

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление 35.03.06 Агроинженерия

Профиль Технический сервис в АПК

Кафедра Техносферная безопасность

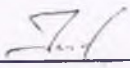
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

Тема: «Организация технического обслуживания оборудования животноводческих ферм в агропромышленных комплексах РТ с разработкой двухроторного вакуумного насоса»

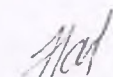
Шифр ВКР.35.03.06.256.20.ДВН.00.00.00.ПЗ

Студент Б 252 - 02 группы


подпись

Салахов Р.Ф.
Ф.И.О.

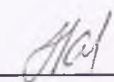
Руководитель к.т.н., доцент
ученое звание


подпись

Гаязиев И.Н.
Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № 8 от 17.06 2020 г.)

Зав. кафедрой к.т.н., доцент
ученое звание


подпись

/Гаязиев И.Н./
Ф.И.О.

Казань – 2020 г.

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление 35.03.06 - Агроинженерия

Профиль Технический сервис в АПК

Кафедра Техносферная безопасность

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

/ Гаязиев И.Н./

« 12 » 05 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Салахову Рафаэлю Фердинандовичу

Тема ВКР Организация технического обслуживания оборудования животноводческих ферм в агропромышленных комплексах РТ с разработкой двухроторного вакуумного насоса

утверждена приказом по вузу от « 22 » мая 2020 г. № 169

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР 22.06.2020 г.

3. Исходные данные

1. Научно-техническая и справочная литература.
2. Патенты и авторские свидетельства по теме ВКР.

4. Перечень подлежащих разработке вопросов

1. Литературно-патентный обзор по теме ВКР
2. Технологическая часть;
3. Конструкторская часть.

5. Перечень графических материалов

1. Анализ существующих вакуумных насосов;
2. Пункт технического обслуживания оборудования
3. Классификация вакуумных насосов;
4. Общий вид;
5. Сборочный чертежи.

6. Консультанты по ВКР

Раздел (подраздел)	Консультант
Безопасность жизнедеятельности	Гаязиев И.Н.

7. Дата выдачи задания 12.05.2020 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	Литературно-патентный обзор	25.05.2020	100%
2	Технологическая часть	3.06.2020	100%
3	Конструкторская часть	15.06.2020	100%

Студент С.С. (Салахов Р.Ф.)

Руководитель ВКР к.т.н. И.Н. (Гаязиев И.Н.)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР	8
1.1 Существующие вакуумные установки	8
1.2 Молочно-вакуумная линия доильной установки	15
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	18
2.1 Анализ существующих доильных установок	18
2.2 Выбор и обоснование доильной установки	24
2.3 Разработка мероприятий по техническому обслуживанию доильной установки	27
2.4 Требования, предъявляемые к доильным машинам	32
2.5 Зоотехнические требования, предъявляемые к вакуумным системам доильных установок	34
3 КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ	36
3.1 Анализ существующих объемных вакуумных насосов	36
3.2 Расчет производительности вакуумного насоса	43
3.3 Определение момента сопротивления и потребной мощности двукроторного вакуумного насоса	46
3.4 Расчет вала ротора	50
3.5 Расчет подшипников приводного вала	51
3.6 Расчет зубчатой передачи	52
3.7 Безопасность труда при работе с вакуумными насосами	54
3.8 Рекомендации по улучшению состояния окружающей среды	56
3.9 Физическая культура на производстве	56
3.10 Экономическая часть	57
3.10.1 Расчет массы и стоимости конструкции	57
3.10.2 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение	58
ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ	62
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	64
СПЕЦИФИКАЦИИ	
ПРИЛОЖЕНИЯ	

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа Салахова Р.Ф. на тему «Организация технического обслуживания оборудования животноводческих ферм в агропромышленных комплексах РТ с разработкой двухстороннего вакуумного насоса».

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку на 65 листах машинописного текста, включающую 3 - таблиц, 25 - рисунков. Библиографический список содержит 20 наименований. Графическая часть работы выполнена на 5 листах формата А1.

В первом разделе дан обзор конструкций устройств для получения вакуума.

Во втором разделе приведены технологии доения коров. Представлена классификация, описание и технологические расчеты доильных оборудовании.

В третьем разделе приведено описание выбранной конструкции и его конструктивные расчеты, а также разработаны мероприятия безопасности труда и охране окружающей среды при работе с конструкцией. Приведен технико-экономический расчет предлагаемой конструкции.

Записка завершается выводами и предложениями.

ABSTRACT

Final qualifying work Salakhova RF on the topic: «Organization of maintenance of equipment for livestock farms in the agro-industrial complexes of the Republic of Tatarstan with the development of a two-rotor vacuum pump».

Graduation paper contains an explanatory note on 65 sheets of typewritten text, including 3 - tables, 25 - drawings. The bibliographic list contains 20 items. The graphic part of the work was done on 5 sheets of A1 format.

The first section gives an overview of the design of devices for producing vacuum.

The second section describes cow milking technology. The classification, description and technological calculations of milking equipment are presented.

The third section provides a description of the selected structure and its structural calculations, as well as measures for labor safety and environmental protection when working with the structure. The technical and economic calculation of the proposed design.

The note concludes with conclusions and suggestions.

ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей, стоящей перед сельским хозяйством, является обеспечение населения продуктами питания за счет разработки и внедрения новых ресурсо- и энергосберегающих технологий и технических средств. Особое внимание уделяется молочному комплексу, обеспечивающему производство и переработку жизненно важной для человека продукции. В современных условиях острой проблемой является повышение экономической эффективности молочного скотоводства.

К настоящему времени разработан целый спектр доильных установок, предназначенных для доения различного поголовья коров (от 10 до 400 голов и более). При этом одной из главных проблем машинного доения является несовершенство вакуумной системы доильных установок. Центральным звеном вакуумной системы является вакуумный насос, который должен обеспечивать высокую надежность вакуумной системы в целом и создавать стабильный вакуумный режим. Однако изготавливать вакуумные насосы специально для каждого размера доильной установки, на наш взгляд, нецелесообразно.

В связи с этим в данной дипломной работе была поставлена цель разработать энергосберегающий, надежный и долговечный вакуумный насос для доильных установок.

1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

1.1 Существующие вакуумные установки

Для создания разрежения при работе доильной машины используют воздушные установки, состоящие из вакуумного насоса, вакуумного баллона-ресивера, вакуум-регулятора, вакуумметра, системы трубопроводов с арматурой и двигателя, которые делятся на ротационные, поршневые и эжекторные. В свою очередь ротационные вакуумные насосы подразделяются на лопастные, водомыльцевые, типа Рутс и другие. Наибольшее распространение на фермах получили ротационные лопастные вакуумные установки марки УВУ-60/45 и водомыльце-вые воздушные насосы ВВН-3, ВВН-6, ВВН-12.

Принцип действия эжекторных (струйных) насосов следующий. Когда жидкость (или газ) протекает по трубе, имеющей сужение, давление в сужении оказывается ниже, чем в остальных частях трубы (если при этом скорость потока в сужении не достигает скорости звука). Впервые это было установлено итальянским физиком Дж. Вентури (1746-1822), по имени которого была названа трубка, основанная на данном явлении. Если откачиваемый объем присоединить к трубе в месте ее сужения, то газ из него будет переходить в область пониженного давления и уноситься струей жидкости. Эжекторные (струйные) установки врезаются на выхлопной трубе трактора и разрежение создается за счет скоростного потока выхлопных газов.

Ротационная лопастная вакуумная установка типа УВУ включает в себя (рисунок 1.1) электродвигатель 1, вакуумный баллон 3, регулятор вакуума 4, вакуумметр 6, вакуумпровод 5, вакуумный насос 2. При частом отвлече нии

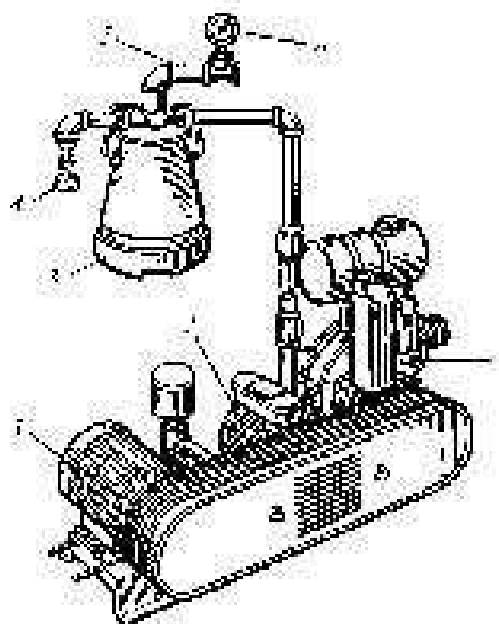


Рисунок 1.1 - Общий вид вакуумной установки УВУ 60/45

Насос вакуумный пластинчато-роторный предназначен для эксплуатации в районах с умеренным климатом на открытом воздухе в диапазоне температур от минус 10° до плюс 40 °С и высоте над уровнем моря не более 1000 м, выпускается в четырех исполнениях.

электроэнергии может комплектоваться резервным двигателем 7 внутреннего сгорания. Унифицированный насос УВУ-60/45 работает при вакууме 53 кПа с воздухопроизводительностью 60 и 40 м³/ч. Для получения требуемого расхода изменяют частоту вращения ротора постановкой шкивов разного диаметра на вал электродвигателя.

