДР. Fф F05

ТЕОРЕТ.ФУНК. 2117.02600 21 100.81080 1.51 2.42
ОЦЕН . ФУНК. 1218.47000 8 152.30870

С ВЕРОЯТН-Ю 95%

ЭМПИРИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ АДЕКВАТНО ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ УРАВНЕНИЮ

(Продолжение прил. II)

Адекватность теоретических и эмпирических моделей, характеризующих
реакции на опорах шасси мобильного агрегата

Опора В

№	Эксперимент			Уравн регр	Теоретич. уравн
	1	2	3		
62.	132,534	138,988	153,4453	135,988	149,432
63.	205,654	29,779	214,754	206,779	212,769
64.	164,258	166,453	173,095	166,397	167,095
65.	203,822	198,586	193,235	201,908	195,150
66.	85,246	80,159	73,452	83,039	75,874
67.	89,159	87,753	86,325	87,179	88,277
68.	97,576	110,854	128,864	99,918	126,545
69.	138,846	143,156	148,254	140,668	147,091
70.	190,825	194,456	218,845	193,819	215,098

ФИКСИР. X ПОВТОР ,X СРЕДН.
1 2 3

1.0	132.53	138.99	153.45	141.66
2.0	205.65	209.78	214.75	210.06
3.0	164.26	166.45	173.10	167.94
4.0	203.82	198.59	193.24	198.55
5.0	85.25	80.16	73.45	79.62
6.0	89.16	87.75	86.33	87.75
7.0	97.58	110.85	128.86	112.43
8.0	138.85	143.16	148.25	143.42
9.0	190.83	194.46	218.85	201.38

ПЕЧАТЬ ТАБЛИЦЫ ТРЕБУЕТСЯ ?(Y/N)?

ПРОВЕРКА СХОДИМОСТИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭМПИРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

ОСТАТ. СУМ. СТЕП. СРЕДН. F-ФАКТ.
ДИСПЕР. КВАДРАТ. СВОБ. КВАДР. Fφ F05

ТЕОРЕТ.ФУНК. 2314.64000 21 110.22090 1.72 2.42
ОЦЕН. ФУНК. 1518.37000 8 189.79630

С ВЕРОЯТН-Ю 95%

ЭМПИРИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ АДЕКВАТНО ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ УРАВНЕНИЮ

(Продолжение прил. II)

Адекватность теоретических и эмпирических моделей, характеризующих
реакции на опорах шасси мобильного агрегата

Опора О

№	Эксперимент			Уравн регр	Теоретич. уравн
	1	2	3		
71.	183,258	185,154	170,658	180,333	172,887
72.	37,456	45,357	49,357	39,067	46,463
73.	148,357	145,245	134,654	145,109	137,649
74.	71,854	76,368	84,485	74,314	81,701
75.	106,359	109,557	112,358	109,657	109,621
76.	107,153	109,256	111,759	109,658	109,624
77.	106,428	109,357	112,658	109,669	109,653
78.	159,957	168,654	179,358	162,715	177,545
79.	59,123	50,183	39,428	56,684	41,805

ФИКСИР. X ПОВТОР ,X СРЕДН.
1 2 3

1.0 183.26 185.15 170.66 179.69
2.0 37.46 45.36 49.36 44.06
3.0 148.36 145.25 134.65 142.75
4.0 71.85 76.37 84.49 77.57
5.0 106.36 109.56 112.36 109.42
6.0 107.15 109.26 111.76 109.39
7.0 106.43 109.36 112.66 109.48
8.0 159.96 168.65 179.36 169.32
9.0 59.12 50.18 39.43 49.58

ПЕЧАТЬ ТАБЛИЦЫ ТРЕБУЕТСЯ ?(Y/N)?

ПРОВЕРКА СХОДИМОСТИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭМПИРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

ОСТАТ. СУМ. СТЕП. СРЕДН. F-ФАКТ.
ДИСПЕР. КВАДРАТ. СВОБ. КВАДР. Fφ F05

ТЕОРЕТ.ФУНК. 1822.69900 21 86.79519 1.10 2.42
ОЦЕН . ФУНК. 765.83910 8 95.72989

С ВЕРОЯТН-Ю 95%

ЭМПИРИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ АДЕКВАТНО ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ УРАВНЕНИЮ

(Продолжение прил. II)

Адекватность теоретических и эмпирических моделей, характеризующих зависимость коэффициента устойчивости мобильного агрегата от реакции на опорах
Опора В

№	Эксперимент			Уравн регр	Теоретич. уравн
	1	2	3		
80.	0,909	1,211	2,982	1,109	2,482
81.	10,32	9,295	5,898	9,32	6,079
82.	6,457	5,394	4,238	5,497	4,539
83.	11,269	10,654	9,589	10,793	10,383
84.	2,184	2,211	1,235	2,134	1,545
85.	2,927	2,511	1,294	2,473	1,709
86.	5,211	4,895	2,127	4,984	2,845
87.	3,957	3,115	2,163	3,21	2,311
88.	7,928	7,293	5,111	7,383	5,380

