

## **Содержание**

стр.

Введение.....
1 Литературно – патентный обзор.....
1.1 Анализ существующих технологий .....
1.2 Обзор существующих конструкций вакуумных насосов .....
2 Технологическая часть .....
2.1 Обоснование выбранной технологии.....
2.2 Технологические расчёты .....
3 Конструкторская часть .....
3.1 Выбор и обоснование конструкции .....
3.2 Конструктивные расчеты .....
3.3. Безопасность жизнедеятельности.....
3.3.1 Мероприятия обеспечивающие безопасную работу насоса .....
3.4 Экономическая часть .....
3.4.1 Экономическое обоснование конструкции .....
3.5 Охрана окружающей среды .....
Выводы и предложения .....
Список используемой литературы .....
Спецификации .....

## **Введение**

К реализации новой Государственной программы на 2013-2020 годы сельское хозяйство страны приступило в значительно отставшем от развитых стран мира в технико-технологическом отношении состоянии. Следует отметить, что экономические условия функционирования сельскохозяйственных товаропроизводителей России на агропродовольственном рынке существенно хуже, чем в странах - конкурентах. Современный этап обеспечения населения продовольствием имеет в нашей стране свои особенности.

Сельскохозяйственные продукты и продовольствие становятся такими же стратегическими продуктами, как нефть и газ, определяющими положение страны в мире. Продукты сельского хозяйства и продовольствие, произведенные в отдельном регионе, могут служить продуктами питания населения в любой точке планеты, чему способствует развитость транспортной и информационной системы. Удовлетворить основные потребности населения в продовольствии – это обязанность каждой отдельно взятой страны. Российская Федерация, особенно Республика Татарстан, по обеспеченности земельными ресурсами в состоянии не только обеспечить свое население сельскохозяйственной продукцией и продовольствием за счет собственного производства, но и вывозить их за пределы региона и страны.

На основе укрепления кормовой базы, качественного улучшения стада, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов предстоит обеспечить устойчивый рост производства продукции животноводства.

Корма в структуре себестоимости производства мяса, молока и других продуктов животноводства составляет 60 и более процентов. От качества кормов и подготовки их к скармливанию скоту во многом зависит эффективность работы ферм и животноводческих комплексов.

## **1. Литературно – патентный обзор**

### **1.1 Анализ существующих технологий**

В нашей стране, в зависимости от их назначения применяются три типа доильных установок, которые классифицируются в зависимости от способа содержания животных и параметрами эксплуатации:

- стационарные способом содержания в стойлах;
- стационарные применяемые в специальных залах;
- мобильные применяемые для доения в летний период на пастбищах,

а зимой в доильных помещениях.

Доильные установки для доения животных в стойлах используют при содержании коров на привязи. Они подразделяются по способу сбора молока: переносные в доильные ведра и в молокопровод.

К таким типам можно отнести доильные установки АД-100а, ДАС-2б, "Импульс" М-610/12 (ГДР) в которых доение животных происходит в переносные ведра. А в доильных установках АДМ-8, "Импульс" М - 620/20 (ГДР) сбор молока осуществляется в молокопровод. Доильные установки для доения животных в специализированных залах в основном используют при беспривязном содержании коров. Такие стационарные доильные установки устанавливают в помещении или перемещают на специальной платформе. Они состоят из доильных стаканов с аппаратами, или. Доение коров происходит по очереди или группами. Для этого животных перегоняют от места содержания в доильный зал и распределяют по станкам. Когда доение одной группы заканчивается животных возвращают на места их содержания, а в доильный зал загоняется следующая группа животных.

Доильные установки с стационарными станками бывают индивидуальные и групповые. На индивидуальных станках коровы располагаются последовательно в два ряда. Вход и выход животных происходит с боку ("Тандем"). Отличительной особенностью доильных установок с групповыми станками являются количества мест в станках и их расположение. Животные в данном случае располагаются в станках по краю

траншеи, в котором находится оператор машинного доения. Существуют доильные установки в два параллельных ряда ("Елочка") и по окружности (круговая "Елочка").

На доильных установках типа «карусель» с подвижными станками, животные непрерывно едут на платформе, а оператор находится на одном месте, одевает или снимает доильные стаканы. Такие конвейерные установки оборудуются индивидуальными станками.

Данный тип доильных установок подразделяют на следующие типы: кольцевой, растянутый и ленточный.

В нашей стране из конвейерных доильных установок для доения коров в специальных залах применяются следующие отечественные установки: «Тандем» «УДТ-6», «УДА-8А» и «Елочка» УДЕ-8. А так же иностранные установки: "Импульс" М-362 и "Импульс" М-691-40, которые выпускаются в Германии.

Для доения коров с поголовьем более 400 голов может использоваться автоматизированный доильный зал «Европараллель», который выпускается в различных вариантах. Преимущества данных доильных установок в том, что размещая животных, бок обок значительно сокращается длина доильного зала и рабочий путь дояра. Благодаря широким зонам входа и выхода доильные залы способствуют высокой пропускной способности, при этом сохраняя удобные и безопасные условия труда обслуживающего персонала. Контролирующая система доения и индексированиии коров обеспечивает быстрый вход и размещение коров в доильных местах., куда животные попадают из накопительной площадки. Выход из зала происходит с помощью ротационных ворот.

В доильный залах «ЕвроПараллель» фирмы Делаваль, которая разработана для стада с высокопродуктивными коровами и большим поголовьем, для удобного расположения животных система индексации способствует передвижению по краю доильной ямы. Небольшое расстояние

между доильными аппаратами позволяет сэкономить время оператора которое он тратит для перемещения в процессе доения.

Доильные залы типа карусель (TURN-STYLES) с параллельным расположением стойл и внешней рабочей зоной для оператора, может обеспечивать высокую производительность оператора доения. Она может быть эффективно использована даже при поголовье животных 500 - 2000 голов. При работе данного доильного зала создается непрерывный поток животных от накопительной площадки до выхода из доильного зала.

Использование доильных установок такого типа является самым быстрым, удобным и эффективным при правильном подборе и учетом всех требований объектам. Целесообразно использование доильных залов типа «Карусель» на животноводческих комплексах с поголовьем стада выше 1000 голов.

Платформа доильной установки движется с постоянной скоростью без ускорений. Система подавления шума позволяет уменьшить стрессовое состояние животных. Вовремя работы обслуживающий персонал и доильные аппараты находятся в внутренней части платформы. Идет постоянная непрерывная смена коров, что увеличивает производительность и уменьшается время доения, за счет того, что нет необходимости ожидать смены группы животных.

Непрерывное движение платформы, высокая пропускная способность, оптимальный обзор рабочей площади и достаточное пространство обеспечивает высокую скорость доения. Все стойловое оборудование изготовлено из высококачественной оцинкованной стали.

Данные доильные залы могут использоваться как на средних так и крупных фермах. Они оснащаются со стойлами «Елочка» от 16 до 40 штук, когда дояр находится внутри, которые могут обслуживать фермы с средним и большим поголовьем.

Применение разделительных калиток позволяет бережно направлять животных в доильное стойло. Доильные залы дополнительно оснащаются

оборудованием для кормления непосредственно в стойле, что позволяет в комплексной стратегии обеспечить кормление в случае использования смешанного рациона или для раздачи дополнительного корма при скармливании концентрированных кормов в пастбищный сезон.

Доильные залы «Елочка» – классический вариант залов доения для современного молочного хозяйства, в течение десятилетий доказывающий свою прочность и эффективность, благодаря преимуществам индивидуального оснащения доильного места и отличной пропускной способности.



Рисунок 1.1 – Доильный зал «Елочка»

Коровы попадают в доильный зал из накопительного тамбура. Смена групп животных,двигающихся из коровника в доильный зал и наоборот, происходит непрерывно. После того, как корова занимает доильное место, оператор получает к вымени безопасный и удобный доступ, благодаря тому, что подсоединение сосковой силиконовой резины к вымени коровы осуществляется сбоку, а подвижный грудной и зигзагообразный задний

упоры фиксируют ее положение.

Доильная система "Карусель" является наиболее передовой системой применяемой в мире. В зависимости от финансового состояния хозяйства она может оснащаться дополнительными оборудованием и отличаться уровнем автоматизации. Какие то предприятия могут выбрать полностью автоматизированный доильный зал, а некоторые доильную установку с перспективой увеличения в дальнейшем систем автоматизации. При процессе доения каждой корове автоматически выдаются концентрированные корма, норму выдачи которого зависит от продуктивности животного и контролируется компьютером. Так же выдача концентрированных кормов зависит от удоя, живой массы и упитанности животного. Животные проходят на врачающуюся платформу через коридор, где сразу же идет их идентификация и определение всех параметров.



Рисунок 1.2 – Доильный зал «карусель»



Рисунок 1.3 –доильный робот фирмы Lely

Мобильные доильные установки используют при привязном и беспривязном содержании животных на фермах. Такие установки состоят из доильного аппарата, емкости для сбора молока и вакуумной установки. Все вышеперечисленные узлы монтируют на тележке, которая перемещается вручную.

## **1.2 Обзор существующих конструкций вакуумных насосов**

На сегодняшний день известно значительное множество двухроторных вакуумных насосов, газодувок и компрессоров которые отличаются по конструкции и устройству большинство, из которых выпускается отечественной и зарубежной промышленностью, которые также могут быть использованы для получения вакуума в доильных установках.

На современных доильных установках происходит не только доение животных, но и для транспортировка молока.

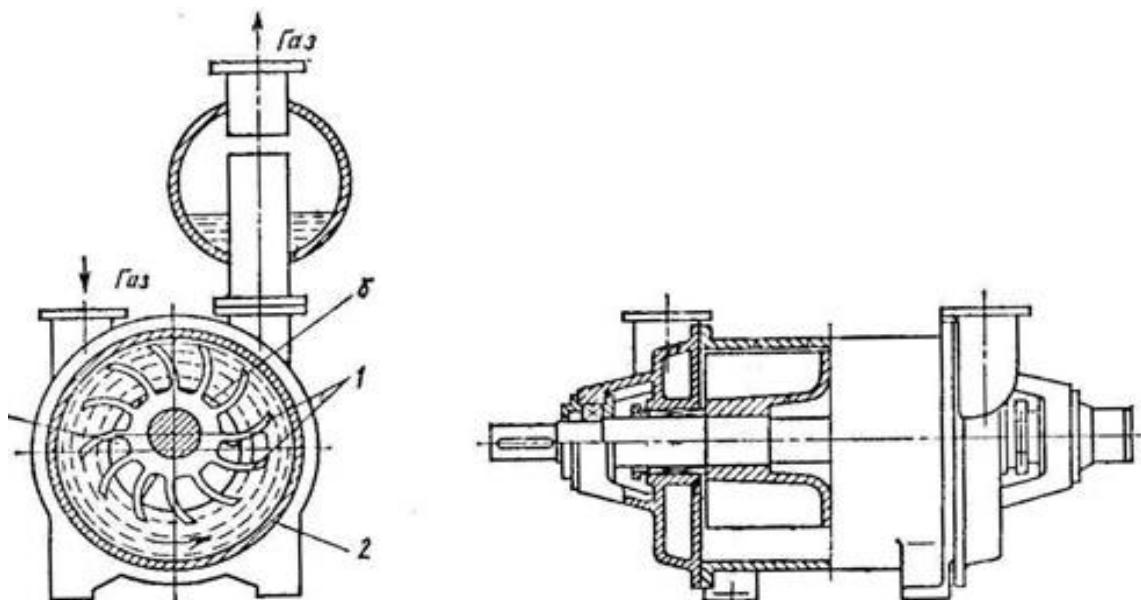
Как известно, на практике для создания вакуума порядка 380-420 мм рт. ст., под действием которого осуществляется машинное доение, необходимо применять вакуумные насосы объемного типа.