Внутри чугунного цилиндрического корпуса 22 (рисунок 1.1) с ребристой поверхностью для лучшей теплоизоляции вращается ротор 17. Ротор имеет четыре паза, в которых свободно перемещаются текстолитовые лопатки 16. Ротор вращается в шарикоподшипниках 14, установленных в посадочных отверстиях крышек 12 и 19, расположенных эксцентрично относительно оси корпуса. Подшипники со стороны внутренней полости насоса закрыты шайбами 15.

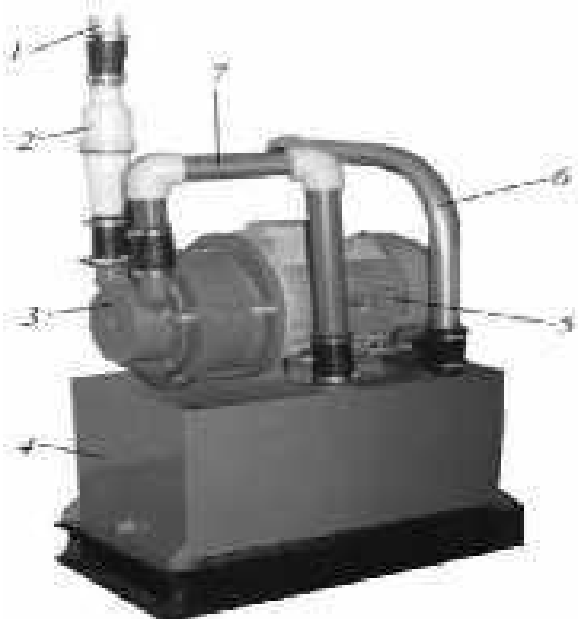
Для ориентации крышек относительно корпуса при сборке насоса установлены штифты 5. Направление вращения ротора указано стрелкой на

корпусе насоса. В зависимости от исполнения насос имеет один или два выходных конца ротора.

В средней части цилиндрического корпуса имеются выпускные окна, которые соединяются с выпускной трубой рамы. На конец выпускной трубы насаживают глушитель, корпус которого заполнен стекловатой для задержки отработавшей смазки.

Технологический процесс работы вакуумной установки происходит следующим образом. При вращении ротора 17 (рис. 1.1) лопатки 16, под действием центробежных сил прижимаются к корпусу 22, и образуют замкнутые пространства, ограниченные ротором 17, корпусом 22 и торцевыми стенками 12 и 21, объем которых за один оборот сначала увеличивается, создавая разрежение между лопатками на стороне всасывания, а затем уменьшается. При этом воздух сжимается и вытесняется в атмосферу через выпускное отверстие.

Установка вакуумная водокольцевая УВВ-Ф-60Д предназначена для создания вакуума, используется для комплектации доильных установок всех типов. Установка не предназначена для откачки агрессивных газов и паров.



1 - вакуумпровод, 2 - предохранитель, 3 - насос, 4 - емкость для воды, 5 - электродвигатель, 6 - выпускная труба, 7 - нагнетательный патрубок
Рисунок 1.2 – Общий вид водокольцевой вакуумной установки УВВ-Ф-60Д:

Состоит из водокольцевого вакуумного насоса 3 (рисунок 1.2) с приводом от электродвигателя 5 (мощностью 6 кВт), установленного над емкостью для воды.

Основные технические характеристики водокольцевой вакуумной установки УВВ-Ф-60Д представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Основные технические характеристики водокольцевой вакуумной установки УВВ-Ф-60Д

Наименование параметра и единицы измерения	Значение параметра
Производительность при $P = 50$ кПа, м ³ /ч	60±6
Мощность, потребляемая при номинальном режиме, кВт	4±0,4
Предельное остаточное давление, кПа	1,5±5
Габаритные размеры, м	0,65х0,36х0,75
Масса без воды, кг	110
Объем жидкости, заливаемой в водоотделитель, дм ³	50
Условный проход патрубков, мм	40

Вакуумный насос соединен с вакуумпроводом 1 через предохранитель 2. Остаточный воздух вместе с водой по трубопроводу 7 поступает в емкость для воды 4, а избыточный воздух по трубопроводу 6 выбрасывается из помещения.

Основные технические характеристики установки УВВ-Ф-60Д

Для некоторых процессов требуется очень большая быстрота откачки, хотя бы и не при очень низких давлениях. Этим требованиям удовлетворяют двухроторные объемные насосы типа воздуходувок Рутса. Схема такого насоса представлена на рисунке 1.3.

Два длинных ротора с поперечным сечением, напоминающим восьмерку, вращаются в противоположных направлениях, не соприкасаясь ни друг с другом, ни со стенками корпуса, так что насос может работать без смазки.

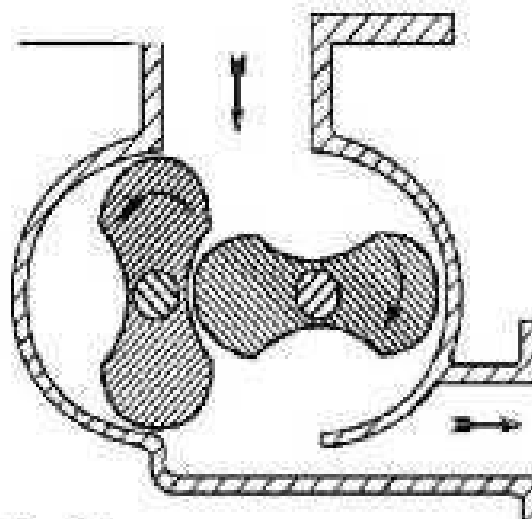


Рисунок 1.3 – Схема двухроторного насоса типа Рутса

Необходимости в масляном уплотнении тоже нет, поскольку очень малы зазоры между точно подогнанными деталями конструкции. Ротор вращается с частотой до 50 с^{-1} , и высокая скорость откачки поддерживается до давлений порядка одной миллионной атмосферного. Каждый ротор может иметь два или три кулачка.

Хотя такие насосы способны работать с прямым выхлопом в атмосферу, на их выходе обычно устанавливают вспомогательный вращательный масляный насос, который не только понижает их предельное давление, но и повышает КПД, снижая потребляемую мощность, что позволяет обходиться менее сложной системой охлаждения. Вспомогательный насос, пропускающий ту же массу газа, но при более высоких давлениях, может быть сравнительно небольшим.

В доильном оборудовании фирмы "SURGE" для отвода доильных аппаратов из-под коровы на выбор могут быть системы как полностью автоматическими, с выдвижным отводящим рычагом при дойке в доильном зале, а также в виде подвижного узла при дойке в коровнике.

Для создания и поддержания стабильного вакуума в системе используются вакуумные насосы "Аламо" (рисунок 1.4). Молокопровод и линия вакуума имеют сечение три дюйма по всей длине, без гибких концов и

узких соединений. Для уменьшения влияния на глубину вакуума в молокоприемнике от привода кормушек и ворот в системах "SURGE" установлены ресиверы большой емкости и насосы со значительным резервом мощности.



Рисунок 1.4.- Вакуумный насос "Аламо"

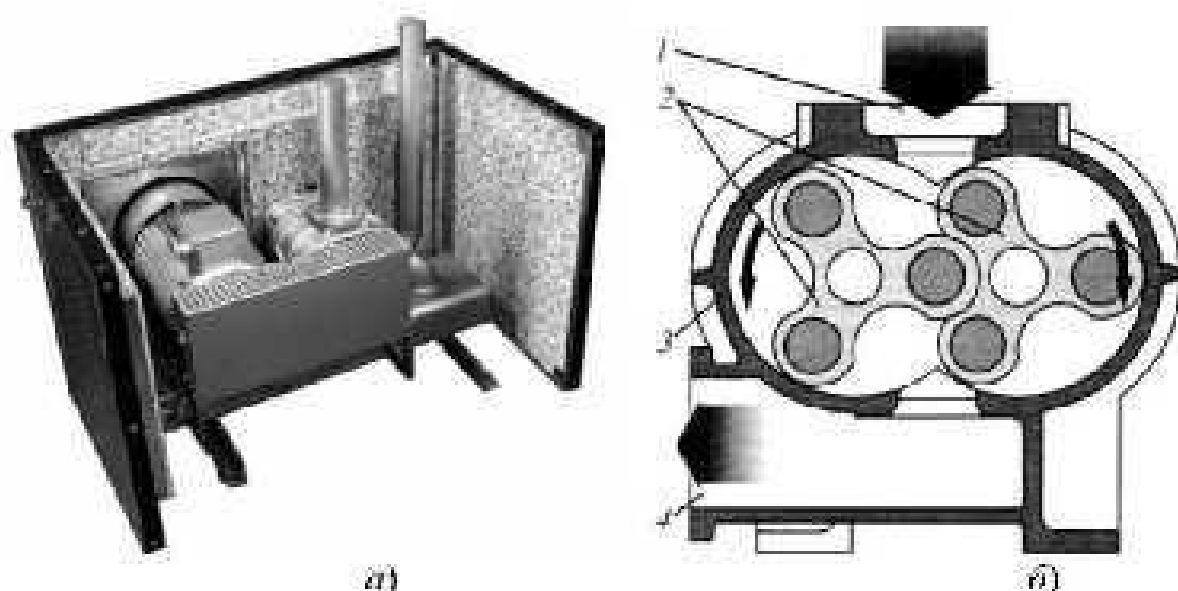
Для увеличения гигиенических условий сварные бесшовные молокопроводы изготовлены из нержавеющей стали. Система промывки "ELECTROBRAIN" осуществляет промывку молокопроводов с инжектированным воздухом под давлением, который гонит промывочную воду по молокопроводу, усиливая эффект промывки. Система промывки "ELECTROBRAIN" может быть настроена на режим промывки теплой водой, промывки горячей водой с химикатами, окончательной промывки после каждой дойки, а также промывку перед началом дойки.