ФИКСИР. X ПОВТОР ,X СРЕДН.
1 2 3

1.0	0.91	1.21	2.98	1.70
2.0	10.32	9.30	5.90	8.50
3.0	6.46	5.39	4.24	5.36
4.0	11.27	10.65	9.59	10.50
5.0	2.18	2.21	1.24	1.88
6.0	2.93	2.51	1.29	2.24
7.0	5.21	4.90	2.13	4.08
8.0	3.96	3.12	2.16	3.08
9.0	7.93	7.29	5.11	6.78

ПЕЧАТЬ ТАБЛИЦЫ ТРЕБУЕТСЯ ?(Y/N)?
ПРОВЕРКА СХОДИМОСТИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭМПИРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

ОСТАТ. ДИСПЕР.	СУМ. КВАДРАТ.	СТЕП. СВОБ.	СРЕДН. КВАДР.	F-ФАКТ. Fф	F05
ТЕОРЕТ.ФУНК.	38.24852	21	1.82136	1.63	2.42
ОЦЕН. ФУНК.	23.80122	8	2.97515		

С ВЕРОЯТН-Ю 95%

ЭМПИРИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ АДЕКВАТНО ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ УРАВНЕНИЮ

(Продолжение прил. II)

Адекватность теоретических и эмпирических моделей, характеризующих зависимость коэффициента устойчивости мобильного агрегата от реакции на опорах
Опора О

№	Эксперимент			Уравн регр	Теоретич. уравн
	1	2	3		
89.	3,721	3,921	3,948	3,82	3,921
90.	1,925	2,113	2,321	2,013	2,113
91.	1,725	1,616	1,629	1,715	1,616
92.	1,621	1,514	1,498	1,613	1,514
93.	1,564	1,735	1,784	1,635	1,735

 ФИКСИР. X ПОВТОР ,X СРЕДН.
 1 2 3

 1.0 3.72 3.92 3.95 3.86
 2.0 1.93 2.11 2.32 2.12
 3.0 1.73 1.62 1.63 1.66
 4.0 1.62 1.51 1.50 1.54
 5.0 1.56 1.74 1.78 1.69

ПЕЧАТЬ ТАБЛИЦЫ ТРЕБУЕТСЯ ?(Y/N)?

ПРОВЕРКА СХОДИМОСТИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭМПИРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

 ОСТАТ. СУМ. СТЕП. СРЕДН. F-ФАКТ.
 ДИСПЕР. КВАДРАТ. СВОБ. КВАДР. Fφ F05

 ТЕОРЕТ.ФУНК. 0.22662 10 0.02266 1.82 5.96
 ОЦЕН . ФУНК. 0.04980 4 0.01245

С ВЕРОЯТН-Ю 95%

ЭМПИРИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ АДЕКВАТНО ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ УРАВНЕНИЮ

ПЕЧАТЬ ТАБЛИЦЫ ТРЕБУЕТСЯ ?(Y/N)?

Приложение К.
(Справочное)

Адекватность эмпирического уравнения, характеризующего развиваемую силу пневмоцилиндром, опытными данными

ВЫВОД ИТОГОВ

<i>Регрессионная статистика</i>	
Множественный R	0,9999371
R-квадрат	0,9998742
Нормированный R-квадрат	0,99966454
Станд. ошиб.	0,5231667
Наблюдения	9

<i>Дисперсионный анализ</i>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значим. F</i>
Регрессия	5	6526,43858	1305,288	4768,986	4,79E-06
Остаток	3	0,82111019	0,273703		
Итого	8	6527,25969			

	<i>Коэффиц.</i>	<i>Станд. ошиб.</i>	<i>t-статист.</i>	<i>P-Знач.</i>	<i>Нижн. 95%</i>
У-пересеч.	42,1752222	0,1743889	241,8458	1,56E-07	41,62024
Перем. X 1	28,7831667	0,21358191	134,7641	9,01E-07	28,10345
Перем. X 2	14,1298333	0,21358191	66,15651	7,61E-06	13,45012
Перем. X 3	9,41975	0,26158335	36,01051	4,71E-05	8,587275
Перем. X 4	-0,0001667	0,36997172	-0,00045	0,999669	-1,17758
Перем. X 5	1,17795113	0,36997172	3,183895	0,049944	0,000536

$$F_c = 85,35 + 57,567x_1 + 28,26x_2 + 18,84x_1x_2 + 2,355x_2^2$$

$$F_c = 83.779 - 0.0031p - 2826d + 0.0094pd + 23550d^2$$

адекватность теоретических и эмпирических моделей, характеризующих зависимость усилия на тросе от диаметра пневмоцилиндра и вакуумметрического давления