Широкое распространение в доильных установках наиболее получили пластинчатороторные и жидкостно-кольцевые вакуумные насосы. Основной отличительной особенностью которых (рисунок 1.4) является, что сжатие газа осуществляется жидкостным кольцом, которая возникает вследствие движения лопatkами рабочего ротора, который расположен эксцентрично по отношению корпуса. Жидкостное кольцо вращаясь вокруг оси корпуса формирует жидкостное кольцо. Подача рабочей жидкости осуществляется под давлением, которая равна выпускному давлению насоса. Это позволяет ВВН автоматически восполнять количество рабочей жидкости и позволяет отвод тепла образующийся при внутреннем сжатии газа.

Данный тип насосов имеет целый ряд достоинств таких как:

- 1) простота конструкции;
- 2) высокая надежность;
- 3) невысокий уровень шума;
- 4) дешевизна изготовления.

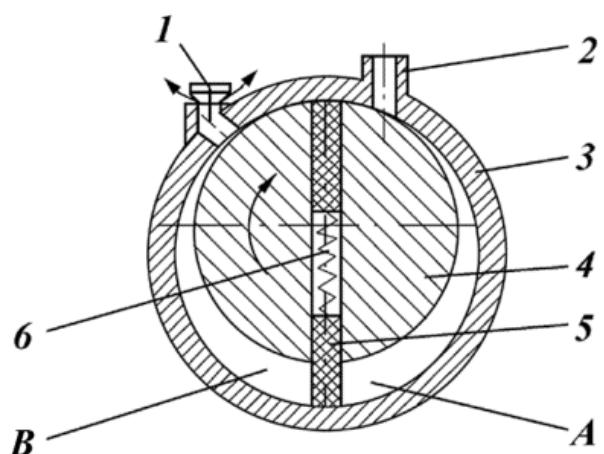
К недостаткам жидкостно-кольцевых вакуумных насосов можно отнести высокую мощность, которая необходима для вращения жидкостного кольца, и, как следствие этого, относительно низкий КПД; высокое предельное остаточное давление, невысокая окружная скорость на периферии рабочего колеса.



1 – лопатки; 2 – корпус; а – рабочая ячейка в начале цикла работы;  
б – рабочая ячейка в конце цикла работы

Рисунок 1.4 - Конструкция жидкостно-кольцевого вакуумного насоса с осевым подводом и отводом газа

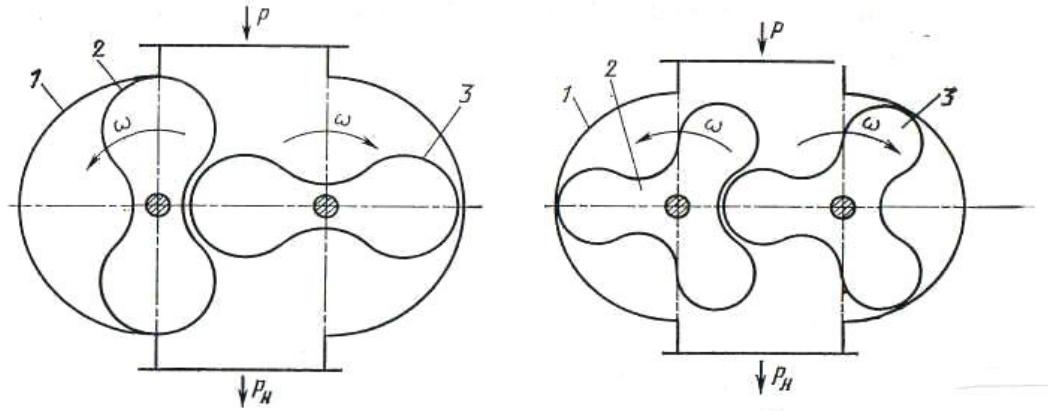
Пластинчатороторные насосы (рисунок 1.5) создают большой шум, для изоляции которого требуется специальное помещение.



1 – выхлопной клапан, 2 – входной патрубок; 3 – цилиндр; 4 – ротор; 5 – пластина; 6 – пружина

Рисунок 1.5 - Схема пластинчатороторного вакуумного насоса типа НВР  
Значительный интерес представляют двухроторные насосы типа Rut's,

которые являются быстроходными, вследствие чего имеют невысокую металлоёмкость и габариты. Выпускаются насосы как с двухзубчатыми так и с трехзубчатыми роторами (рисунок 1.6). Однако такие насосы в заданном режиме машинного доения имеют не высокий КПД.



1 – корпус; 2 – ведущий ротор; 3 – ведомый ротор;  
Р – полость всасывания; Р<sub>h</sub> – полость нагнетания  
Рисунок 1.6 – Схемы двухроторных насосов типа Ruts'

Причиной тому является несовершенство термодинамического процесса сжатия. У насосов типа Ruts осуществляется внешнее сжатие газа, что является более энергоёмким процессом. На рисунке 1.7 представлена индикаторная диаграмма процесса сжатия в PV-координатах.

В полости нагнетания давление повышается за счёт обратных перетечек воздуха (линия 2-4). В этом случае давление газа в полости нагнетания будет изменяться по политропе 2-3. Площадь заштрихованной части (2-3-4-2) будет эквивалентна потерям энергии на всасывании.

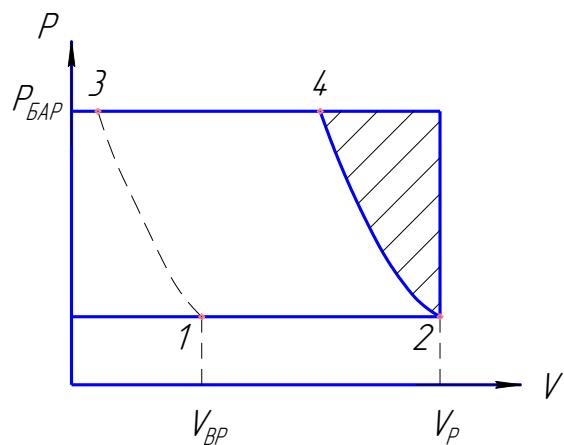


Рисунок 1.7 – Диаграмма процесса сжатия

Серия вакуумных насосов BVP (рисунок 1.8) охватывает весь спектр доильных мощностей и обладает проверенной надежностью. Удачная конструкция этих насосов является залогом простоты установки, эксплуатации и обслуживания и обеспечивает оптимальный уровень вакуума.

Масляная вакуумная установка (рисунок 1.9) состоит: из вакуумного насоса ротационного типа производительность которого достигает 2200 л/мин, с системой непрерывной подачи масла для смазки, трехфазного электродвигателя переменного тока, вакуумного ресивера, двух последовательных глушителей с сепараторами отработанного масла, обратного клапана для предотвращения обратного вращения насоса.



Рисунок 1.8 – Агрегат вакуумный для машинного доения коров  
Ordenhadeiras Sulinox, Ltda., Алворада  
(Бразилия)

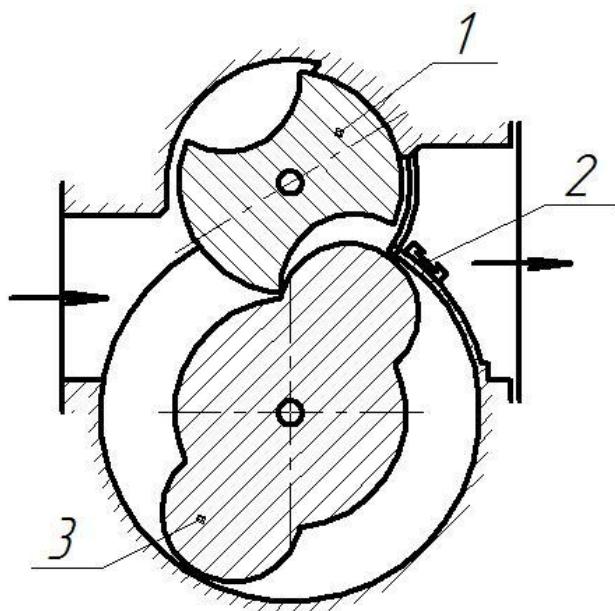


Рисунок 1.9 – Масляная вакуумная установка (Италия)

Двухроторные вакуумные насосы являются наиболее простыми по устройству и безотказны в работе, поэтому смогут успешно применяться в доильных установках.

Существующие типы двухроторных вакуумных насосов по характеру рабочего процесса делятся на три группы: внешнего сжатия, с частичным внутренним сжатием и с полным внутренним сжатием.

Вакуумные насосы с частичным внутренним сжатием (ВНЧС) по принципу действия занимают промежуточное положение между вакуумными насосами с внутренним сжатием и внешним. ВНЧС относится к насосам объемного типа. Конструктивная схема такого насоса представлена на рисунке 1.10.



1 – ведомый ротор; 2 – самодействующий клапан; 3 – ведущий ротор

Рисунок 1.10 – Схема вакуумного насоса с частичным внутренним сжатием

Достоинства ВНЧС: работают в эксгаустерном режиме, вакуумном и вакуум-компрессорном режимах. При работе в вакуумном режиме эти насосы можно использовать как отдельную ступень многоступенчатой вакуумной установки. К недостаткам этих насосов следует отнести: высокий уровень шума при работе, относительно большие внутренние перетекания газа через зазоры, нерегулируемость фаз газораспределения, более высокую удельную мощность. Для улучшения показателей использования объема цилиндра у двухроторных газодувок с внешним сжатием были разработаны различные конструкции газодувок. Хорошие эксплуатационные характеристики получены для газодувки Бисера (рисунок 1.11).