Для машинного доения коров при беспривязном содержании выпускает следующие типы доильных залов:

- "Елочка 30°" (типоразмерный ряд от 2х2 до 2х12 и более);
- "Елочка 50°" (типоразмерный ряд от 2х2);
- "Тандематик" (типоразмерный ряд от 2х2 до 2х6, при конфигурации "Тригон" - 3х6);
- "ПолYGON" (типоразмерный ряд 4х6 и 4х8);
- "Параллель" (типоразмерный ряд от 2х2);

- "Карусель" (типоразмерный ряд от 18 до 60 доильных мест).

Вакуумные насосы кулачкового типа UNI PUMP (рисунок 1.5) экологически безопасны, не требуют смазки роторов и монтируются в звукоизоляционном контейнере с легкосъемными панелями.



а - общий вид вакуумной установки, *б* - устройство насоса, 1 - вход, 2 - ротор, 3 - корпус, 4 - выход

Рисунок. 1.5 - Вакуумный насос UNI PUMP

Основные технические характеристики вакуумных насосов UNI PUMP представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Основные технические характеристики вакуумных насосов UNI PUMP

Тип насоса	1500	1950	2500	4000
Производительность, л/мин	1500	1950	2500	4000
Частота вращения ротора, мин ⁻¹	2850	3500	2500	4000
Мощность двигателя, кВт	4	5,5	7,5	11
Частота вращения электродвигателя, мин ⁻¹	2800	2800	2800	2800
Уровень шума без контейнера, дБ	70	72	73	76
Размеры, мм	1060х680х715			
Масса (без двигателя), кг	112	113	118	153

Вакуумные водовольцевые насосы WATERRING PUMP работают по принципу жидкого кольца, не требуют смазки, имеют низкий уровень шума и исключают загрязнение окружающей среды. Основные технические характеристики насосов WATERRING PUMP представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Некоторые технические характеристики вакуумных насосов WATERRING PUMP

Производительность, л/мин	850	1200	1600	2100
Мощность, кВт	3,85	4,0	5,5	7,5
Уровень шума, дБ	75	75	74	76

1.2 Молочно-вакуумная линия доильной установки

Перечень разработанных и выпускаемых водовольцевых насосов достаточно широк - от ВВН-0,3, производительностью 0,3 м³/мин при номинальном вакууме 70%, до ВВН-300, производительностью 300 м³/мин при том же вакууме. На рисунке 1.6 показаны зависимости производительности Q от давления P_n . Из всех насосов централизованных вакуумных систем (ЦВУ) на фермах КРС используются большей частью насосы ВВН-6 и ВВН-12.

Первый предназначен для использования на фермах с поголовьем 100 - 200 коров, второй - 200 - 400 коров.

Использование асинхронных электродвигателей такой мощности, создающих большой пусковой момент, вакуумных водовольцевых насосов, часто приводит к выходу из строя электроподводящей аппаратуры, применению подводящих электропроводов повышенного сечения.

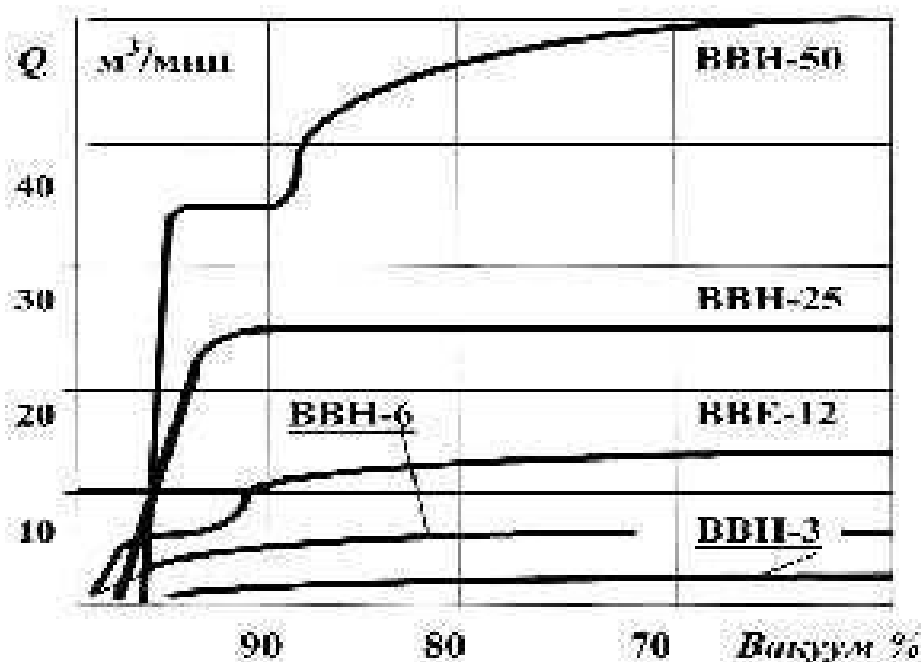


Рисунок 1.6 - Зависимость $Q = f(P_v)$ вакуумных водовальцевых насосов

Снижение пускового момента электропривода можно осуществить использованием привода вакуумного насоса, обладающим меньшим пусковым моментом.

В качестве такого привода нами использован объемный гидропривод, используемый в качестве промежуточного звена между силовой установкой и рабочими органами кормоуборочных комбайнов КСК-100 и "Полесье", основа которого - аксиально-поршневой гидронасос и гидромотор ГСТ-90.

Применение объемного гидропривода кроме снижения пускового момента позволяет использовать электродвигатель меньшей мощности, т.к. пусковой момент аксиально-поршневого насоса меньше, чем у водовальцевого, а также снижать при необходимости производительность вакуумного насоса снижением его оборотов.

Существенный резерв экономии энергии заключен в использовании вместо одного ВВН большой мощности нескольких небольших насосов. В настоящее время при нашем участии разработана и выпущена опытно-промышленная партия вакуумных насосов ВВН-0,25 (производительность 0,3 - 0,35 м³/мин при вакууме 70% и мощности электродвигателя 0,75 кВт).

Один откачивающий модуль, заменяющий ВВН-6, включает в себя 10-12 единиц ВВН-0,25, установленных на стационарную или мобильную платформу.

Для замены насоса ВВН-12 необходимо иметь два подобных модуля. Модули позволяют осуществлять постепенный пуск в работу насосов, использовать часть насосов при доении групп животных, отличных от номинальных и производить ремонт насосов, не демонтируя модуль в целом.

Диапазоны рабочих давлений вакуумных насосов ВВН-6 и ВВН-12, а также откачных модулей из насосов ВВН-0,25 находятся в интервале $7 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^4$ Па. Однако для многих технологических процессов, например, для вакуумной промывки молокопроводов требуется более глубокий вакуум, и это ограничивает их применение.

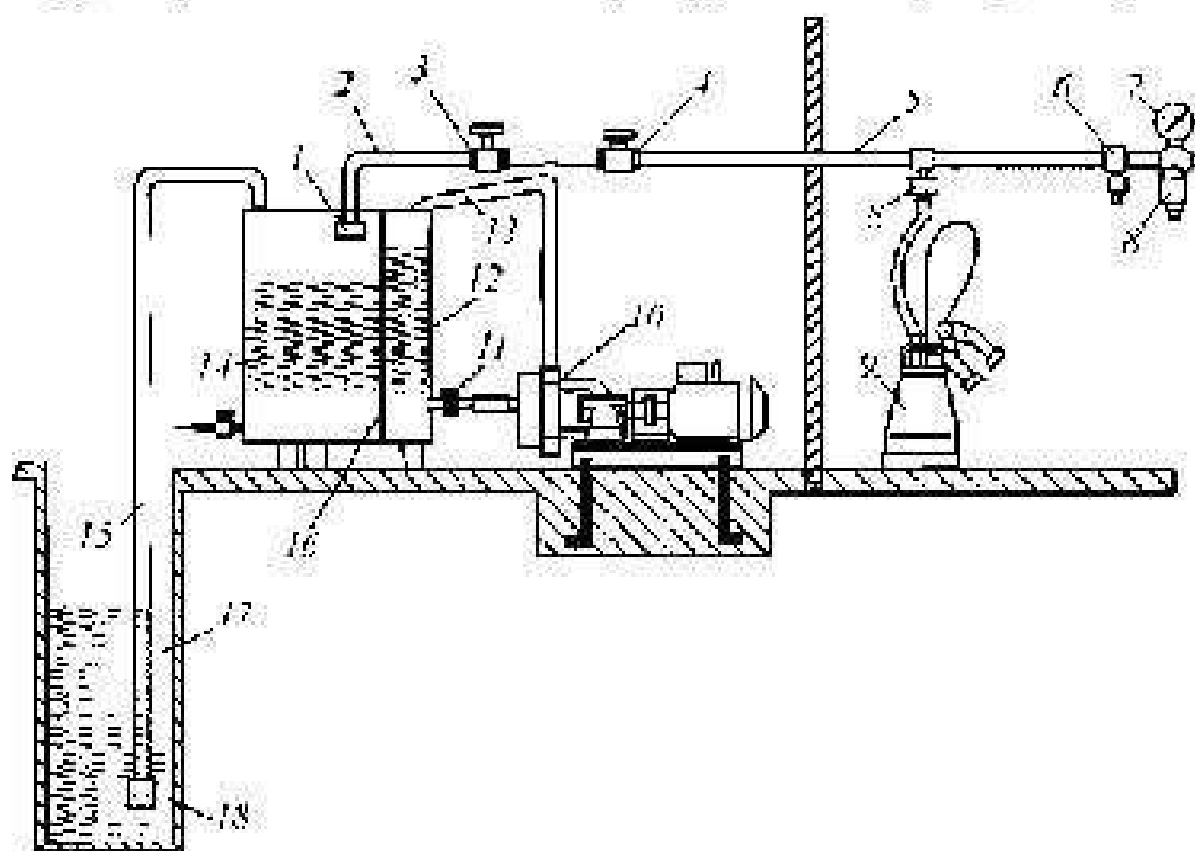
Для расширения диапазона работы объемных вакуумных насосов, принимаются меры по снижению достигаемых ими остаточных давлений, такие как последовательное соединение двух насосов, использование многоступенчатых насосов и т.п.