№	Эксперимент			Уравн. регр	Теоретич. уравн
	1	2	3		
94.	98.257	97.254	94,162	97.029	95,162
95.	50.879	49.428	47,063	49.929	48,063
96.	20.651	19.358	18,033	19.549	18,233
97.	11.543	10.256	8,1214	10.129	8,813
98.	43.657	42.453	40,543	42.981	41,39
99.	73.325	72.241	69,124	72.301	69,65
100.	14.159	13.675	12,245	13.661	13,13
101.	59.745	58.452	55,458	58.289	56,698
102.	31.365	30.35	27,125	30.029	28,438

(Продолжение прил. К)

ФИКСИР. X	ПОВТОР ,X		СРЕДН.	
	1	2		3
1.0	98.26	97.25	94.16	96.56
2.0	50.88	49.43	47.06	49.12
3.0	20.65	19.36	18.03	19.35
4.0	11.54	10.26	8.12	9.97
5.0	43.66	42.45	40.54	42.22
6.0	73.33	72.24	69.12	71.56
7.0	14.16	13.68	12.25	13.36
8.0	59.75	58.45	55.46	57.89
9.0	31.37	30.35	27.13	29.61

ПЕЧАТЬ ТАБЛИЦЫ ТРЕБУЕТСЯ ?(Y/N)?

ПРОВЕРКА СХОДИМОСТИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭМПИРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

ОСТАТ. ДИСПЕР.	СУМ. КВАДРАТ.	СТЕП. СВОБ.	СРЕДН. КВАДР.	F-ФАКТ. Fф	F05
ТЕОРЕТ.ФУНК.	69.30307	21	3.30015	1.04	3.13
ОЦЕН . ФУНК.	25.33496	8	3.16687		

С ВЕРОЯТН-Ю 95%

ЭМПИРИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ АДЕКВАТНО ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ УРАВНЕНИЮ

ПЕЧАТЬ ТАБЛИЦЫ ТРЕБУЕТСЯ ?(Y/N)?

Приложение Л.
(Справочное)

Адекватность теоретических и эмпирических моделей, характеризующих зависимость времени достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра

№	Эксперимент			Уравн регр	Теоретич. уравн
	1	2	3		
103.	0,0025	0,0045	0,0045	0,0045	0,0026
104.	1,6336	0,9336	0,7336	0,9336	1,5952
105.	0,0002	0,0003	0,0007	0,0003	0,0006
106.	0,3886	0,3986	0,3998	0,3986	0,3988
107.	0,0120	0,2260	0,2760	0,226	0,0123
108.	0,0108	0,3608	0,3708	0,3608	0,0197
109.	0,0412	0,0912	0,0945	0,0912	0,0049
110.	0,0014	0,0024	0,0028	0,0024	0,0016
111.	1,0001	0,6661	0,5465	0,6661	0,997

ФИКСИР. X ПОВТОР ,X СРЕДН.
 1 2 3

1.0	0.00	0.00	0.00	0.00
2.0	1.63	0.93	0.73	1.10
3.0	0.00	0.00	0.00	0.00
4.0	0.39	0.40	0.40	0.40
5.0	0.01	0.23	0.28	0.17
6.0	0.01	0.36	0.37	0.25
7.0	0.04	0.09	0.09	0.08
8.0	0.01	0.00	0.00	0.01
9.0	1.00	0.67	0.55	0.74

ПЕЧАТЬ ТАБЛИЦЫ ТРЕБУЕТСЯ?(Y/N)?

ПРОВЕРКА СХОДИМОСТИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭМПИРИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

ОСТАТ. СУМ. СТЕП. СРЕДН. F-ФАКТ.
ДИСПЕР. КВАДРАТ. СВОБ. КВАДР. Fφ F05

ТЕОРЕТ.ФУНК. 0.82951 21 0.03950 2.25 2.42
ОЦЕН. ФУНК. 0.71101 8 0.08888

С ВЕРОЯТН-Ю 95%

ЭМПИРИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ АДЕКВАТНО ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ УРАВНЕНИЮ

Приложение М.
(Справочное)

Продолжительность дооя и снятия доильного аппарата

ВВЕДИТЕ НАИМЕНОВАНИЕ ОТДЕЛА,КАФЕДРЫ,ЛАБОРАТОРИИ - mashin i oborudovania

ВВЕДИТЕ ФАМИЛИЮ,И.,О.ЗАКАЗЧИКА -Nekipelov

ВВЕДИТЕ НАИМЕНОВАНИЕ ИССЛЕДУЕМОГО ПРИЗНАКА -Prodolshitelnost dodoya

ВВЕДИТЕ ДАТУ ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ -?

ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО ИЗУЧАЕМЫХ ВЫБОРОК -? 2

ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО ЭЛЕМЕНТОВ ВЫБОРКИ (НАБЛЮДЕНИЙ) -? 81

=====

МИНИМАЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ВЫБОРКИ, X _{min}	- 53.400
МАКСИМАЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ВЫБОРКИ, X _{max}	- 57.500
СРЕДНЕЕ АРИФМЕТИЧЕСКОЕ, X _{ср.} (M)	- 55.100
ВЫБОРОЧНАЯ ДИСПЕРСИЯ, D _о	- 2.383
СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКОЕ ОТКЛОНЕНИЕ(СТАНДАРТ), S _о	- 1.544
КОЭФФИЦИЕНТ ВАРИАЦИИ C _v ,%	- 2.804
ГИПОТЕЗА НОРМ.РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО R/S _о - ПОДТВЕРЖДАЕТСЯ	
ПОГРЕШНОСТЬ ВЫБОРОЧНОЙ СРЕДНЕЙ, S _{xср.} (m)	- 0.690
ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ ВЫБОРОЧНОЙ СРЕДНЕЙ,%-	1.254
ГРАНИЦЫ ДОВЕР.ИНТЕРВАЛОВ ДЛЯ ГЕНЕРАЛ.СРЕДНЕЙ:	
-ПРИ P=0,95-(53.141, 56.979)	
-ПРИ P=0,99-(51.884, 58.236)	
ПОКАЗАТЕЛЬ АСИММЕТРИИ ,A	- 0.709
ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКСЦЕССА, (E-En)	- -0.601

БУДЕТЕ РАСПЕЧАТЫВАТЬ РЕЗУЛЬТАТЫ ? (Y/N)?

Оценка достоверности различия по t-критерию Стьюдента
продолжительности доения

ВВЕДИТЕ НАИМЕНОВАНИЕ ОТДЕЛА,КАФЕДРЫ,ЛАБОРАТОРИИ - mashin i oborudovania

ВВЕДИТЕ ФАМИЛИЮ,И.,О.ЗАКАЗЧИКА -Nekipelov

ВВЕДИТЕ НАИМЕНОВАНИЕ ИССЛЕДУЕМОГО ПРИЗНАКА -Prodolshitelnost doenia

ВВЕДИТЕ ДАТУ ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ -?

ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО ИЗУЧАЕМЫХ ВЫБОРОК -? 2

ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО ЭЛЕМЕНТОВ ВЫБОРКИ (НАБЛЮДЕНИЙ) -? 81

=====

МИНИМ. ЭЛЕМ. ВЫБ-КИ, X _{min}	- 319.250
МАКСИМ. ЭЛЕМ. ВЫБ-КИ, X _{max}	- 387.360
СРЕДН. АРИФМЕТИЧ., X _{ср.} (M)	- 328.200
ВЫБОРОЧН. ДИСПЕРС., D _о	- 401.972
СРЕДНЕКВАДРАТИЧ. ОТКЛОН. (СТАНД.), S _о	- 20.049
КОЭФФИЦ. ВАРИАЦ. C _v ,%	- 5.986
ГИПОТ. НОРМАЛЬН. РАСПРЕД. ПО R/S _о - ПОДТВЕРЖДАЕТСЯ	
ПОГРЕШН. ВЫБОРОЧН. СРЕДН., S _{xср.} (m)	- 6.683
ОТНОСИТ. ПОГР. ВЫБОРОЧНОЙ. СРЕДНЕЙ,%-	1.995
ГР-ЦЫ ДОВЕРИТ.ИНТЕРВ. ДЛЯ ГЕНЕРАЛЬН.СРЕДН.:	
-ПРИ P=0,95-(319.494, 350.370)	
-ПРИ P=0,99-(312.477, 357.387)	
ПОКАЗАТ. АСИММЕТР. ,A	- 2.284
ПОКАЗАТ. ЭКСЦ., (E-En)	- 3.636

(Продолжение прил. М)

 =====

 МИНИМ. ЭЛЕМ. ВЫБ-КИ, X_{min} - 301.1
 МАКСИМ. ЭЛЕМ. ВЫБ-КИ, X_{max} - 307.2
 СРЕДН. АРИФМЕТИЧ., X_{ср.}(M) - 304.200
 ВЫБОРОЧН. ДИСПЕРС., D_о - 3.411
 СРЕДНЕКВАДРАТИЧ. ОТКЛОН. (СТАНД.), S_о - 1.847
 КОЭФФИЦ. ВАРИАЦ. C_v, % - 0.608
 ГИПОТ. НОРМАЛЬН. РАСПРЕД. ПО R/S_о - ПОДТВЕРЖДАЕТСЯ
 ПОГРЕШН. ВЫБОРОЧН. СРЕДН., S_{xср.}(m) - 0.616
 ОТНОСИТ. ПОГР. ВЫБОРОЧНОЙ. СРЕДНЕЙ., %- 0.203
 ГР-ЦЫ ДОВЕРИТ. ИНТЕРВ. ДЛЯ ГЕНЕРАЛЬН. СРЕДН.:
 -ПРИ P=0,95-(302.354, 305.198)
 -ПРИ P=0,99-(301.708, 305.845)
 ПОКАЗАТ. АСИММЕТР. ,A - -0.261
 ПОКАЗАТ. ЭКСЦ., (E-E_n) - -1.220