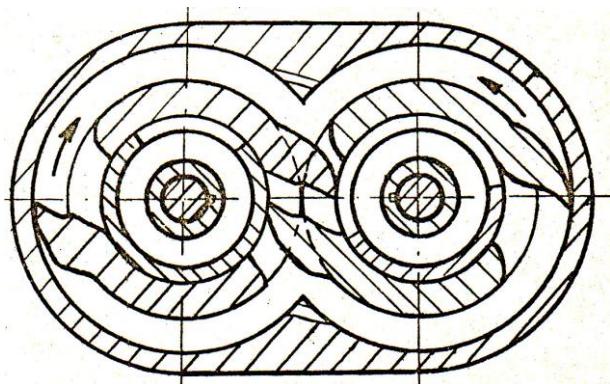
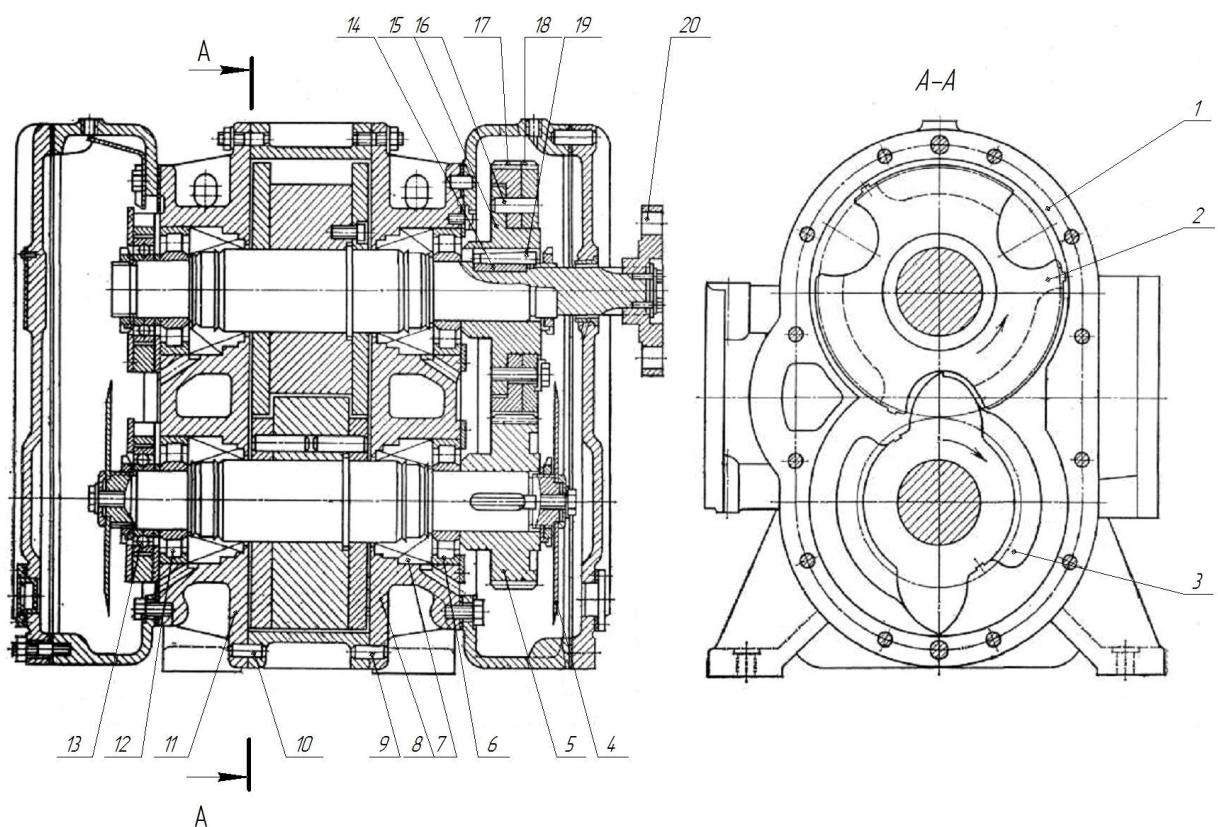


Рисунок 1.11 – Газодувка Биссера

Одним из лучших образцов прямозубых роторных насосов, освоенных отечественной промышленностью, является роторный насос типа 2ВД-12/2,5. Схема приведена на рисунке 1.12.



1 – корпус; 2 – ведомый ротор; 3 – ведущий ротор; 4 – вращающийся диск; 5 – шестерня ведущего ротора; 6 и 12 – роликовые подшипники; 7 – уплотнитель; 8 и 11 – торцевые крышки; 9 и 10 – штифты; 13 – упорный подшипник; 14 – шпонка;  
15 – ступица;  
16 и 19 – штифты; 17 и 18 – разрезной венец; 20 – полумуфта

Рисунок 1.12 – Схема прямозубого роторного насоса типа 2ВД-12/2,5

По принципу действия данный насос относится к машинам внутреннего сжатия газа в полости уменьшающего объема. Вакуумные насосы с внутренним сжатием отличаются более совершенным рабочим процессом и, следовательно, более экономичны по сравнению с насосами с внешним сжатием.

Широкое применение среди роторных машин получили винтовые компрессоры. Оба ротора этого компрессора имеют форму винта с большим углом подъема и, как правило, неодинаковое число зубьев у каждого ротора.

Винтовые компрессоры имеют малый вес, небольшие размеры, и для них требуется небольшой фундамент, большим достоинством этих компрессоров является возможность нагнетания газа без примесей масла. Большой интерес представляют, компрессоры разработанные Казанским СКБ «Компрессоростроение». Это винтовой компрессор сухого сжатия и маслозаполненный винтовой компрессор общего назначения. Винтовые компрессоры, появившиеся в конце 30-х годов, получили широкое распространение. Они используются в компрессорных установках для сбора и транспортировки попутного нефтяного газа, для передвижных компрессорных станций; холодильных машин и т.п.

## **2 Технологическая часть**

### **2.1 Обоснование выбранной технологии.**

В настоящее время широкое применение находят малогабаритные мобильные доильные установки. Данная доильная установка найдёт широкое применение в сельском хозяйстве, а именно в частных подворьях и в небольших фермах. В связи с тем, что эта доильная установка малогабаритна, бесшумная, и имеет довольно высокую производительность для необходимого поголовья коров. Что позволит использовать его в дальнейшем для реализации или переработки.

### **Требования к технологическому процессу**

Доение это технологический процесс, при исполнении которого машина, а именно доильный аппарат, при работе воздействует на организм животных. А если учесть что, доение осуществляется 2...4 раз каждый день на протяжении 4...6 мин всего лактационного периода.

При доении необходимо выполнение цепочки взаимосвязанных операций:

- откачивание воздуха из вакуумной системы доильной установки;
- предварительная подготовка вымени к доению;
- одевание доильных стаканов;
- доение и транспортировка молока;
- снятие доильных стаканов;
- автоматическое отключение доильной установки;
- промывка системы.

В основном все вышеперечисленные операции доения автоматизированы. Исключением является подготовительные операции вымени коровы, одевание и снятие доильных стаканов. Однако в настоящее время применяются, разработанные главным образом за границей (Голландия, США), так называемые доильные роботы. В этих установках все операции выполняются манипулятором, и даже такие операции как одевание

доильных стаканов, своевременное их снятие после окончания доения, подмыв и массаж вымени осуществляются автоматически.

Доильные роботы начали создавать еще в конце 1980-х годов. Однако разработка принципиальной схемы доильных роботов производителями доильного оборудования осложнялась. В отличии от роботов которые используются в промышленности, которые имеют дело с неодушевленным объектом, доильные системы взаимодействуют с животными. Помимо этого доильные роботы кроме основной операции - доения, должны были выполнять целый ряд сложных вспомогательных операций, которые ранее выполняли операторы машинного доения. Окончательным фактором повлиявшим на создание таких роботов стало разработка высокочувствительных сенсоров, анализирующих устройств и специального программного обеспечения.

В первые такие доильные системы начали применять только в 1992 году в Нидерландах. Значительная трудоемкость процесса доения, неуклонно повышающиеся требования к качеству молока и высокая оплата труда наемных работников стимулировали инвестирование в производство высокотехнологичного и наукоемкого оборудования для молочных ферм в этой стране. Работы были призваны примерно вдвое сократить время работы фермеров, предоставив им возможность получать дополнительный заработок за пределами собственного хозяйства. Первой компанией, начавшей промышленное производство доильных роботов, была голландская Lely NV. Сейчас их производят по лицензии Lely фирмы Fullwood и Bou-Matic. А компании AMC Liberty, DeLaval и другие выпускают системы автоматического доения по собственным технологиям.

Современные системы автоматического доения различаются в основном по числу одновременно обслуживаемых коров. Главные части робота - это манипулятор, способный совершать трехмерные движения, система очистки сосков и вымени при помощи щеток и моющего раствора, устройство для надевания и снятия доильных стаканов, контрольные и сенсорные приборы,

весы (для автоматического взвешивания коров, молока и концентратов), компьютер, интерфейс, программное обеспечение, система контроля качества молока (определяет его цвет, электропроводность, температуру, кислотность, скорость молокоотдачи, объем и т.п. по отдельным долям вымени, что позволяет отбраковать продукцию нежелательного качества), система идентификации животных. Для обнаружения сосков, обработки вымени, надевания и снятия доильных стаканов используются лазерные, оптические, ультразвуковые или комбинированные системы. Некоторые фирмы выпускают системы контроля качества молока, определяющие число соматических клеток.

Все автоматические доильные системы можно условно разделить на три группы: один доильный бокс с одним роботом и одной рукой; роботизированная система, состоящая из нескольких доильных боксов, обслуживаемых одним роботом с одной рукой; система, оснащенная двумя-тремя роботами, каждый из которых обслуживает несколько доильных боксов.

Сейчас ряд фирм ведет разработки роботов, способных функционировать на доильных установках типа «Карусель».

Доильные роботы действуют 24 часа в сутки, из которых 21 час отводится на процесс доения, а 3 часа необходимы для двух циклов мойки и очистки лазерного сенсора. Один робот способен обслуживать 50-70 коров. По мнению немецких специалистов, к 2025 году роботы будут доминировать на фермах с поголовьем от 50 до 250 коров. Для определения экономической целесообразности применения доильных роботов имеет значение уровень продуктивности стада. В течение последних 15 лет в странах с развитым молочным скотоводством растет интерес к системам автоматического доения из-за очевидных преимуществ перед традиционными групповыми доильными установками и комплексом типа «Карусель». Главное преимущество - сокращение расходов на оплату труда примерно на 2/3 по

сравнению с использованием «Елочки», что для фермеров европейских стран при дорогоизне рабочей силы имеет большое значение.

Внедрение автоматических доильных установок на небольших фермах с традиционным двукратным доением, по данным голландских специалистов, повышает надои молока до 15 % за счет увеличения числа доений при свободном доступе коров к доильной установке, что в свою очередь способствует сравнительно быстрой окупаемости затрат на нее. Однако само по себе автоматическое доение не повышает надои по сравнению с обычным трехразовым доением. Важный плюс роботов – практически новая технология «добровольного» доения, которая дает животному право выбора времени и частоты посещения доильного бокса.

Основные показателями организации машинного доения коров это кратность доения и время между дойками. Кратность доения зависит от породы коровы и «емкости» вымени. Так же она сильно зависит от способа содержания животных в хозяйстве. Молокоотдача в основном зависит от времени заполнения вымени молоком, так как если вымя наполнена лишь на половину осуществлять доение животных противопоказана. Доение коров можно осуществлять ручным или машинным доением. Существует два основных способа машинного доения: отсос молока с помощью вакуумметрического давления и выжиманием молока из сосков. Способ выжимания не получил широкое распространение из-за сложной конструкции доильных аппаратов и он больше похож на ручное доение. Технология машинного доения обуславливает создание технологических линий, которая представляет собой систему взаимосвязанных между собой агрегатов и узлов, которые позволяют выполнять все вышеупомянутые операции машинного доения.