Для вакуумных водокольцевых насосов такими мерами являются применение рабочей жидкости с меньшим, чем у воды давлением насыщенных паров. Все это приводит к увеличению энергоемкости и металлоемкости применяемого оборудования и удорожанию, в конечном счете, конечной продукции.

Особенность проведения оптимизации геометрических и режимных параметров приведена ниже.

В настоящее время серийно выпускаются Бессоновским компрессорным заводом (Пензенская область) Вакуумные агрегаты ВВН-12Э, ВВН-6Э и ВВН-3Э. Ниже, в этом же разделе приведены оптимальные рабочие характеристики вакуумных агрегатов, сравнение их с лучшими зарубежными образцами. На базе разработанных агрегатов создан отраслевой стандарт.

Работает доильная установка так: для доения коров включают водокольцевой вакуумный насос 10 и открывают вентиль 4, вентиль 11 закрыт. Установка работает в обычном режиме доения коров на линейной доильной установке. После выдаивания коров и промывки доильной аппаратуры вентиль 4 закрывают, а открывают вентиль 11. В баке 14 создается разрежение (вакуум), развиваемое водокольцевым вакуумным насосом до 95 кПа и вода по трубе 15 засасывается в бак под действием вакуума. Уровень воды в баке 14 контролируют по смотровому стеклу.



1 - обратный клапан; 2 - трубопровод для подъема воды; 3, 4 - вентили; 5 - трубопровод; 6 - вакуумный кран; 7 - вакуумметр; 8 - вакуумрегулятор; 9 - доильный аппарат; 10 - вакуумный насос; 11 - вентиль регулирования подачи воды в вакуумный насос; 12 - бачок для питания водой насоса; 13 - выпускная труба насоса; 14 - бак для воды; 15 - труба от источника водоснабжения; 16 - промежуточная стенка; 17 - вода; 18 - фильтр. После наполнения бака 14 водой выключают вакуумный насос и закрывают вентиль 11. Как при доении коров, так и заполнении бака вода в бачке 12 при работе насоса нагревается и тепло через промежуточную металлическую стенку 16 подогревает воду в баке 14, сокращая расход энергии на подогрев воды для технологических нужд или поения животных.

Рисунок 1.7 Доильная установка.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Анализ существующих доильных установок

На молочных фермах и животноводческих комплексах особое внимание уделяют машинному доению коров. Машинное доение облегчает труд операторов и повышает его производительность в несколько раз, позволяет получить чистое, доброкачественное молоко при его низкой себестоимости. На долю этого процесса приходится около 50% общих трудовых затрат по обслуживанию коров.

Первая доильная установка была изготовлена в 1851г. в Англии. Активное развитие машинного доения происходило в 1906–1916 гг. В начале XX в. первыми получили распространение передвижные и переносные доильные машины, вакуумный насос которых обеспечивал доение с одним или с двумя аппаратами. В 1910г. появилась передвижная доильная установка Шарплес (США) с двумя доильными аппаратами и с одним ведром (рисунок 2.1).



Под руководством Волкова И.Е. были разработаны универсальные передвижные доильные установки (рисунок 2.2, 23). Доильная установка благодаря водокольцевому вакуумному насосу, имела низкий уровень шума, водосборник с регулируемым электронагревом для подмывания вымени.



Рисунок 2.2—Передвижная доильная установка И.Е. Волкова (Казанский СХИ, 1970 г.)

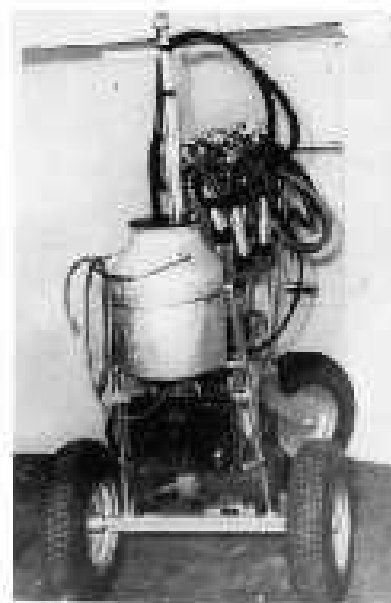


Рисунок 2.3—Передвижная доильная установка ПДМ-2 для доения в коровнике и на пастбище (Казанский СХИ, 1970 г.)

На сегодняшний день в мире существует и производится множество различных доильных установок. К наиболее известным относятся «Surge», Milking System (США), «Full wood» (Англия), «Impulsa», «Westfalia» (Германия), «DeLaval» Швеция, «Bodmin Nu Pulse» (Новая Зеландия), «Кургансельмаш», «Петротрейд» (Россия), «Checkgate» (Япония), «S.A. CHRISTENSEN» (Дания), Joint-stock company «BRATSLAV» (Украина), «Lakto», «Polanes» (Италия), «DeLaval» (Швеция) и многие другие.

В 1980...1990 гг. при переводе молочного животноводства на промышленную основу в Российской Федерации были построены молочные комплексы с содержанием 300, 1000, 1200 и более голов, с беспривязным методом содержания и доением на доильных установках «Елочка» УДА – 16, «Тандем» УДА – 3А.

В период с 1990 г. по настоящее время произошли серьезные изменения в животноводстве. Известны достижения научно-технического прогресса как за рубежом, так и в отечественной науке и практике. При этом необходимо

констатировать, что наиболее реальные результаты по разработке и внедрению высокомеханизированных и автоматизированных систем при индивидуальном обслуживании животных в молочном скотоводстве достигнуты зарубежными фирмами. Среди которых выделяются «DeLaval» (Швеция), «Interpuls» (Италия), «Westfalia Surge» (Германия) и т.д. В настоящее время «DeLaval» реализует в России проект «Русские фермы» в Московской области и в Республике Татарстан. Проект предусматривает замену устаревших систем доения.

Мировая практика выделяет на сегодняшний период четыре основных системных решения по механизации и автоматизации доения:

- доение в молокопровод с привязным содержанием животных. Это широко известная в России линейная доильная установка АДМ-8;
- доение в доильном зале Европейского типа при беспривязном содержании животных;
- доение в доильном зале при пастбищном содержании животных, наибольшее распространение это решение получило в Новой Зеландии;
- доение в доильных залах особо прочной конструкции (Heavy Duty), позволяющих персоналу фермы эксплуатировать оборудование круглосуточно семь дней в неделю;

Для доения коров с беспривязным содержанием имеются доильные залы типа «Европараллель» (рисунок 2.4 а), «Карусель» (рисунок 2.4 б), «Елочка» (рисунок 2.4 в), «Тандем» (рисунок 2.4 г) и т.д. В каждом из них имеется широкий ассортимент модификаций, которые отличаются комфортностью и безопасностью, эргономикой процесса доения, положением коров.

На сегодняшний день промышленностью разных стран выпускается значительное множество доильных установок. Классификация доильных установок представлена на рисунке 2.5.