БУДЕТЕ РАСПЕЧАТЫВАТЬ РЕЗУЛЬТАТЫ ? (Y/N)? ЗАВИСИТЬ МЕЖ. 1 И 2 ВЫБ-АМИ-СОПРЯЖЁННЫМИ

 КОЭФФИЦ. КОРРЕЛЯЦ., R_{yx}: -0.577, ЗАВИСИМ. - СРЕДНЯЯ
 КОЭФФИЦ. ДЕТЕРМИНАЦ., d_{yx} - 0.333
 СТАНД-Я ПОГРЕШН. КОЭФФИЦ. КОР-ЦИИ, S_r - 0.309
 КРИТ. СУЩЕСТВЕН. КОЭФФИЦ. КОРРЕЛЯЦ. И РЕГРЕС., t_r - 1.871 ,
 ЗНАЧ., СВ-ЗЬ НЕ СУЩ-ННА ПРИ P=0,95
 И СВ-ЗЬ НЕ СУЩ-ННА ПРИ P=0,99
 УР-НИЕ ЛИН. РЕГРЕС. Y ПО X :

$$Y = 321.592 + -0.05319 * (X)$$
 КОЭФ. РЕГРЕС. : V_{y/x}= -0.05319 И V_{x/y}= -6.26860
 ПОГРЕШН. КОЭФ-ТА РЕГ-СИИ - 0.02843
 ГР-ЦЫ ДОВЕРИТ. ИНТЕРВ. ПРИ P=0,95:
 -ДЛЯ КОЭФФИЦ. КОРРЕЛЯЦ. -(-1.309, 0.154)
 -ДЛЯ КОЭФФИЦ. РЕГРЕС. -(-0.12056, 0.01418)
 ГР-ЦЫ ДОВ-НЫХ ИНТЕРВ. ПРИ P=0,99:
 -ДЛЯ КОЭФФИЦ. КОРРЕЛЯЦ. -(-1.657, 0.503)
 -ДЛЯ КОЭФФИЦ. РЕГРЕС. -(-0.15268, 0.04630)
 ПОГРЕШН. ЛИН. РЕГРЕСС. В ГЕНЕРАПЬН. СОВОКУПН., t_{Syx}-
 ПРИ P=0,95: 3.820; ПРИ P=0,99: 5.642
 ФАКТИЧ. ЗНАЧЕН. КР. СТЬЮД. ДЛЯ РАЗНОСТИ. СРЕД.. t_ф: 4.415
 РАЗНОСТЬ СУЩЕСТВЕННА ПРИ P=0,95 И СУЩЕСТВЕННА ПРИ P=0,99

Оценка достоверности различия по t-критерию Стьюдента ручного додоя

ВВЕДИТЕ НАИМЕНОВАНИЕ ОТДЕЛА, КАФЕДРЫ, ЛАБОРАТОРИИ - mashin i oborudovania
 ВВЕДИТЕ ФАМИЛИЮ, И., О. ЗАКАЗЧИКА - Ntkipelov
 ВВЕДИТЕ НАИМЕНОВАНИЕ ИССЛЕДУЕМОГО ПРИЗНАКА - Ruchnoi dodoi
 ВВЕДИТЕ ДАТУ ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ - ?
 ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО ИЗУЧАЕМЫХ ВЫБОРОК - ? 2
 ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО ЭЛЕМЕНТОВ ВЫБОРКИ (НАБЛЮДЕНИЙ) - ? 81

(Продолжение прил. М)

```

=====
-----
МИНИМ. ЭЛЕМ. ВЫБ-КИ, Xmin      - 0.075
МАКСИМ. ЭЛЕМ. ВЫБ-КИ, Xmax     - 0.095
СРЕДН. АРИФМЕТИЧ., Xср.(M)    - 0.083
ВЫБОРОЧН. ДИСПЕРС., Do        - 0.000
СРЕДНЕКВАДРАТИЧ. ОТКЛОН. (СТАНД.), So - 0.006
КОЭФФИЦ. ВАРИАЦ. Cv,%         - 7.525
ГИПОТ. НОРМАЛЬН. РАСПРЕД. ПО R/So - ПОДТВЕРЖДАЕТСЯ
ПОГРЕШН. ВЫБОРОЧН. СРЕДН., Sxср.(m) - 0.002
ОТНОСИТ. ПОГР. ВЫБОРОЧНОЙ. СРЕДНЕЙ., %- 2.508
ГР-ЦЫ ДОВЕРИТ. ИНТЕРВ. ДЛЯ ГЕНЕРАЛЬН. СРЕДН.:
    -ПРИ P=0,95-( 0.078, 0.088)
    -ПРИ P=0,99-( 0.076, 0.090)
ПОКАЗАТ. АСИММЕТР. ,A         - 0.520
ПОКАЗАТ. ЭКСЦ., (E-En)        - -0.554
-----