Зоотехнические требования, которые предъявляются к машинному доению в основном зависят от физиологии животных. Одними из основных являются следующие требования:

- все подготовительные операции вымени должны быть осуществлены в течение 1-ой минуты.
- одевание доильных стаканов должно производится только после, припуска молока коровой.
- высокопродуктивные или тугадойкие коровы должны быть выдоены за 4.. .6 мин.
- молоко должно полностью отводится из подсосковых камер доильных стаканов, даже в период наибольшей молокоотдачи.
- додаивание коров должен осуществляться полностью доильным аппаратом.
- доильный аппарат должен быть вовремя отключен и доильные стаканы не должны оставаться на сосках после прекращения молокоотдачи.

Требования к доильным аппаратам:

- должен обеспечиваться легкое и быстрое сокращение сфинктера соска.
- соски не должны подвергаться чрезмерному сжатию.
- доильные стаканы должны подбираться по размеру сосков.
- сосковая резина должна не вызывать раздражение
- доильные стаканы должны удерживаться на вымени без специальных приспособлений.

Доильный аппарат должен быть простым в изготовлении и техническом обслуживании, надежным, должна обеспечивать удобный визуальный контроль за процессом доения и не должна требоваться ручная регулировка в процессе доения.

Доильный аппарат должен быть надежным, простым и в то же время удобным для промывания и очистки без использования каких либо специальных приспособлений. Так же для удобства работы доильные аппараты должен быть легкими (их масса не должна превышать 6...8 кг) и малогабаритными. Составные части доильных аппаратов особенно трущиеся поверхности должны эксплуатироваться без применения смазки. Это благоприятно скажется на окружающей среде и позволит уменьшить уровень

загрязнения. Еще одним немаловажным показателем работы доильных аппаратов является уровень шума при работе и низкая стоимость. Поэтому при разработке новых малогабаритных доильных установок учитывают такие показатели как, энерго- и металлоемкость, ремонтопригодность и т.д., что в конечном результате оказывает сильное влияние на стоимость оборудования. Следует отметить, что при совершенствовании доильного оборудования необходимо добиться исключения вредных воздействий аппаратов на вымя и организм коровы, получения молока высокого качества и повышения производительности труда. Доильный аппарат должен иметь устройство учета молока и автоматического снятия доильных стаканов.

## 2.2 Технологические расчёты

Перед тем как проектировать технологические процессы доения животных надо учесть и пересмотреть все системы ведения молочного скотоводства, условия содержания животных, их продуктивность, размер фермы, и т.д.

Для этого необходимо провести технологический расчет, что позволит обосновать тип выбираемой доильной установки и позволит определить общее количество доильных аппаратов, а также степень загрузки доильной установки и операторов.

Количество необходимых для обслуживания всего поголовья животных определяется по формуле:

$$A_f = kmt/T_d , \quad (2.1)$$

где  $k$  - коэффициент сухостоя животных ( $k = 0,9.. .0,85$ );

$m$  - поголовье скота на ферме;

$t$  - среднее время доения одной коровы, с;

$T_d$  - общая продолжительность доения коров, с (по зоотехническим требованиям допускается  $T_d = 5300-8000$  с).

Время доения одной коровы во многом определяется типом применяемой доильной установки, квалификацией доярки, скоростью молокоотдачи (при доении в переносные ведра  $t = 540\dots600$  с; в молокопровод  $t = 360\dots480$  с).

Количество доильных аппаратов, которые одновременно может обслуживать один дояр без простоев определяется по формуле:

$$A_{da} = t_u / t_p , \quad (2.2)$$

где  $t_u$  - время одного цикла доения коров, с ( $t_m = 240\dots360$  с);  $t_u = t_m + t_p$ ;  $t_m$  - время работы дояра, с (при доении в переносные ведра  $t_p = 180\dots240$  с, в молокопровод  $t_p = 120\dots180$  с).

Количество коров, которое может обслужить оператор за все время дойки, определяется

$$N_k = (T_d - t_u) / r + 1, \quad (2.3)$$

где  $r$  - шаг потока, равный времени с окончания доения одной коровы и окончания доения другой.

$$r = t_u / \Pi, \text{ с}; \quad (2.4)$$

$\Pi$  - интенсивность потока, которая показывает количество коров выдаываемы одновременно (при доении в переносные ведра  $\Pi = 5-6$ , при доении на установках типа "елочка"  $\Pi = 15-16$ ).

Пропускная способность линии доения для всех коров определяется по формуле:

$$W = A_f [T_d - t_p (A_{da} - 1)] / t_u . \quad (2.5)$$

Необходимое количество операторов для обслуживания всего поголовья коров на ферме определяется

$$n_{op} = W / N_k . \quad (2.6)$$

Производительность линии доения всего поголовья коров на ферме

$$W_{dc} = W / T_d . \quad (2.7)$$

Число доильных установок на ферме определяется

$$n_{du} = W_{dc} / W_{du} , \quad (2.8)$$

где  $W_{du}$  - производительность доильной установки, гол/с.

Производительность доильных установок для доения в переносные ведра и в молокопровод определяется по той же формуле

$$W = A_{fp} [T_d - t_p (A_{dt} - 1)] / t_u , \quad (2.9)$$

где  $A_{fp}$  - количество доильных аппаратов, входящих в комплект доильной установки.

Пропускная способность доильных установок типа "тандем" определяется

$$W_{dt} = m k_g / [m(t_p + t_m + t_n)] , \quad (2.10)$$

где  $m$  - количество коров, одновременно выдаиваемых на установке;  $k_g$  - число индивидуальных станков с боковым входом-выходом;  $t_n$  - затраты времени на подход коровы от преддоильной площадки до станка, на впуск в станок и передвижение внутри него, а также выход коровы за пределы установки (можно принять  $t_n = 90\dots 180$  с). Пропускная способность доильных установок типа "елочка" с групповыми проходными станками

$$W_{dk} = 2 / [t_{bn} / N_e + (t_{max} + t_{zak}) / k_c] , \quad (2.11)$$

где  $t_{bn}$  - суммарные затраты времени на впуск коровы, подготовку вымени и надевание доильных стаканов в расчете на одно животное, с ( $t_{bn} = 90\dots 180$  с);  $N_e$  - число операторов, обслуживающих доильную установку;  $t_{max}$  - максимальное машинное время доения наиболее тугодойких коров в стаде или группе, с ( $t_{max} = 360$  с);  $t_{zak}$  - затраты времени на выполнение заключительных операций в течение одного цикла доения, с ( $t_{zak} = 60\dots 120$  с);  $k_c$  - число доильных станков в одной стороне доильной установки.

При доении на конвейерной доильной установке пропускная способность ее определится

$$W_{dk} = A_f k_m / [t(1,1 k_m + A_f - 1)] . \quad (2.12)$$

С увеличением числа станков конвейерной доильной установки средняя выработка на один станок уменьшается. Поэтому не всегда рационально повышать пропускную способность доильного зала, увеличивая число станков на одной установке.

Двухроторные вакуумные насосы являются наиболее простыми по устройству и безотказны в работе, поэтому смогут успешно применяться в доильных установках.

Существующие типы двухроторных вакуумных насосов по характеру рабочего процесса делятся на три группы: внешнего сжатия, с частичным внутренним сжатием и с полным внутренним сжатием.

Таким образом, перевод процесса с внешнего сжатия на внутреннее и усовершенствование процесса всасывания газа по теоретическим расчётам удаётся снизить потери энергии до 30%.

Таким образом, перевод процесса с внешнего сжатия на внутреннее и усовершенствование процесса всасывания газа по теоретическим расчётам удаётся снизить потери энергии до 30%.

Процесс нагнетания сжатого газа заканчивается в тот момент, когда зуб ведущего ротора будет находиться у точки пересечения двух окружностей выступов радиусом  $R_{e1}$  и  $R_{e2}$  (рисунок 2.4). В этом положении впадина ведомого ротора будет отставать от зуба ведущего ротора на половину углового шага  $\tau$ . С учетом этого, получим для угла  $\varphi_{ok}$  следующую зависимость:

$$\varphi_{ok} = \varphi + \frac{\tau}{2} = \arccos \frac{R_{H2}}{R_{e2}} + \frac{t_{R2}}{2 \cdot R_e}, \quad (2.13)$$

где  $R_{H2}$  – радиус начальной окружности впадины ведомого ротора;  
 $t_{R2}$  – длина дуги по наружной окружности радиусом  $R_{H2}$ ;  
 $\tau$  – угловой шаг.

$$t_{R2} = \frac{\pi \cdot d_{e2}}{z}, \quad (2.14)$$

где  $d_{e2}$  – диаметр окружности выступов ведомого ротора;  
 $z$  – расчетное число зубьев.

Для определения площади нагнетательного окна принимая, что верхняя и нижняя границы описываются соответственно по радиусу  $R_{\max}$  и  $R_{\min}$ , а боковые грани по радиусу  $r$ .

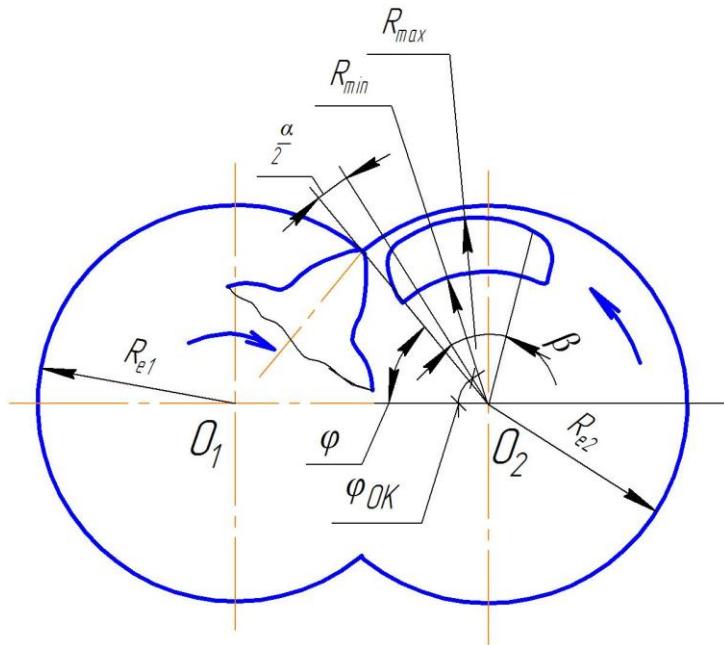


Рисунок 2.1 – Схема к расчету нагнетательного окна

Тогда площадь нагнетательного окна можно определить по формуле:

$$S_{ok} = \frac{1}{2}(R_{\max}^2 - R_{\min}^2) \cdot \beta + \pi \cdot r^2, \quad (2.15)$$

где  $\beta$ , рад – угол, характеризующий длину дуги окна по минимальному радиусу. Он задается в зависимости от степени внутреннего сжатия.