а)



б)



в)

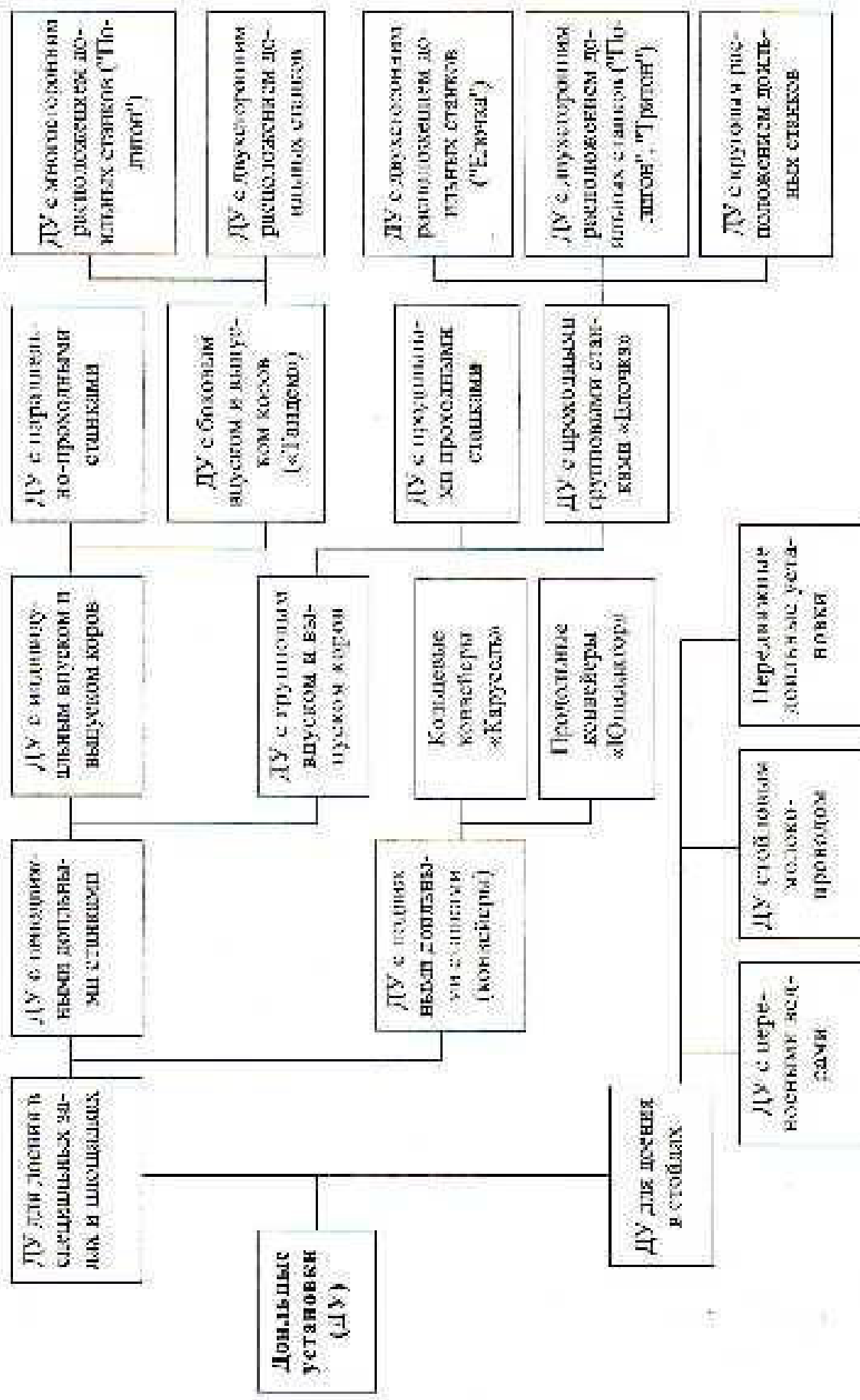


г)

а) доильная установка типа «Европараллель», б) доильная установка типа «Карусель», в) доильная установка типа «Елочка», г) доильная установка типа «Тандем»

Рисунок 2.4 – Доильные установки

Из приведенной классификации видно разнообразие доильных установок по конструкции и технологии доения. Для всего множества установок единым является наличие вакуумной системы, отличающейся в каждом конкретном случае конструктивными и технологическими параметрами.



2.2. Выбор и обоснование доильной установки

При проектировании технологического процесса доения коров необходимо учитывать систему ведения молочного животноводства, размеры фермы, способ содержания и продуктивность животных. Технологический расчет дает обоснование для определения типа доильной установки и предусматривает определение общего количества доильных аппаратов, необходимых для доения животных, а также загрузки доильной установки и показателей производительности операторов.

Количество A_d , необходимых для обслуживания всего поголовья животных на ферме, определяется

$$A_d = \frac{k \cdot m \cdot t}{T_d},$$

где k – коэффициент, учитывающий сухостойных коров ($k = 0,35 \dots 0,9$),

m – поголовье животных на ферме, t – среднее время доения одной коровы, с,

T_d – общая продолжительность доения всех коров, с (по зоотехническим требованиям $T_d = 5400 \dots 8100$ с).

Продолжительность доения одной коровы зависит от типа доильной установки, квалификации доярок, интенсивности молокоотдачи коровами: на установках типа "елочка" $t = 360 \dots 430$ с.

$$A_d = \frac{0,9 \cdot 830 \cdot 0,1}{19} = 39$$

Стандартное количество доильных аппаратов берется равным $A_d = 40$.

Оптимальное количество доильных аппаратов, которыми может работать одна доярка без простоев, определяется из соотношения

$$A_{\text{ма}} = \frac{t_{\text{м}}}{t_{\text{р}}},$$

где $t_{\text{р}} = t_{\text{м}} + t_{\text{оп}}$; $t_{\text{м}}$ – машинное время доения коров, с ($t_{\text{м}} = 240 \dots 360$ с);

$t_{\text{оп}}$ – время работы оператора, с (на установках типа "елочка" $t_{\text{оп}} = 48 \dots 60$ с).

$$t_{\text{м}} = 300 + 50 = 350,$$

$$A_{\text{ма}} = \frac{350}{50} = 7$$

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

$$N_{\text{д}} = \frac{(T_{\text{д}} - t_{\text{д}})}{r + 1},$$

где r – ритм (шаг) потока, который равен промежутку времени между окончанием доения одной коровы и окончанием доения другой, выдаиваемых последовательно одна за другой $r = t_{\text{м}} / \Pi$, с;

Π – интенсивность (плотность) потока, показывающая сколько коров выдаивается одновременно (при доении на установках типа "елочка" $\Pi = 15-16$).

$$r = \frac{350}{15} = 23;$$

$$N_{\text{д}} = \frac{7000 - 350}{23 + 1} = 277.$$

Пропускная способность линии доения для всех коров определяется по формуле

$$W = \frac{A_{\text{с}} \cdot [T_{\text{с}} - t_{\text{с}} (A_{\text{с}} - 1)]}{t_{\text{с}}} = \frac{40 \cdot [1,9 - 0,01 \cdot (7 - 1)]}{0,09} = 798$$

Необходимое количество операторов для обслуживания всего поголовья коров на ферме определяется

$$n_{\text{оп}} = \frac{W}{N_{\text{д}}},$$

$$n_{\text{оп}} = \frac{798}{277} = 2.$$

Производительность линии доения всего поголовья коров на ферме

$$W_{\text{д}} = \frac{W}{T_{\text{д}}},$$

$$W_{\text{д}} = \frac{798}{1,9} = 420, \text{ гол/час.}$$

Число доильных установок на ферме определяется

$$n_{\text{дн}} = \frac{W_{\text{д}}}{W_{\text{дн}}},$$

где $W_{\text{дн}}$ – производительность доильной установки, гол/с,

$$n_{\text{дн}} = \frac{420}{798} = 1.$$

Пропускная способность доильных установок типа "елочка" с групповыми проходными станками

$$W_{\text{д}} = \frac{2}{\frac{t_{\text{ин}}}{N_{\text{с}}} + \frac{t_{\text{макс}} + t_{\text{макс}}}{k}},$$

где $t_{\text{ин}}$ – суммарные затраты времени на впуск коровы, подготовку вымени и надевание доильных станков в расчете на одно животное, с ($t_{\text{ин}} = 90 \dots 130$ с);

$N_{\text{с}}$ – число операторов, обслуживающих доильную установку;

$t_{\text{макс}}$ – максимальное машинное время доения наиболее тугодойных коров в стаде или группе, с ($t_{\text{макс}} = 360$ с);

$t_{\text{макс}}$ – затраты времени на выполнение заключительных операций в течение одного цикла доения, с ($t_{\text{макс}} = 60 \dots 120$ с); k – число доильных станков в одной стороне доильной установки.

$$W_{\text{д}} = \frac{2}{\frac{0,03}{3} + \frac{0,13}{8}} = 67, \text{ гол/час.}$$

2.3. Разработка мероприятий по техническому обслуживанию доильной установки

Целью планирования является разработка прогноза потребности в ресурсах для технического обслуживания и ремонта, а также подготовка исходных данных для оперативного управления надежностью машин в АПК.

Под ресурсами понимаются три составляющие:

1) исполнители работ по техническому обслуживанию и ремонту машин;

- 2) запасные части и ремонтные материалы,
- 3) производственная база.

Исходными (расчетными) данными для оперативного управления надежностью машин являются номенклатура, количество и трудоемкость ремонтно-обслуживающих воздействий по каждой марке машин.

Годовой план потребности в ресурсах является необходимым, но недостаточным условием для эффективной реализации потребности машин в ремонтно-обслуживающих воздействиях, поскольку при помощи него решается лишь первый этап задачи.

Ограниченность оборотных средств, диктующая необходимость их рационального использования, обязывает иметь единовременные запасы не из расчета годовой потребности, а необходимые ресурсы в нужное время. В наибольшей мере это относится к запасным частям.

В связи с этим разработке подлежит календарный план потребности в ресурсах. Такой план должен составляться по маркам машин.

Отсюда следует вспомогательный характер всевозможных графиков ТО и ремонтов конкретной машины, поскольку точность их очень низкая по причинам вероятностного характера использования машины по календарному времени года и вероятностной природы потребности её ремонтно-обслуживающих воздействиях.

Таким образом, если составлен надежный, обоснованный план потребности в ресурсах и если эта спрогнозированная потребность в ресурсах материализована в виде тех самых указанных выше трех составляющих по календарному времени года, то готовность машины, наверняка, будет обеспечена. Графики ТО и ремонтов по конкретным машинам, не

подкрепленные соответствующими ресурсами, ничего не решают и могут служить лишь наглядным свидетельством показной технической дисциплины.