```

БУДЕТЕ РАСПЕЧАТЫВАТЬ РЕЗУЛЬТАТЫ ? (Y/N)?

```

=====
-----
МИНИМ. ЭЛЕМ. ВЫБ-КИ, Xmin      - 0.125
МАКСИМ. ЭЛЕМ. ВЫБ-КИ, Xmax     - 0.136
СРЕДН. АРИФМЕТИЧ., Xср.(M)    - 0.131
ВЫБОРОЧН. ДИСПЕРС., Do        - 0.000
СРЕДНЕКВАДРАТИЧ. ОТКЛОН. (СТАНД.), So - 0.004
КОЭФФИЦ. ВАРИАЦ. Cv,%         - 2.831
ГИПОТ. НОРМАЛЬН. РАСПРЕД. ПО R/So - ПОДТВЕРЖДАЕТСЯ
ПОГРЕШН. ВЫБОРОЧН. СРЕДН., Sxср.(m) - 0.001
ОТНОСИТ. ПОГР. ВЫБОРОЧНОЙ. СРЕДНЕЙ., %- 0.944
ГР-ЦЫ ДОВЕРИТ. ИНТЕРВ. ДЛЯ ГЕНЕРАЛЬН. СРЕДН.:
    -ПРИ P=0,95-( 0.128, 0.134)
    -ПРИ P=0,99-( 0.127, 0.135)
ПОКАЗАТ. АСИММЕТР. ,A         - -0.016
ПОКАЗАТ. ЭКСЦ., (E-En)        - -1.106
-----

```

БУДЕТЕ РАСПЕЧАТЫВАТЬ РЕЗУЛЬТАТЫ ? (Y/N)?

ЗАВИСИТЬ МЕЖ. 1 И 2 ВЫБ-АМИ-СОПРЯЖЁННЫМИ

```

-----
КОЭФФИЦ. КОРРЕЛЯЦ., Ryx: -0.728, ЗАВИСИМ. - СИЛЬНАЯ
КОЭФФИЦ. ДЕТЕРМИНАЦ., dyx      - 0.530
СТАНД-Я ПОГРЕШН. КОЭФФИЦ. КОР-ЦИИ, Sr - 0.259
КРИТ. СУЩЕСТВЕН. КОЭФФИЦ. КОРРЕЛЯЦ. И РЕГРЕС., tr - 2.807 ,
    ЗНАЧИТ, СВЯЗЬ СУЩЕСТВЕННА ПРИ P=0,95
    И СВ-ЗЬ НЕ СУЩ-ННА ПРИ P=0,99
УР-НИЕ ЛИН. РЕГРЕС. Y ПО X :
    Y= 0.167+ -0.43146 * (X)
КОЭФ. РЕГРЕС. : Vy/x= -0.43146 И Vx/y= -1.22727
ПОГРЕШН. КОЭФ-ТА РЕГ-СИИ        - 0.15372
ГР-ЦЫ ДОВЕРИТ. ИНТЕРВ. ПРИ P=0,95:
-ДЛЯ КОЭФФИЦ. КОРРЕЛЯЦ.        -( -1.342, -0.113)
-ДЛЯ КОЭФФИЦ. РЕГРЕС.          -( -0.79577, -0.06715)
ГР-ЦЫ ДОВ-НЫХ ИНТЕРВ. ПРИ P=0,99:

```

(Продолжение прил. М)

-ДЛЯ КОЭФФИЦ. КОРРЕЛЯЦ. -(-1.635, 0.180)
 -ДЛЯ КОЭФФИЦ. РЕГРЕС. -(-0.96947, 0.10655)
 ПОГРЕШН. ЛИН. РЕГРЕСС. В ГЕНЕРАПЬН.СОВОКУПН.,tSyx-
 ПРИ P=0,95: 0.006;ПРИ P=0,99: 0.010
 ФАКТИЧ.ЗНАЧЕН.КР.СТЫЮД. ДЛЯ РАЗНОСТИ. СРЕД..tф: 15.437

Оценка достоверности различия по t-критерию Стьюдента затрат ручного труда

ВВЕДИТЕ НАИМЕНОВАНИЕ ОТДЕЛА,КАФЕДРЫ,ЛАБОРАТОРИИ - mashin i oborudovaniya

ВВЕДИТЕ ФАМИЛИЮ,И.,О.ЗАКАЗЧИКА -Nekipelov

ВВЕДИТЕ НАИМЕНОВАНИЕ ИССЛЕДУЕМОГО ПРИЗНАКА -nadoi za 3 min

ВВЕДИТЕ ДАТУ ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ -?

ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО ИЗУЧАЕМЫХ ВЫБОРОК -? 2

ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО ЭЛЕМЕНТОВ ВЫБОРКИ (НАБЛЮДЕНИЙ) -?81

=====

МИНИМ. ЭЛЕМ. ВЫБ-КИ,Xmin - 245.0
 МАКСИМ. ЭЛЕМ. ВЫБ-КИ,Xmax - 268.0
 СРЕДН. АРИФМЕТИЧ.,Xср.(M) - 264.000
 ВЫБОРОЧН. ДИСПЕРС.,Do - 54.000
 СРЕДНЕКВАДРАТИЧ. ОТКЛОН. (СТАНД.),So - 7.348
 КОЭФФИЦ. ВАРИАЦ.Cv,% - 2.819
 ГИПОТ. НОРМАЛЬН. РАСПРЕД. ПО R/So - ПОДТВЕРЖДАЕТСЯ
 ПОГРЕШН. ВЫБОРОЧН. СРЕДН.,Sxср.(m) - 2.449
 ОТНОСИТ. ПОГР. ВЫБОРОЧНОЙ. СРЕДНЕЙ.,%- 0.940
 ГР-ЦЫ ДОВЕРИТ.ИНТЕРВ. ДЛЯ ГЕНЕРАЛЬН.СРЕДН.:
 -ПРИ P=0,95-(255.008, 266.325)
 -ПРИ P=0,99-(252.436, 268.897)
 ПОКАЗАТ. АСИММЕТР. ,A - -1.061
 ПОКАЗАТ. ЭКСЦ., (E-En) - 0.226

БУДЕТЕ РАСПЕЧАТЫВАТЬ РЕЗУЛЬТАТЫ ? (Y/N)?

=====

МИНИМ. ЭЛЕМ. ВЫБ-КИ,Xmin - 311.000
 МАКСИМ. ЭЛЕМ. ВЫБ-КИ,Xmax - 325.000
 СРЕДН. АРИФМЕТИЧ.,Xср.(M) - 318.000
 ВЫБОРОЧН. ДИСПЕРС.,Do - 20.000
 СРЕДНЕКВАДРАТИЧ. ОТКЛОН. (СТАНД.),So - 4.472
 КОЭФФИЦ. ВАРИАЦ.Cv,% - 1.406

(Продолжение прил. М)

ГИПОТ. НОРМАЛЬН. РАСПРЕД. ПО R/So - ПОДТВЕРЖДАЕТСЯ
 ПОГРЕШН. ВЫБОРОЧН. СРЕДН.,Sxср.(m) - 1.491
 ОТНОСИТ. ПОГР. ВЫБОРОЧНОЙ. СРЕДНЕЙ.,%- 0.469
 ГР-ЦЫ ДОВЕРИТ.ИНТЕРВ. ДЛЯ ГЕНЕРАЛЬН.СРЕДН.:
 -ПРИ P=0,95-(314.556, 321.444)
 -ПРИ P=0,99-(312.991, 323.009)
 ПОКАЗАТ. АСИММЕТР. ,A - -0.240
 ПОКАЗАТ. ЭКСЦ., (E-En) - -0.788

=====

(Продолжение прил. М)

БУДЕТЕ РАСПЕЧАТЫВАТЬ РЕЗУЛЬТАТЫ ? (Y/N)?