Выражая радиус  $r$  через радиусы  $R_{\max}$  и  $R_{\min}$ , окончательно получим:

$$S_{ok} = \frac{1}{2}[(R_{\max}^2 - R_{\min}^2) \cdot \beta + \frac{\pi}{2}(R_{\max} - R_{\min})^2]. \quad (2.16)$$

Полезную площадь нагнетательного окна можно увеличить, если боковые грани выполнить по профилю впадины ведомого ротора. В данном случае, если боковые грани выполняются по эвольвенте (рисунок 2.5), площадь нагнетательного окна будет определяться по формуле:

$$S_{ok} = \frac{1}{2}(R_{\max}^2 - R_{\min}^2) \cdot \beta + R_0 \left[ \frac{(\gamma_e + \operatorname{inv} \gamma_e)^3}{3} - \operatorname{inv} \gamma_e \right], \quad (2.17)$$

где  $R_o$  – радиус основной окружности;

$\gamma_e$  – угол радиус-вектора эвольвенты в вершине зуба;

$\operatorname{inv} \gamma_e = \operatorname{tg} \gamma_e - \gamma_e$  – эвольвентная функция угла  $\gamma_e$ .

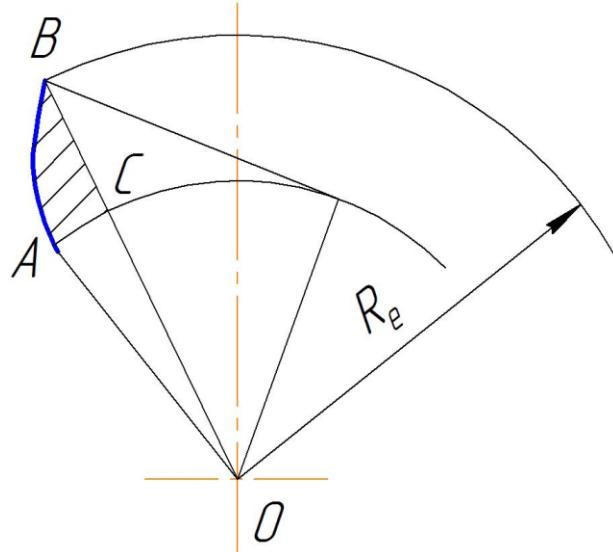


Рисунок 2.2 – Схема к расчету нагнетательного окна с боковым эвольвентным профилем

### **3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ**

#### **3.1 Выбор и обоснование конструкции**

Сравнительный анализ конструктивных схем вакуумных насосов, с точки зрения организации рабочих процессов, показывает следующее:

Вакуумный насос с частичным внутренним сжатием имеет хорошее газораспределение на обоих участках. Нагнетательное окно расположено на цилиндрической расточке корпуса. Недостатком этих насосов является несовершенство процесса сжатия газа.

Двухроторные вакуумные насосы с полным внутренним сжатием не имеют этого недостатка, так как сжатие происходит в защемленной полости. Однако с введением полного внутреннего сжатия уменьшается располагаемая площадь для размещения нагнетательных окон, которые во всех предложенных насосах размещены только в торцевых крышках. Торцевое расположение окон, кроме ограниченности площади проходного сечения, значительно искривляет траекторию движения газа, ухудшая тем самым газодинамику потока.

Из вышеприведенной классификации доильных установок видно большое разнообразие существующих различий по конструкции и технологии доения. Для всего множества вакуумных установок общим является наличие вакуумной системы, отличающейся для каждого конкретного случая технологическими и конструктивными параметрами.

Следовательно, наряду с существующими конструкциями вакуумных насосов целесообразно разрабатывать, и внедрять в производство новые машины, с учетом всех недостатков, как в конструкции, так и в рабочем процессе.

Иzm.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.	Мусин Ф.Р.			
Пров.	Кашапов И.И.			
.Н.контр.	Кашапов И.И.			
Утв.	Халичиллин Д.Т.			

*BKR.35.03.06.008.18.ДВН.00.00.00.ПЗ*

*Пояснительная  
записка*

*Лит.      Лист      Листов*  
*1            18*

*Казанский ГАУ  
каф. МОА*

Важным фактором надежного функционирования доильной установки является стабильный вакуум, создаваемый насосом во время его эксплуатации. Именно работа вакуумного насоса является слабым звеном в цепочке технологического оборудования для доения. Предлагаемая конструкция вакуумного насоса, который имеет ведущий четырех зубый ротор и ведомый ротор с четырьмя впадинами (рисунок 3.1). Формы зубьев и впадин изготовлены по эвольвентному профилю. Это конструктивное решение позволяет выдерживать минимальные зазоры при входе зуба во впадину. Для синхронного вращения роторов применяется механизм синхронизации, зубчатые колеса которой находятся в масляной ванне.

Двухроторный вакуумный насос (рисунок 3.1) состоит из дюралюминиевого корпуса 1, двух валов ведомого и ведущего, двух роторов ведомого 2 и ведущего 3 с эвольвентным профилем зубьев роторов, всасывающего окна , нагнетательного окна 5, механизма синхронизации 6.

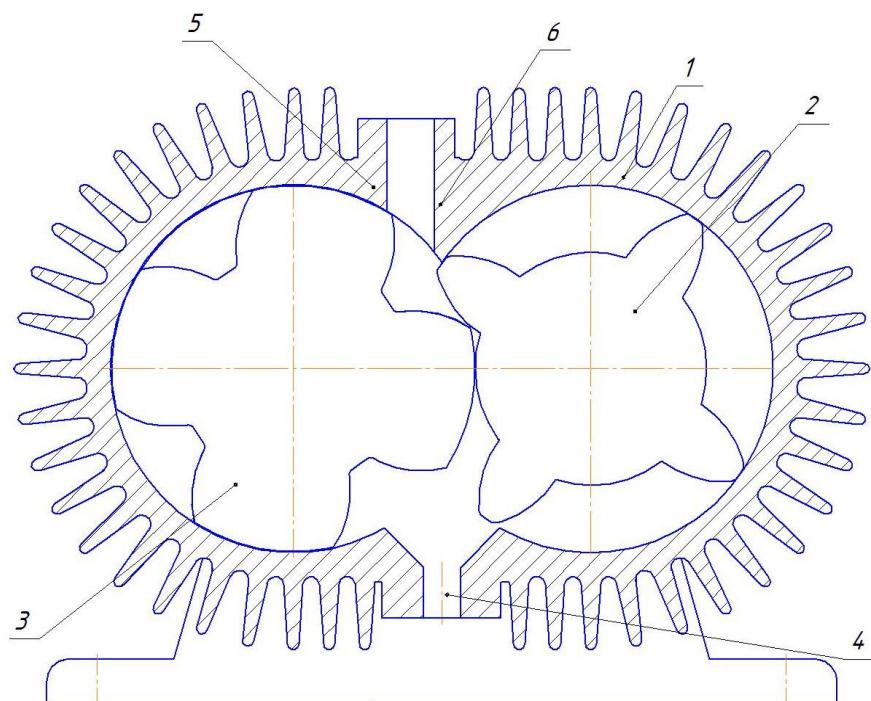


Рисунок 3.1 – «Двухроторный вакуумный насос»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

Работает насос следующим образом: когда роторы вращаются и воздух из вакуумной системы засасывается в полость всасывания. При дальнейшем вращении воздух попадает на участок сжатия, где воздух сжимается. Вытесняется сжатый воздух через нагнетательное окно 7, которая находится в полости ведомого ротора.

### **3.2 Конструктивные расчеты**

#### **Выбор подшипников**

Подшипниковый узел состоит из корпуса машины, подшипника, крышки для закрепления самого подшипника на вале и в корпусе, манжеты и смазочного узла подшипника.

Подшипник качения состоит из: наружной и внутренней части в виде кольца. На внутреннем кольце имеются дорожка качения по которым катятся тела качения шарики или ролики. Для удержания, разделения и направления их имеется сепаратор. Также он обеспечивает их правильную работу.

В настоящее время выпускаются подшипники качения без одного или обеих колец. Так же есть подшипники без сепаратора. Это делается для уменьшения их габаритных размеров.

Подшипники качения имеют ряд преимуществ перед подшипниками скольжения. Это маленький момент силы трения, наименьши момент при пуске исходя из этого и меньше нагреваются, требуют меньше смазочного материала и простоту в обслуживании. Вышеперечисленные преимущества дают возможность широкого применения их в самых разных областях машино- и приборостроения. Но в тоже время у подшипников качения есть ряд недостатков. Меньший ресурс работы при повышенных угловых скоростях и сильных нагрузках. Малая способность восприятия ударных и динамических нагрузок.

В РФ имеется стандарт на выпуск подшипников качения и их изготавливают в основном на специализированных машиностроительных заводах. Это дает возможность изготавливать их высокого качества при

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	3
					BKR.35.03.06.008.18.ДВН.00.00.00.ПЗ	

относительно небольших затратах.

По габаритным размерам и по нагрузке подшипники качения подразделяются на семь типов (серий): сверхлегкие, особо легкие, легкие, широкие легкие, средней легкости, широкие и тяжелые. Отличия данных серий подшипников качения по габаритным размерам с одинаковым внутренним диаметром показан на рисунке 3.2.

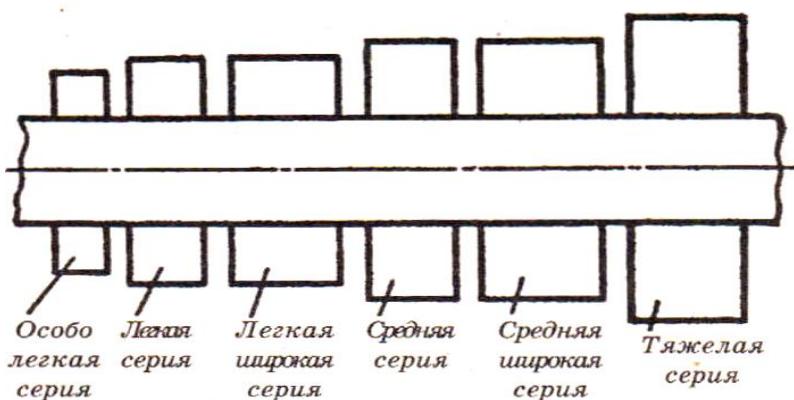


Рисунок 3.2 – Размерные серии подшипников качения

Так же они классифицируются по классам точности: нормальный класс (0); повышенный (6); высокий (5); особо высокий (4) и сверхвысокий (2). От этого во многом зависит работоспособность подшипников качения, но с этим растет и их стоимость изготовления.

Для изготовления данных типов подшипников используют только высокопрочную подшипниковую сталь ШХ15, 18Хгг и др., с обязательной термической обработкой. Данная процедура обеспечивает подшипники высокой твердостью.

Срок службы подшипников качения во многом зависит от качества сепаратора. Сепараторы производят штамповкой стальной ленты. Если подшипник при работе подвергается повышенным окружным скоростям (10-15 м/с) необходимо сепаратор изготовить из латуни, пластмассы, дюралюминия или бронзы. Маркировка всех подшипников наносится на его торец, которая состоит из ряда цифр и букв, которые обозначают внутренний диаметр, тип, серию, класс точности, конструктивные особенности и т.д..