С учетом вышесказанного и современных требований по техническому обслуживанию представлена схема технического обслуживания (рисунок 2.6).

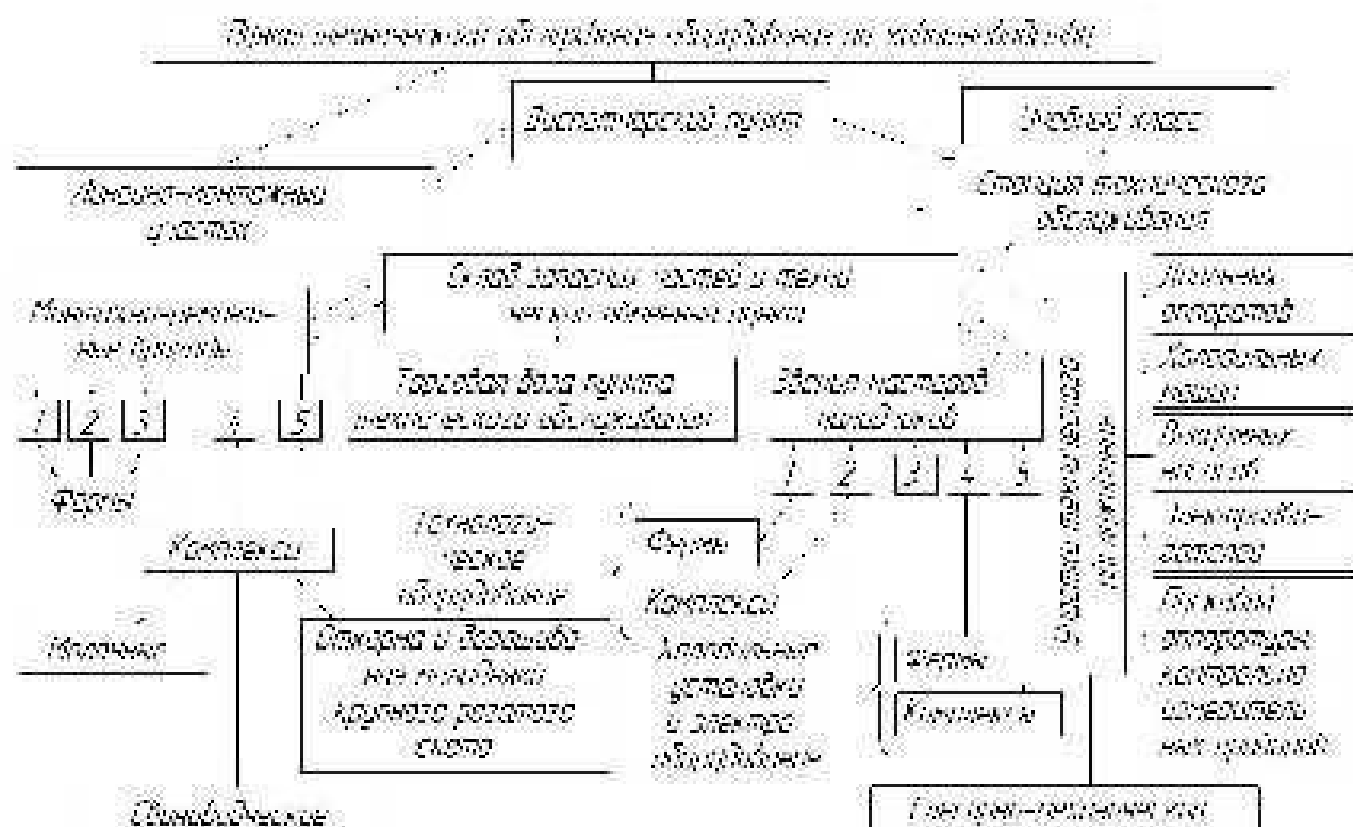


Рисунок 2.6 - Схема технического обслуживания

Ежедневное техническое обслуживание: контроль за креплением оборудования, промывка молочной линии установки в соответствии с инструкцией по эксплуатации, промывка (с разборкой) группового дозатора молока и его соединительных частей с молокоприемником и переключателем.

Техническое обслуживание один раз в месяц: промывка (с разборкой) доильных аппаратов, молокоприемника, молочного насоса, охладителя молока, предохранительных клапанов в вакуум-баллонах, головок устройства промывки, проверка и регулировка вакуумного режима, замена масла в

вакуум-регуляторах, промывка молочной линии кислотным раствором для удаления отложений молочного камня.

В процессе эксплуатации доильной установки регулируют в начале смены и постоянно контролируют вакуумный режим. Так, кроме предварительного осмотра вакуумной установки и прослушивания на наличие шумов после пуска насоса в работу следует убедиться в нормальной работе вакуум-регулятора, вакуумметра и отсутствии подсоса воздуха через неплотности вакуум-провода. Стрелка индикатора расхода воздуха при отключении доильных аппаратов должна находиться между вторым и третьим делениями (10...12 куб.м/ч), а во время доения — между первым и вторым делениями (4...7 куб.м/ч).

В процессе эксплуатации унифицированной вакуумной установки ВВУ-60/45 следят за уровнем масла в масляном бачке. Нормальный расход масла (через 1 ч работы) при подаче насоса 45 куб.м/ч составляет 11...18 г/ч, а при подаче 60 куб.м/ч — 15...24 г/ч, температура подшипников насоса достигает 80 °С. Уровень масла в корпусе, где размещены фитинги, должен быть на 5...8 мм ниже уровня бобышек. Уровень масла регулируют, изменяя длину трубки, соединяющей корпус с масляным бачком.

Насосы считают работоспособными, не требующими ремонта и замены лопастей в случае снижения подачи не более чем на 20 % номинального значения. В установках с доением коров в переносные ведра снижение расхода воздуха в вакуум-проводе не должно превышать 5 %, а на установках с молокопроводом — не более 10 % подачи насосов.

Периодическое техническое обслуживание, кроме обслуживания резиновых изделий доильных аппаратов промывают вакуум-провод горячим мыющим раствором, разбирают молокопровод и моют соединительные детали, проверяют расходомером КИ-4840 подачу вакуумных насосов и при необходимости регулируют вакуумный режим, проверяют герметичность соединений молочной и вакуумной линий, очищают от отложений солей пластины охладителя со стороны потока охлаждающей воды, проверяют

точность показаний счетчиков молока, разбирают электромагнитные клапаны автоматов промывки, прочищают и слегка смазывают их; проверяют наличие цепи заземляющей сети и изоляцию электродвигателей, электропроводки и пускозащитной аппаратуры, смазывают подшипники электродвигателей.

В таблице 2.1 представлены характерные неисправности вакуумной системы доильной установки и способы их устранения.

Таблица 2.1

№ п/п	Признак	Причина	Действие
1	Вакуумметр показывает отсутствие вакуума	Утечки вакуума в системе	Устраните утечки.
2	Установка не запускается	а) Сработала защита от перегрузки. б) Перегорел предохранитель. в) Выключатель вышел из строя.	Подождите 2 минуты, нажмите выключатель перегрузки. Выключите установку. Если выключатель перегрузки снова сработал, обратитесь в сервисный центр. Отключите установку от энергосистемы. Замените предохранитель. Выключите установку. Обратитесь в сервисный центр.
3	Насос работает на слишком низкой скорости.	а) Слишком низкая частота вращения электродвигателя.	Проверьте энергоснабжение.
4	Упала производительность насоса.	а) Изношены лопасти. б) Изношен или отсутствует дренажный клапан.	Проверьте производительность насоса и при необходимости проведите капитальный ремонт. Проверьте дренажный клапан.
5	Вакуумный насос шумно работает.	а) Слишком высокий уровень вакуума в насосе.	Проверьте вакуумметр. Отрегулируйте регулятор вакуума. Убедитесь, что коллектор

		б) Глушитель работает неправильно.	не засорен. Проверьте дренаж глушителя. При необходимости замените глушитель на новый.
		в) Подшипники головок насоса изношены или вышли из строя.	Проверьте подшипники. Замените подшипники на новые.
		г) Выковое протискивание.	Убедитесь, что глушитель не засорен. Замените глушитель.

2.4. Требования, предъявляемые к доильным машинам

При создании новых доильных машин необходимо учитывать физиологические, ветеринарные и технические требования, которые выработаны на основании зарубежного и отечественного опыта, главными из которых являются следующие:

1. Действие доильного аппарата должно вызывать у коровы во время доения готовность к активному выделению молока при минимальном латентном периоде, хорошо выраженном внутривыменном давлении и снижении тонуса сфинктера соска, что обеспечивает полное выделение молока из вымени без ручного додоя.

2. Механизм действия рабочих частей машины целесообразно сделать таким, чтобы он наиболее полно отражал механизм действия сосательного аппарата телят и работу руки доярки.

3. Основные физиологические и механические воздействия, обеспечивающие выделение молока из вымени, должны быть в пределах естественных величин.

4. Желательно, чтобы доильная машина обеспечивала регулирование изменения величины положительного и отрицательного давлений, а также

числа пульсаций в соответствии с индивидуальными физиологическими особенностями коров и процесса выделения молока.

5. Важным условием, обеспечивающим нормальный процесс доения является устойчивость вакуумного режима в подсосковом пространстве доильных стаканов.

6. Доильный аппарат должен обеспечивать выдаивание одной коровы в среднем не более чем за 4 – 6 минут.