ЗАВИСИ-ТЬ МЕЖ. 1 И 2 ВЫБ-АМИ-СОПРЯЖЁННЫМИ

КОЭФФИЦ. КОРРЕЛЯЦ., R_{yx} : 0.361,ЗАВИСИМ. - СРЕДНЯЯ
 КОЭФФИЦ. ДЕТЕРМИНАЦ., d_{yx} - 0.131
 СТАНД-Я ПОГРЕШН. КОЭФФИЦ. КОР-ЦИИ, S_r - 0.352
 КРИТ. СУЩЕСТВЕН.КОЭФФИЦ.КОРРЕЛЯЦ.И РЕГРЕС., t_r - 1.025 ,
 ЗНАЧ.,СВ-ЗЬ НЕ СУЩ-ННА ПРИ $P=0,95$
 И СВ-ЗЬ НЕ СУЩ-ННА ПРИ $P=0,99$
 УР-НИЕ ЛИН. РЕГРЕС. Y ПО X :
 $Y = 260.677 + 0.21991 * (X)$
 КОЭФ. РЕГРЕС. : $V_{y/x} = 0.21991$ И $V_{x/y} = 0.59375$
 ПОГРЕШН. КОЭФ-ТА РЕГ-СИИ - 0.21448
 ГР-ЦЫ ДОВЕРИТ. ИНТЕРВ.ПРИ $P=0,95$:
 -ДЛЯ КОЭФФИЦ. КОРРЕЛЯЦ. -(-0.474, 1.197)
 -ДЛЯ КОЭФФИЦ. РЕГРЕС. -(-0.28841, 0.72822)
 ГР-ЦЫ ДОВ-НЫХ ИНТЕРВ. ПРИ $P=0,99$:
 -ДЛЯ КОЭФФИЦ. КОРРЕЛЯЦ. -(-0.872, 1.595)
 -ДЛЯ КОЭФФИЦ. РЕГРЕС. -(-0.53077, 0.97059)
 ПОГРЕШН. ЛИН. РЕГРЕСС. В ГЕНЕРАПЬН.СОВОКУПН., $t_{S_{yx}}$ -
 ПРИ $P=0,95$: 10.565;ПРИ $P=0,99$: 15.603
 ФАКТИЧ.ЗНАЧЕН.КР.СТЬЮД. ДЛЯ РАЗНОСТИ. СРЕД.. t_f : 24.264
 РАЗНОСТЬ СУЩЕСТВЕННА ПРИ $P=0,95$ И СУЩЕСТВЕННА ПРИ $P=0,99$

Приложение Н
(Обязательное)

АКТ

внедрения в производство научно-технической разработки

1. **НАИМЕНОВАНИЕ ВНЕДРЕННОГО МЕРОПРИЯТИЯ** «Доильный агрегат» по патентам №22654245 А 01J 5/00, №2649668 А 01J 7/00

2. **КАКИМ НАУЧНЫМ УЧРЕЖДЕНИЕМ МЕРОПРИЯТИЕ ПРЕДЛОЖЕНО К ВНЕДРЕНИЮ** ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина»

3. **НАИМЕНОВАНИЕ ХОЗЯЙСТВА:** ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ ЮРИДИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ "МОСТ", 308000, Белгородская область, город Белгород, Народный бульвар, 81

4. **КАЛЕНДАРНЫЕ СРОКИ ВНЕДРЕНИЯ** октябрь 2018 – январь 2019г.

5. **ОБЪЕМ ВНЕДРЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЯ** Один доильный агрегат

6. **ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ВНЕДРЕНИЯ НА ЕДИНИЦУ (га, гол. и т.д.) И НА ВЕСЬ ОБЪЕМ** 6150 рубля на одну корову, 61500 рублей на 10 коров.

8. **ФАМИЛИЯ, ДОЛЖНОСТЬ РАБОТНИКОВ, УЧАСТВОВАВШИХ ВО ВНЕДРЕНИИ МЕРОПРИЯТИЯ** Некипелов С.И., аспирант

ПОДПИСИ: Директор ООО «МОСТ»  В.В. Кошкинко

Представитель  Т.И. Бреславец
научного учреждения

Исполнитель  С.И. Некипелов

Печать ООО «МОСТ»

Печать научного
учреждения



Приложение О
(Обязательное)

АКТ

внедрения в производство научно-технической разработки

1. **НАИМЕНОВАНИЕ ВНЕДРЕННОГО МЕРОПРИЯТИЯ** «Доильный агрегат» по патентам №22654245 А 01J 5/00, №2649668 А 01J 7/00

2. **КАКИМ НАУЧНЫМ УЧРЕЖДЕНИЕМ МЕРОПРИЯТИЕ ПРЕДЛОЖЕНО К ВНЕДРЕНИЮ** ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина»

3. **НАИМЕНОВАНИЕ ХОЗЯЙСТВА:** КФХ Григоров Максим Владимирович

4. **КАЛЕНДАРНЫЕ СРОКИ ВНЕДРЕНИЯ** октябрь 2018 – январь 2019г.

5. **ОБЪЕМ ВНЕДРЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЯ** Один доильный агрегат

6. **ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ВНЕДРЕНИЯ НА ЕДИНИЦУ (га, гол. и т.д.) И НА ВЕСЬ ОБЪЕМ** 6150 рубля на одну корову, 61500 рублей на 10 коров.

8. **ФАМИЛИЯ, ДОЛЖНОСТЬ РАБОТНИКОВ, УЧАСТВОВАВШИХ ВО ВНЕДРЕНИИ МЕРОПРИЯТИЯ** Некипелов С.И., аспирант

ПОДПИСИ: Глава КФХ Григоров Максим Владимирович М.В. Григоров

Представитель
научного учреждения

Исполнитель

С.И. Некипелов

Печать хозяйства

Печать научного
учреждения



Приложение П
(Обязательное)