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					BKR.35.03.06.008.18.ДВН.00.00.00.ПЗ

Подшипники выбираются по динамической грузоподъёмности, определяемая по формуле (14.2) стр. 189 [1],

$$C_n = R_A \cdot K_b \cdot K_T, \quad (3.1)$$

где  $C_n$  - динамическая грузоподъёмность, Н;

$R_A$  – нагрузка на один подшипник, Н;

$K_b$  – коэффициент безопасности (при средних условиях  $K_b=1,4$ );

$K_T$  – температурный коэффициент (при обычных условиях  $K_T=1$ ).

$$C_n = 210 \cdot 1,4 \cdot 1 = 274 \text{ Н.}$$

Определяется расчётная долговечность подшипника по формуле: [1],

$$L = \frac{60n_b T}{10^6}, \quad (3.2)$$

где  $L$  - расчётная долговечность подшипника, млн. об;

$n_b$  – частота вращения, об/мин;

$T$  – суммарное время работы, ч.

Суммарное время работы вакуумного насоса определяется по формуле: [1]

$$T = 465 K_r \cdot 24 \cdot K_c \cdot K_q \frac{\Pi B \% h}{10^6}, \quad (3.3)$$

где  $T$  - суммарного времени работы насоса, ч;

$K_r$  – коэффициент работы в течении года (при двусменной работе  $K_r=0,5$ );

$K_c$  - коэффициент использования насоса в течении суток (при двусменной работе  $K_c=0,67$ );

$K_q$  - коэффициент использования насоса в течении часа (при двусменной работе  $K_q=2$ );

$\Pi B$  - относительная продолжительность включения (при среднем режиме работы  $\Pi B=25\%$ );

$h$  – срок службы насоса, лет.

$$T = 465 \cdot 0,5 \cdot 24 \cdot 0,67 \cdot 2 = 14674 \text{ ч.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					ВКР.35.03.06.008.18.ДВН.00.00.00.П3

**Метод определения моментов сопротивлений роторов вакуумного насоса.**

Теоретический момент сопротивления валов вакуумного насоса определяется по следующей предлагаемой методике, с помощью которой выводятся зависимости для определения средних значений момента сопротивления.

В процессе работы вакуумного насоса в роторах идут колебания, которая ведет к повышенному шуму при работе и в следствии к снижению подачи насоса. Основные причины колебаний это допущенные неточности в изготовлении самих роторов или пульсирующие резкие перепады давлений в полостях всасывания и нагнетания.

Исходя из этого момент сопротивления шестеренчатых вакуумных насосов определяется из выражения:[6],

$$M = \Delta P b \left( \int_{y_i}^{y'} y dy - \int_{x'}^{x_i} x dx \right), \quad (3.5)$$

где  $M$  – момент, который действует на зубья роторов;

$\Delta P$  – средний показатель перепада давления, который действует на зубья роторов;

$b_w$  – ширина ротора;

$x_i; x_i'; y_i; y_i'$  – координаты.

Объединив вышеуказанное уравнение, получим:

$$M_p = \frac{\Delta P b_w}{2} (R_e^2 - R_i^2). \quad (3.6)$$

Активный момент зуба ведущего ротора, который выходит из зацепления, определяется выражением:

$$M_{1a(x)}' = \frac{\Delta P b_w}{2} [(R_i')^2 - R_i^2], \quad (3.7)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					VKP.35.03.06.008.18.ДВН.00.00.00.ПЗ

где  $\Delta P = -PB$  – среднее значение перепада давления, который действует на зубья;

$P_x$  – значение давления в который защемлен вмежзубовом пространстве,

$R'_1$  – средний радиус который исходит с центра роторов до точки соприкосновения роторов.

Активный момент для следующего зуба ротора который входит в зацепление определяется так же:

$$M'_{2a(x)} = \frac{\Delta P 2b_{uu}}{2} [(R'_2)^2 - R_i^2], \quad (3.8)$$

где  $R'_2$  – средний радиус который исходит с центра роторов до точки соприкосновения роторов.

Моменты  $M'_{1a(x)}$ ,  $M'_{2a(x)}$ ,  $M'_{a(x)}$ ,  $M''_{1a(x)}$ ,  $M''_{2a(x)}$ ,  $M''_{a(x)}$  не всегда действуют одновременно. Например в случае когда в зацепление входит одна пара зубьев, действие оказывают активные моменты  $M'_{a(x)}$  и  $M''_{a(x)}$ . Если в зацепление входят две пары, на них оказывают влияние моменты  $M'_{1a(x)}$ ,  $M'_{2a(x)}$  и  $M''_{1a(x)}$ ,  $M''_{2a(x)}$ .

В многозубовых роторных машинах с корrigированными профилями коэффициент перекрытия равен  $\varepsilon=1,044$ . Вследствие чего действие моментов  $M'_{1a(x)}$ ,  $M'_{2a(x)}$ ,  $M''_{1a(x)}$ ,  $M''_{2a(x)}$  кратковременные. Моменты  $M'_{1a(x)}$  и  $M''_{a(x)}$  оказывают более продолжительное действие . Активный момент ведущего ротора когда одна пара зубьев находится в зацеплении, можно определить по выражению:

$$M'_{a(x)} = \frac{\Delta P b_{uu}}{2} [(R')^2 - R_i^2], \quad (3.9)$$

где  $R'$  – радиус, от центра вращения роторов до зацепления зубьев.

Формула определения активного момента для ведомого ротора аналогична:

$$M'_{a(x)} = \frac{\Delta P b_{uu}}{2} [(R'')^2 - R_i^2], \quad (3.10)$$

где  $R''$  – радиус, от центра вращения до зацепления зубьев.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					VKP.35.03.06.008.18.ДВН.00.00.00.ПЗ

Активные моменты  $M'_{a(x)}$  и  $M''_{a(x)}$ , действуют в тот период, когда зацепление зубчатой пары (роторов) перемещается из точки  $A'$  в точку  $C$  и далее в точку  $B'$ , т.е. на линии  $A'B'$ . При этом поверхности зубьев испытывают перепад давления  $\Delta P$ .

Для определения активных моментов  $M'_{a(x)}$  и  $M''_{a(x)}$  найдём переменные радиусы  $R'$  и  $R''$ . Используя теорему косинусов для переменных радиусов ведущего и ведомого роторов получим:

$$(R')^2 = (A'C)^2 + (O_1 C)^2 - 2(A'C)(O_1 C) \cdot \cos(90 - \alpha) = \\ X_1^2 + R_H^2 - 2X_1 \cdot R_H \cdot \cos(90 - \alpha) = R_H^2 + X_1^2 - 2R_H X_1 \cdot \sin \alpha \quad (3.11)$$

$$(R'')^2 = (A'C)^2 + (O_2 C)^2 - 2(A'C)(O_2 C) \cdot \cos(90 + \alpha) = \\ X_1^2 + R_H^2 + 2X_1 \cdot R_H \cdot \sin \alpha = R_H^2 + X_1^2 + 2R_H X_1 \cdot \sin \alpha \quad . \quad (3.12)$$

Принимая во внимание, что активные моменты  $M'_{1a(x)}$ ,  $M'_{2a(x)}$  и  $M''_{1a(x)}$ ,  $M''_{2a(x)}$  действуют кратковременно и поэтому ими можно пренебречь, тогда получим

$$M'_{a(x)} = \frac{\Delta Pb_u}{2} [ R_H^2 + X_1^2 - 2R_H X_1 \cdot \sin \alpha - R_i^2 ]; \quad (3.13)$$

$$M''_{a(x)} = \frac{\Delta Pb_u}{2} [ R_H^2 + X_1^2 + 2R_H X_1 \cdot \sin \alpha - R_i^2 ]. \quad (3.14)$$

После подстановки значений  $M'_{a(x)}$ ,  $M''_{a(x)}$  и используя выражение, получим

$$M_{1c} = M_p - M'_{a(x)}. \quad (3.15)$$

$$M_{1c} = \frac{\Delta Pb_u}{2} (R_e^2 + R_H^2 - X_1^2 + 2R_H X_1 \cdot \sin \alpha). \quad (3.16)$$

Аналогично для ведомого ротора

$$M_{2c} = \frac{\Delta Pb_u}{2} (R_e^2 + R_H^2 - X_1^2 - 2R_H X_1 \cdot \sin \alpha). \quad (3.17)$$

Графическая зависимость моментов сопротивления от расположения зубьев роторов по линии зацеплении представлена на рисунке 3.3. Данный график показывает изменение моментов сопротивлений за период поворота роторов на время ( $t_0$ ).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					ВКР.35.03.06.008.18.ДВН.00.00.00.П3

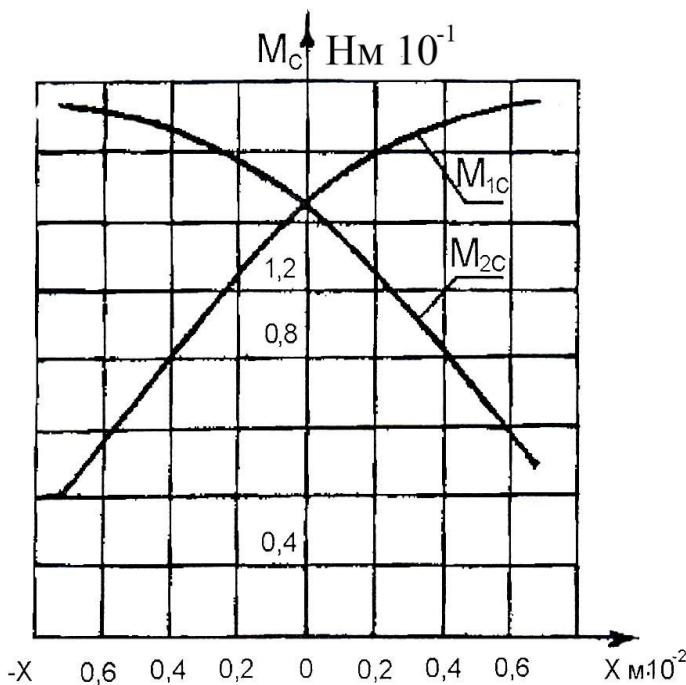


Рисунок 3.3 - График изменения момента сопротивления

Так же видно, что в период зацепления на ведомый ротор действует минимальный момент сопротивления, а на ведущий наоборот максимальный момент сопротивления.

Такие резкие перепады моментов сопротивления могут привести к колебанию ротора.

Устранить колебания роторов можно рассчитав и обосновав моменты инерции.

Известно уравнение движения для электродвигателей

$$M_g - M_c = J \frac{d\omega}{dt}, \quad (3.18)$$

где  $M_g$  – момент, развиваемый двигателем;

$M_c$  – момент сопротивления насоса;

$J$  – приведенный момент инерции вращающихся масс.