7. Исполнительное устройство доильной машины должно обеспечить нормальное одновременное выдаивание молока как из передних, так и из задних долей вымени коровы.

8. Действие доильной машины должно быть безвредным при случайной передержке доильных стаканов на вымени коровы.

9. Своим воздействием на вымя доильная машина не должна вызывать у коров патологической гиперемии, венозного застоя крови, отека, кровотока и мастита. Применение доильной машины должно обеспечить полную безопасность доения коров.

10. Доильная машина не должна создавать большого шума.

11. Доильная машина должна быть надежной в работе, простой в изготовлении и обслуживании.

12. Доильный аппарат должен быть простым и удобным для разборки, сборки, промывки и чистки без применения сложных приспособлений и инструмента.

13. Масса доильного аппарата не должна превышать 3 – 9 кг, а время на его разборку и сборку должно составлять не более 10 – 16 минут.

14. Доильная машина должна состоять из возможно меньшего числа деталей.

15. Детали доильного аппарата должны работать без смазки.

2.5 Зоотехнические требования предъявляемые к вакуумным системам доильных установок

С появлением значительного многообразия доильных установок и, особенно для доения большого количества коров, значимость вакуумных систем доильных установок существенно возрастает. В основу вакуумной системы входят: вакуумный насос, вакуум-провод, вакуум-регулятор, вакуум-баллон, молокопровод, счетчик учета количества молока, автоматические устройства.

Основными требованиями, предъявляемыми к вакуумному насосу являются

- надежность в работе;
- обеспечение стабильной подачи;
- возможность регулирования подачи вакуумного насоса в зависимости от поголовья скота, подлежащего доению;
- отсутствие смазки рабочих органов, что исключает загрязнение окружающей среды;
- не высокая энергоемкость.

К вакуум-проводу предъявляются следующие требования

- отсутствие засоренности;
- герметичность;
- стабильный вакуум.

Вакуум-регулятор должен поддерживать стабильный уровень разрежения в вакуум-проводе необходимый для работы доильных аппаратов и транспортировки молока по молокопроводу.

Вакуум-баллон должен исключать попадание жидкости и механических примесей в вакуумный насос при не правильной эксплуатации оборудования.

Молокопровод не должен загрязнять молоко и должен обеспечивать качественную промывку после доения. Целесообразно переходить на более удлиненные звенья молокопровода, что способствует снижению количества

стыков. Такой эффект можно получить при применении молокопровода из нержавеющей стали.

На основании проведенного анализа двухроторных вакуумных насосов можно сделать следующие основные выводы:

- насосы типа Rut's имеют не совершенный процесс термодинамического сжатия газа;
- компрессоры с винтовым профилем роторов сложны в изготовлении. В винтовых машинах радиальные, торцевые и осевые щели имеют сложную форму и значительные размеры. Для снижения удельных перетечек газа необходимо увеличить окружные скорости роторов, что предоставляет определенные трудности;
- шестеренчатые вакуумные насосы с эвольвентным профилем роторов имеют значительный вредный объем, что снижает параметры вакуумного насоса;
- перевод на внутреннее сжатие двухроторного вакуумного насоса с цилиндрическим профилем роторов позволит снизить энергоёмкость.

3. КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ

3.1. Анализ существующих объемных вакуумных насосов

Дояльные установки предназначены для доения, транспортировки молока и т.д. Для этого установки оборудованы тремя-четырьмя технологическими линиями вакуумной, молочной, водяной и моющей установками.

Вакуумная установка предназначена для создания постоянного рабочего вакуума в системе доильной установки, за счет которого осуществляется доение коров и транспортировка молока от места доения к машинам для его первичной обработки.

Как практика показывает для получения вакуума, необходимого для машинного доения, целесообразно применять вакуумные насосы объемного типа. В настоящее время известна значительная разновидность вакуумных насосов объемного типа, отличающихся по конструкции, многие из которых выпускает промышленность. На рисунке 3.1 представлена классификация вакуумных насосов объемного типа.

При разработке новой конструкции в основу была положена схема ротационного насоса. Ротационные вакуумные насосы низкого давления и средней подачи в последние годы получили широкое распространение в доильных установках во многих странах мира.

По создаваемой разреженности вакуумные насосы делятся на насосы низкого и среднего вакуума и насосы высокого вакуума. В зависимости от назначения они могут быть «сухие» и «мокрые».

По конструктивным признакам ротационные вакуумные насосы можно разделить на три типа: пластинчатые, водовольцевые и двухроторные.

					<i>ВКР 3503.06.256.20 ДВН.00.00.00.ПЗ</i>				
Изм.	Лист	И.Ф. Вакр.	Подпись	Дата	<i>Двухроторный вакуумный насос</i>	Изм.	Лист	Листов	
Разработал		Савин С.Р.Ф.						1	1
Проверил		Гавриш С.И.И.							
И. инженер		Гавриш С.И.И.							
Экз.		Гавриш С.И.И.							
						<i>Колонский ГАУ каф. ТБ</i>			

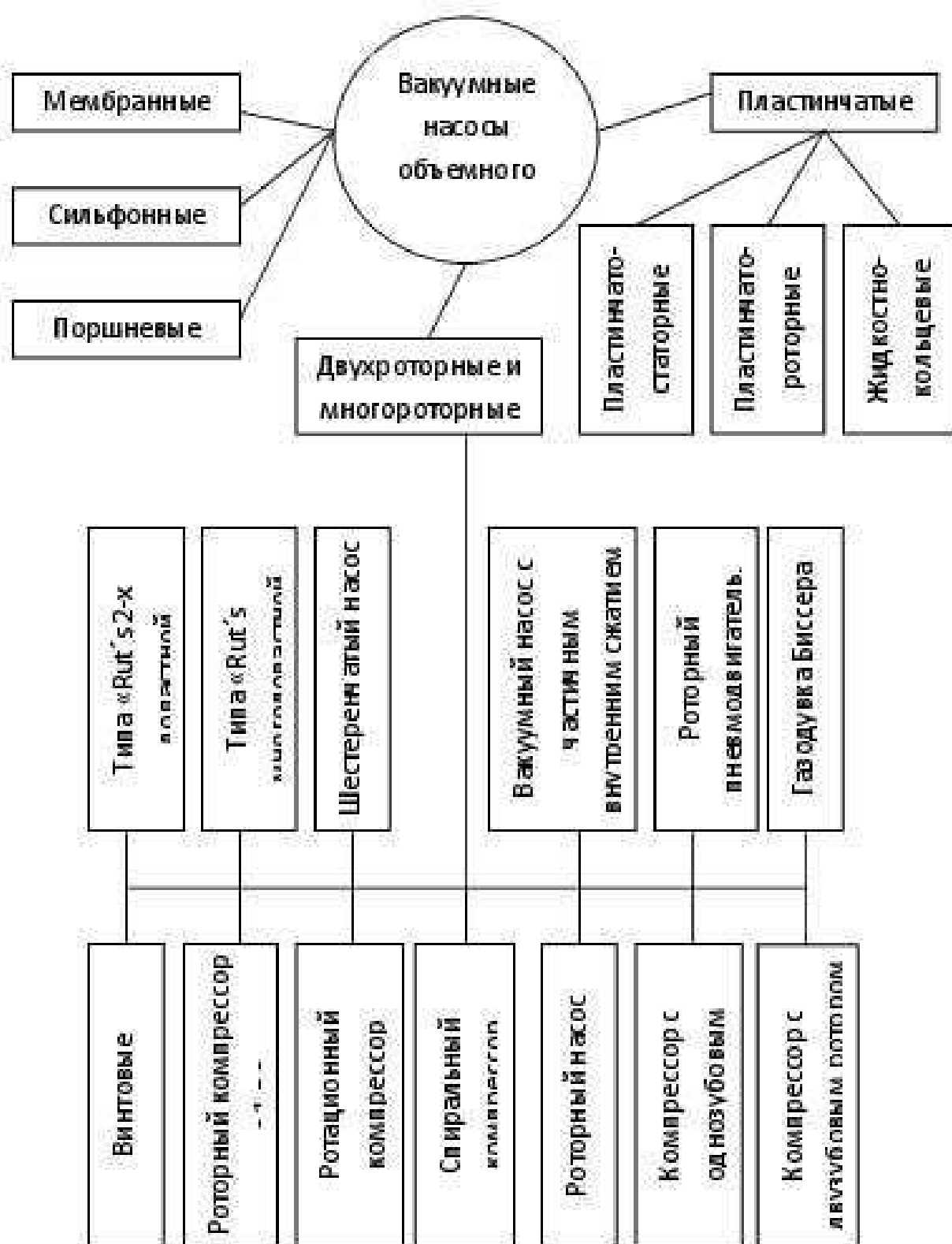


Рисунок 3.1 – Классификация вакуумных насосов объемного типа.