В нашем случае получим следующее уравнение для определения момента инерции:

$$J = \frac{M_g - M_c}{d\omega/dt}, \quad (3.19)$$

Момент инерции состоит из двух частей:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					BKR.35.03.06.008.18.ДВН.00.00.00.ПЗ

$$J = J_1 + J_2, \quad (3.20)$$

где  $J_1$  – момент инерции ведущего и ведомого роторов;

$J_2$  – момент инерции ротора электродвигателя.

Момент инерции роторов вакуумного насоса можно определить по выражению

$$J_p = mR_H^2, \quad (3.21)$$

где  $R_H$  – радиус начальной окружности ротора;

$m$  – масса ротора.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					ВКР.35.03.06.008.18.ДВН.00.00.00.ПЗ

### **3.3. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

#### **3.3.1 Мероприятия обеспечивающие безопасную работу насоса**

До пуска насоса в работу убедиться в том, что около него отсутствуют посторонние лица и предметы. Провести общий осмотр насоса и убедиться в надёжности болтовых соединений.

Управлять насосом допускаются лица, изучившие технику безопасности и правила ухода и эксплуатации за механизмами насоса.

Все вращающиеся валы насоса должны быть закрыты кожухами.

Для безопасной и надёжной работы насоса необходимо производить плановый технический осмотр и уход за механизмами насоса. Смазку подшипников производить только при выключенном приводе.

#### **Основные требования безопасности при работе с вакуумной установкой**

1. Вакуумная установка должна быть установлена не менее 2 метра от несущей стены и входных дверей;
2. Все органы управления вакуумных установок должна быть на высоте от пола не более 1,8 метров;
3. Усилие нажатия на кнопку управления должна быть не более 10 Н.;
4. Металлические узлы вакуумной установки, корпус электродвигателя должны иметь надежное заземление, которая должна соответствовать правилам использования электроустановок;
5. Все заусенцы установки должны быть устранины;
6. По техническому регламенту вакуумная установка должна устанавливаться на специальный фундамент;

#### **Определение параметров заземления вакуумных установок**

Для защиты рабочего персонала от поражения электрического тока самым распространенным и надежным методом считается преднамеренное заземление электрических соединений или их элементов, которые находятся под напряжением, токоведущими элементами. Для этого используют металлические

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	12
					BKR.35.03.06.008.18.ДВН.00.00.00.П3	

трубы или стержни, длина которых должна быть не менее 2 метров.

Сопротивление одного металлического заземления можно определить по выражению:

$$R_e = 0,366 \frac{\rho}{\ell} (\lg \frac{2\ell}{d} + 0,5 g \frac{4h+\ell}{4h-\ell}), \quad (3.22)$$

где  $\rho$  – сопротивление почвы, Ом см;

$\ell$  – длина стержня, см;

$d$  – диаметр стержня, см;

$h$  – глубина заделки, см;

$$R_e = 0,366 \frac{10^4}{300} (\lg \frac{2 \cdot 300}{1} + 0,5 \lg \frac{4 \cdot 300 + 300}{4 \cdot 300 - 300}) = 29,5 \text{ Ом.}$$

Необходимое число заземлений определяется:

$$n = \frac{R_e \cdot k_c}{R_n \cdot \eta_c}, \quad (3.23)$$

где  $n$  – необходимое число заземлений;

$k_c$  – коэффициент сезонности;

$R_n$  – нормативное сопротивление заземлений, Ом;

$\eta_c$  – коэффициент использования заземлений.

$$n = \frac{29,5 \cdot 1,2}{10 \cdot 0,88} = 4 \cdot$$

Число заземлений – 4.

## Разработка инструкции по безопасности труда для студента при работе с вакуумной установкой

### 1. Общие требования безопасности

1.1. К обслуживанию агрегата допускаются лица, которые прошли медицинский осмотр, обучение, инструктаж и проверку знаний по охране труда.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.35.03.06.008.18.ДВН.00.00.00.П3

Лист

13

1.2 Опасные и вредные факторы: влажность, температура, электрический ток, шум, недостаточная освещенность, скользкий пол.

#### Требования безопасности перед началом работ

Перед началом работ оператор должен:

- пройти ознакомление с заданием;
- одеть рабочую спецодежду;
- отметиться в журнале приема смены;
- провести в порядок свое рабочее место;
- проверить заземления вакуумных насосов, электродвигателей и другого электрооборудования вакуумной установки.

#### Требования безопасности во время работы

Категорически воспрещается:

- уходить без веской причины с рабочего места;
- допуск посторонних лиц к рабочему месту;
- в процессе работы настраивать и устранять поломки оборудования.

#### Требования безопасности в аварийной ситуации

Во время эксплуатации вакуумной установки могут возникнуть аварийные ситуации, например утечка масла при работе агрегата.

1. Немедленно выключить вакуумную установку.
2. Сообщить руководству предприятия.
3. Принять меры устранения аварийной ситуации.
4. При возникновении несчастного случая необходимо оказать первичную помощь пострадавшему, вызвать скорую помощь.

#### Требования безопасности по окончании работ

- привести в порядок свое рабочее место, убрать на место инструменты и приспособления.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- материалы которые применялись для обтирочных работ следует собрать в специальные емкости с дальнейшей их утилизацией.

В случае использования токсичных вещества необходимо проветрить помещение и принять душ.

За нарушения пунктов данной инструкции оператор может привлекаться к дисциплинарной, материальной или уголовной ответственности.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

BKP.35.03.06.008.18.ДВН.00.00.00.ПЗ

Лист

15

## 3.4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 3.4.1 Экономическое обоснование конструкции

#### Расчёт массы и стоимости конструкции

Таблица 3.4.1 - Исходные данные

Показатели	Исходный (базовый)	проектир уемый
Масса, кг	40	30
Потребная мощность, кВт	0,55	0,4
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
Тарифная ставка, руб/чел.-ч	39,8	39,8
Производительность, л/ч	50	50

Балансовая стоимость новой конструкции по сопоставимости массы определяется по формуле:

$$C_{\delta 1} = \frac{C_{\delta 0} \cdot G_1 \cdot \delta}{G_0}, \quad (3.24)$$

где  $C_{\delta 0}, C_{\delta 1}$  – соответственно балансовая стоимость старой и новой детали, руб.;

$G_0; G_1$  – масса старой и новой конструкции, кг;

$\delta$  – коэффициент удешевления конструкции.

Принимая значения как

$C_{\delta 0} = 61300$  руб.;  $G_1 = 30$  кг,  $\delta = 0,9 \dots 0,95$ ,  $G_0 = 40$  кг, получаем:

$$C_{\delta 1} = \frac{61300 \cdot 30 \cdot 0,9}{40} = 41377 \text{ руб.}$$

### 3.4.2 Расчёт технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение

Часовая производительность машин определяется из конструктивных расчётов по формуле (3.8):

$$W_1 = 50 \text{ л/ч};$$

$$W_0 = 50 \text{ л/ч}.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	16
					ВКР.35.03.06.008.18.ДВН.00.00.00.П3	

Энергоемкость процесса определяется по формуле:

$$\mathcal{Z}_e = \frac{N_e}{W_u}, \quad (3.25)$$

где  $N_e$  – потребляемая мощность, кВт;

$W_q$  – часовая производительность, л/ч.

Учитывая, что  $N_e=0,4$  кВт, находим:

$$\varTheta_0 = \frac{0,55}{50} = 0,011 \kappa B m \cdot u / \pi.$$

$$\mathcal{E}_1 = \frac{0,4}{50} = 0,008\kappa B m \cdot \epsilon / \pi,$$

Металлоёмкость процесса определяется по формуле:

$$M_e = \frac{G}{W_u \cdot T_{eod} \cdot T_c}, \quad (3.26)$$

где  $G$  – конструкции, кг;

$T_{\text{год}}$  – годовая загрузка машины;

$T_c$  – срок службы машин, лет.

Учитывая,  $G_1 = 30$  кг.,  $G_0 = 40$  кг.,  $W_1 = 50$  л/ч,  $W_0 = 50$  л/ч,

$T_{\text{год}1,0} = 1144$  лет.,  $T_{c1,0} = 5$  лет, подставляя значения находим:

$$M_{e0} = \frac{30}{50 \cdot 1144 \cdot 5} = 0,0001\kappa\varepsilon / \kappa\varepsilon,$$

$$M_{e1} = \frac{40}{50 \cdot 1144 \cdot 5} = 0,00014\kappa\varepsilon / \kappa\varepsilon.$$

Фондоёмкость процесса определяется по формуле:

$$F_e = \frac{C_6}{W_u \cdot T_{\varepsilon o o} T_{c \pi}}, \quad (3.27)$$

где  $C_6$  – балансовая совместимость конструкции, руб.;

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	VKP.35.03.06.008.18.ДВН.00.00.00.ПЗ	17

Принимая из расчетов, что  $C_{61}=61300$  руб.,  $C_{60}=41377$  руб., определяем:

$$F_{e0} = \frac{61300}{50 \cdot 1144 \cdot 5} = 0,21 \text{ руб} / \text{л}$$

$$F_{e1} = \frac{41377}{50 \cdot 11444 \cdot 5} = 0,14 \text{ руб} / \text{л}$$

Себестоимость исходного и проектируемого варианта определяется по формуле:

$$S = C_{з.п.} + C_e + C_{pmo} + A, \quad (2.28)$$

где  $C_{з.п.}$  – затраты оплату труда, руб./л;

$C_e$  – затраты на электроэнергию, руб/л;

$C_{pmo}$  – затраты на ремонт и техническое обслуживание конструкции, руб;

$A$  – амортизационный отчисления на продукцию, руб/л;

Затраты на оплату труда определяются по формуле:

$$C_{з.п.} = z \cdot T_e \cdot K_{\partial} \cdot K_{cm} \cdot K_{om} \cdot K_{cc}, \quad (3.29)$$

где  $z$  – тарифная ставка,  $z = 82,8$  руб/ч;

$T_e$  – трудоёмкость, чел/литр.

Трудоёмкость определяется по формуле:

$$T_e = \frac{\Pi p}{W_u}, \quad (3.30)$$

$$T_{eo} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ чел} / \text{л},$$

$$T_{e1} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ чел} / \text{л},$$

$$C_{з.п.0} = 82,8 \cdot 0,02 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,12 = 2,9 \text{ руб} / \text{л},$$

$$C_{з.п.1} = 82,8 \cdot 0,02 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,12 = 2,9 \text{ руб} / \text{л}.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					BKR.35.03.06.008.18.ДВН.00.00.00.П3

Затраты на электроэнергию определяем по формуле:

$$C_e = \Pi_e \cdot \mathcal{E}_e, \quad (3.31)$$

где  $\Pi_e$  – отпускная цена электроэнергии, руб./кВт·ч;

$\mathcal{E}_e$  – потребляемая мощность, кВт·ч.

Принимая во внимание, что  $\Pi_e=2,57$  руб./кВт·ч,  $\mathcal{E}_{e0}=0,011$ ;  $\mathcal{E}_{e1}=0,008$ , находим:

$$\begin{aligned} C_{e0} &= 2,57 \cdot 0,011 = 0,028 \text{ руб / л,} \\ C_{e1} &= 2,57 \cdot 0,008 = 0,02 \text{ руб / л.} \end{aligned}$$

Затраты на РТО конструкции определяется по формуле:

$$C_{pmo} = \frac{C_0 \cdot H_{pmo}}{100 \cdot W_u \cdot T_{zod}}, \quad (3.32)$$

где  $H_{pmo}$  – суммарная норма затрат на РТО, %.

$$\begin{aligned} C_{pmo0} &= \frac{61300 \cdot 19,8}{100 \cdot 50 \cdot 1144} = 0,21 \text{ руб / л,} \\ C_{pmo1} &= \frac{41377 \cdot 19,8}{100 \cdot 50 \cdot 1144} = 0,14 \text{ руб / кг.} \end{aligned}$$

Амортизационные отчисления определяются по формуле:

$$A = \frac{C_0 \cdot a}{100 \cdot W_u \cdot T_{zod}}, \quad (3.33)$$

где  $a$  – норма амортизации, %.

Принимая по нормативам, что  $a_{0,1}=18$ , находим

$$\begin{aligned} A_0 &= \frac{61300 \cdot 18}{100 \cdot 50 \cdot 1144} = 0,19 \text{ руб / л,} \\ A_1 &= \frac{41377 \cdot 18}{100 \cdot 50 \cdot 1144} = 0,13 \text{ руб / л.} \end{aligned}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$S_0 = 2,9 + 0,028 + 0,21 + 0,19 = 3,4 \text{ руб / кг},$$

$$S_1 = 2,9 + 0,02 + 0,14 + 0,13 = 3 \text{ руб / кг}.$$

Приведённые затраты на работу конструкции определяют по формуле:

$$C_{np} = S + E_h \cdot \kappa = S + E_h \cdot F_t, \quad (3.34)$$

где  $E_h$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$K$  – удельные капитальные вложения или фондоёмкость.

Принимая, что  $E_h=0,15$  находим:

$$C_{priv0} = 3,4 + 0,15 \cdot 0,21 = 3,43 \text{ руб / кг},$$

$$C_{priv1} = 3 + 0,15 \cdot 0,14 = 3,01 \text{ руб / кг}.$$

Годовая экономия определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{год} = (S_0 - S_1) \cdot W_u \cdot T_{год}, \quad (3.35)$$

где  $T_{год}$  – годовая нормативная загрузка, ч.

Принимая во внимание, что  $T_{год}=1350$ , находим:

$$\mathcal{E}_{год} = (3,4 - 3,01) \cdot 50 \cdot 1144 = 22880 \text{ руб}.$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$E_{год} = \mathcal{E}_{год} - E_h \cdot \Delta\kappa \quad (3.36)$$

где  $E_h$  - коэффициент эффективности капитальных вложений.

$$E_{год} = 22880 - 0,15 \cdot 19600 = 19940 \text{ руб}$$

Срок окупаемости капитала вложений определяется по формуле:

$$T_{ок} = \frac{C_{б1}}{\mathcal{E}_{год}}, \quad (3.37)$$

$$T_{ок} = \frac{41377}{22880} = 1,8 \text{ года}.$$

Коэффициент эффективности капитала вложений определяется по формуле:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$E_{\text{эф}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{год}}}{C_0} = \frac{1}{T_{\text{ок}}},$$
(3.38)

$$E_{\text{эф}} = \frac{1}{1,8} = 0,55$$

Результаты расчетов заносим в таблицу 3.4.2

Таблица 3.4.2 – Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкции

№	Наименование показателей	Ед. измер.	Базовой (исходной)	проектируемой
1.	Часовая производительность	кг/ч	50	50
2.	Фондоёмкость процесса	руб/л	0,21	0,14
3.	Энергоёмкость процесса	кВт/л	0,011	0,008
4.	Металлоёмкость процесса	кг/л	0,0001	0,00014
5.	Трудоёмкость процесса	ч·ч/л	0,02	0,02
6.	Уровень эксплуатационных затрат	руб/л	3,4	3
7.	Уровень приведённых затрат	руб/л	3,43	3,01
8.	Годовая экономия	руб	-	22880
9.	Годовой экономический эффект	руб	-	19940
10.	Срок окупаемости капитала вложений	лет	-	1,8
11.	Коэффициент эффективности капитальных вложений	-		0,55

### **3.5 ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Вопросы охраны окружающей среды приобретают все большее внимание, вследствие возможности переноса загрязняющих веществ водными и воздушными потоками. Каждый день все большее количество газов выбрасываются в атмосферу, ухудшается плодородные слоя почв полей, остатками переработки нефтепродуктов загрязняются наши водные ресурсы. В дальнейшем это может привести к ухудшению плодородия земли и снижению продолжительности жизни человечества.

На животноводческих фермах, где при доении используются вакуумные установки, возможна утечка масла или моющих средств (щелочных или кислотных растворов), что может в свою очередь привести к порче и загрязнению почвы, рек и озер. Это может привести к гибели растений.

К загрязнениям окружающей среды в промышленных масштабах относятся следующие виды:

- механическое загрязнение (запыленность атмосферного воздуха, загрязнение различными механическими предметами почвы и воды);
- химическое загрязнение (образование различных химических соединений которые вступают во взаимодействие с окружающей средой образуя при этом выделения и скопления газообразных, жидких и твердых элементов);
- биологическое загрязнение (зарождение различных вредных организмов в окружающей среде в следствии деятельности человека).

Применение доильных установок оказывает значительное воздействие на экологическую безопасность. Например вода и остатки раствора которые применялись для промывки доильной техники является вредным веществом для почвы.

Для этого необходимо совместно с районной санэпидстанцией принятие необходимых мер в целях защиты окружающей среды по вопросам

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	22
					BKP.35.03.06.008.18.ДВН.00.00.00.ПЗ	

утилизации вредных отходов.

На всех предприятиях должен быть разработаны экологические паспорта. На основании которых должны быть указаны методы утилизации вредных выбросов и стоков и их количество,. Все эти меры позволяют уменьшить отрицательное влияние на окружающую среду.

### **3.6 Физическая культура на производстве**

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения научно-технического прогресса и производительности труда. Основным средством физической культуры являются физические упражнения, направленные на совершенствование жизненно важных сторон индивидуума, способствуя развитию его двигательных качеств, умений и навыков, необходимых для профессиональной деятельности. С этой целью используются следующие способы и методы по развитию физических способностей:

- ударные дозированные движения в вынужденных позах;
- выработка вращательных движений пальцев и кистей рук;
- развитие статической и динамической выносливости мышц пальцев и кистей рук;
- развитие ручной ловкости, кожной и мышечно-суставной чувствительности, глазомера;
- развитие силы и статической выносливости позных мышц спины, живота и разгибателей бедра;
- развитие точности усилий мышцами плечевого пояса.

Занятия по физической культуре на производстве должны включать различные виды спорта, благодаря которым сохраняется здоровье человека, его психическое благополучие и совершенствуются физические способности. Творческое использование физкультурно-спортивной деятельности в этих условиях направлено на достижение жизненно-важных и профессиональных целей индивидуума.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БКР.35.03.06.008.18.ДВН.00.00.00.ПЗ	Лист 23

## **Выводы и предложения**

На основе выполненных работ нами были сделаны следующие основные выводы:

1. Сделан анализ существующих конструкций вакуумных насосов. Изучение исследований в этой области показали что основные требования при разработки вакуумных насосов для молочного животноводства является снижение энерго- и ресурсоёмкости, снижение металлоёмкости и увеличение долговечности.

2. В результате выполненных патентных и литературы исследований спроектирован один из вариантов двухроторного насоса и доильной установки обладающей сравнительно высокими технико-экономическими показателями по сравнению с аналогами.

В результате улучшились такие параметры как:

- Металлоёмкость снизилась на 10 кг т.е. 25%
- Энергоемкость на 0,008 т.е. 28%

Установлена что годовая экономия от внедрения проектируемой установки составляет 22880 рублей, годовой экономический эффект от внедрения порядка 19940 рублей. Срок окупаемости капиталовложений 0,5.

## СПИСОК ИЗПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков, И.Е. К расчету конструктивных параметров водокольцевых вакуумных насосов малой мощности для доильных аппаратов, установок / И.Е. Волков, Б.Г. Зиганшин, Ф.Ф. Ситдиков // Экология и ресурсо- и энергосберегающие технологии на предприятиях народного хозяйства (промышленность, транспорт, сельское хозяйство). Пенза, 2005.-С. 152-154
2. Гозалов, Л.Н. Вакуумная техника / Л.Н. Гозалов. Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 1982
3. Карташов, Л.П. Машинное доение коров / Л.П.Карташов. - М.: Колос, 1982.- 301с
4. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов. Под редакцией Мельникова СВ. - Л.: Агропромиздат, 1985 г.
5. Админ, Е.И. Молочная продуктивность и молокоотдача при доении высокопродуктивных коров усовершенствованными аппаратами. Е.И. Админ, В.А. Лискович // IX Международный симпозиум по машинному доению сельскохозяйственных животных. Тезисы докладов - Оренбург, 1997. - С. 127.
6. Алешкин, В.Р. Механизация животноводства / В.Р. Алешкин, П.М. Рошин - М.: Колос, 1993. - 319с
7. Аширов, И.З. Оптимизация технологических параметров водокольцевых вакуумных машин, используемых на доильных установках: Дис.канд. техн. наук / И.З. Аширов. - Оренбург, 2003. - 123с.
8. Белянчиков Н.Н., Беликов И.П. и др. Механизация технологических процессов в животноводстве. - М.: Агропромиздат, 1989 г.
9. Белянчиков, Н.Н. Механизация животноводства / Н.Н. Белянчиков, А.И. Смирнов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Колос, 1983. - 360с.
10. Брошниц Н.В. Курсовые и дипломные проектирования /Брошниц Н.В./ М.К.Ф.колос 1984г.

11. Вакуумная техника. Справочник. - М., 1992
12. Велиток, ИТ. Технология машинного доения коров / ИТ. Велиток. - М.: Колос, 1975.256с, С. 98-102
13. Кленин Н.И., Егоров В.Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины.-М.:КолосС,2005.-464с. :ил-
14. Королев, Б.И. Основы вакуумной техники / Б.И. Королев. -М.: Госэнергоиздат, 1958. -431 с.
15. Королев, В.Ф. Доильные машины / В.Ф. Королев. -М.: Машиностроение, 1969. -279 с.
16. Мельников СВ. Методические указания по курсовому проектированию /Мельников СВ./ МЛ 976г.
17. Мельников СВ. Технологические оборудования животноводческих ферм и комплексов /Мельников СВ./ А Агропром 1985г.
18. Мельников, СВ. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / СВ. Мельников. -Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1978. -560с.
19. Райзман, И.А. Жидкостнокольцевые вакуумные насосы и компрессоры / И.А. Райзман. - Казань: Фэн, 1995. - 258 с.
20. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов. Под редакцией Мельникова СВ. - Л.: Агропромиздат, 1985 г.