Действие этих насосов основано на изменении объема вследствие вращательного движения ротора с пластинами, расположенными эксцентрично внутри насоса (рисунок 3.2). Паза в роторе могут быть расположены по радиусу или тангенциально под углом к нему. Каждый паз с

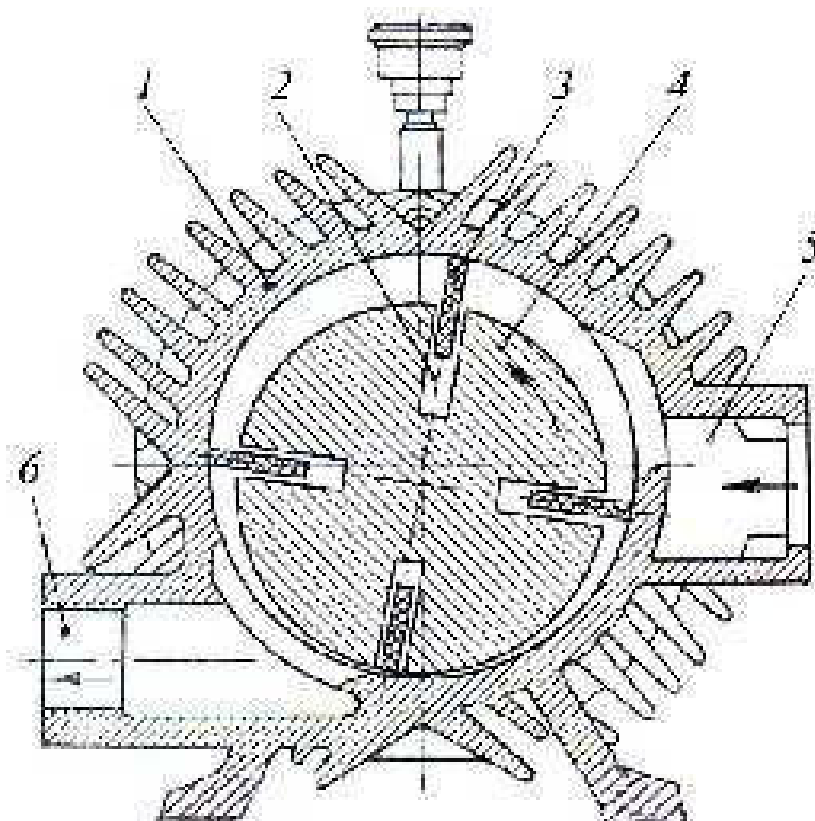
пластинами делит серповидное пространство между ротором и корпусом насоса на несколько частей. По мере поворота ротора каждая часть камеры (ячейки) выходит из контакта с всасывающим отверстием и увеличивается в объеме, а затем постепенно уменьшается, совершая последовательно сжатие газа и его нагнетание. Чем больше пластин, тем больше ячеек, меньше перепад давления, тем лучше используется объем цилиндра насоса. При этом коэффициент откачки может колебаться в пределах 0,3 – 0,9.

Ротационные вакуумные насосы хорошо уравновешены. Они имеют сравнительно небольшие габаритные размеры и массу. Основными преимуществами этих насосов являются высокая надежность в работе и простота в обслуживании. Они содержат меньшее количество деталей, в них нет всасывающих и нагнетательных клапанов, а также кривошипно-шатунного механизма. Кроме этого упрощена система воздушораспределения. Насосы пластинчатого типа работают плавно, меньше вибрируют. Эти насосы более равномерно откачивают воздух, не требуют устройств для выравнивания давления и более быстроходны.

К недостаткам таких насосов можно отнести сравнительно низкий механический коэффициент полезного действия и повышенную чувствительность к нарушению номинальных зазоров. Имеет место значительный износ рабочих органов, в результате чего снижается производительность насоса. Кроме того, насос через нагнетательный патрубок выбрасывает пары масла, которые впоследствии ухудшают состояние окружающей среды. Пластинчато-роторные вакуумные насосы имеют также достаточно высокую энергоемкость.

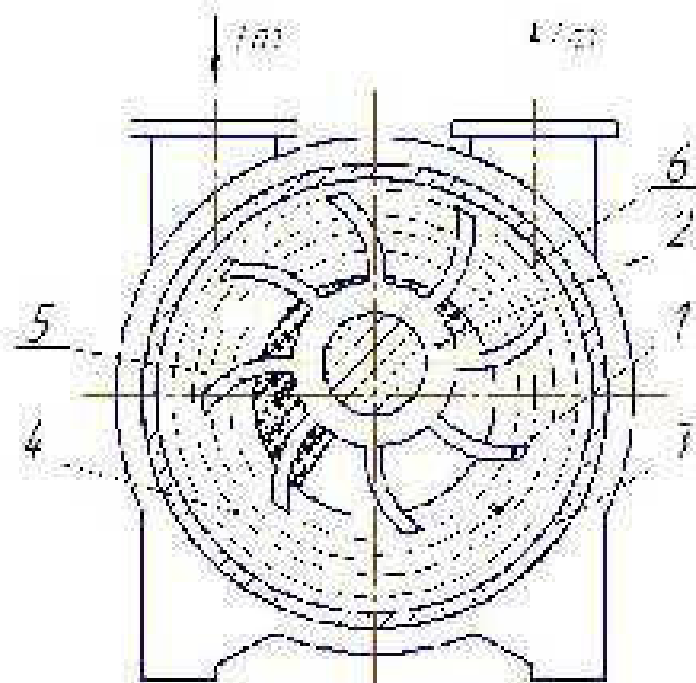
В 70-х годах значительный интерес стали представлять водокольцевые вакуумные насосы типа жидкостно-кольцевых вакуумных насосов (рисунок 3.3).

					ВКР.35.03.06.256.20.ДВН.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	ИЗМ. №	Подпись	Дата		3



1 – корпус; 2 – вал; 3 – лопатка; 4 – ротор; 5 – впускной трубопровод;
6 – выпускной трубопровод

Рисунок 3.2. – Схема пластинчато-роторного вакуумного насоса типа РВН



1 – лопатка ротора; 2 – ступица; 3 – корпус; 4 – жидкостное кольцо; 5 – всасывающее серповидное окно; 6 – нагнетательное серповидное окно

Рисунок 3.3. – Схема жидкостно-кольцевого вакуумного насоса

					ВКР.35.03.06.256.20.ДВН.00.00.00.ПЗ	Лист 4
Кин.	Лист	ИП Вак.ру	Подпись	Дата		

Эти насосы, предназначенные в основном для химической промышленности, обладают более высокой надежностью и долговечностью, не оказывают отрицательного воздействия на экологию.

Жидкостно-кольцевые вакуумные насосы не имеют всасывающего и выпускного клапанов и поэтому в них нет распределительного механизма. Они не имеют металлических трущихся поверхностей и не требуют смазки во время работы. Уплотнение между вращающимися и неподвижными частями насоса достигается при помощи рабочей жидкости, которая при вращении ротора отбрасывается лопатками к периферии, образуя внутри насоса вращающееся кольцо, которое выполняет роль поршня. Предусмотренное конструкцией гидравлическое уплотнение в этих насосах создает условия для снижения механического износа трущихся деталей. Насос такой конструкции не требует заполнения его жидкостью перед началом работы. Однако КПД таких насосов не превышает 0,48 – 0,52. Жидкостно-кольцевые вакуумные насосы могут работать только при температуре выше нуля градусов. Они требуют дополнительных устройств для подачи рабочей жидкости во внутрь насоса. По сравнению с ротационными насосами пластинчатого типа эти насосы имеют менее устойчивый режим работы, более высокие эксплуатационные затраты на единицу удельной подачи и высокий расход энергии при вакууме до 60 кПа.

Известны два направления развития «сухих» вакуумных насосов: снижение трения в существующих контактных вакуумных насосах и использование бесконтактных вакуумных насосов. К «сухим» насосам можно отнести двухроторные вакуумные насосы.

Двухроторные вакуумные насосы в зависимости от характера процесса сжатия делятся на три группы: насосы внешнего сжатия, насосы с частичным внутренним сжатием и насосы с полным внутренним сжатием.

Из машин первой группы наибольшее распространение получили насосы типа Рут'а, которые являются безтреходными, а также имеют невысокую металлоемкость и небольшие габариты. Однако такие насосы в заданном

					ВКР 35.03.06.256.20.ДВН.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

режиме машинного доения имеют невысокий механический КПД. Причиной этого является несовершенство термодинамического процесса сжатия. В этом случае индикаторная диаграмма в координатах $P - V$ имеет форму прямоугольника (рисунок 3.4.), что является существенным недостатком, так как приводит к дополнительным затратам энергии, а также к увеличению температуры нагрева газа.

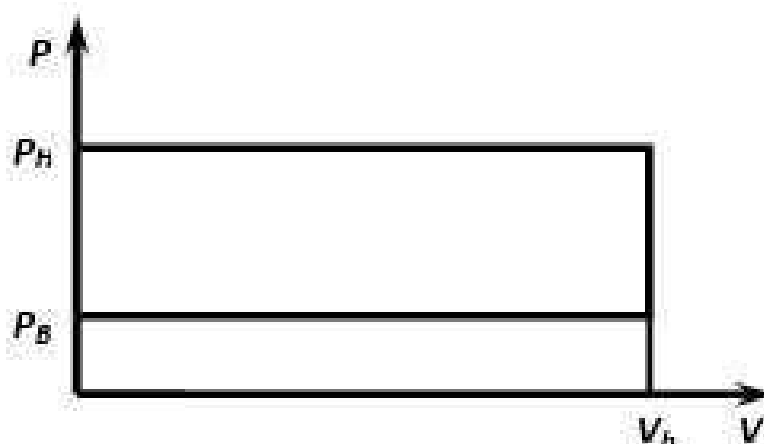


Рисунок 3.4. – Теоретическая индикаторная диаграмма вакуумного насоса типа

Ruf's

Двухроторные вакуумные насосы (типа Ruf's) классифицируют по типу роторов на прямозубые и винтовые, по числу лопастей – двулобовые- и многолобовые (рисунок 3.5.).

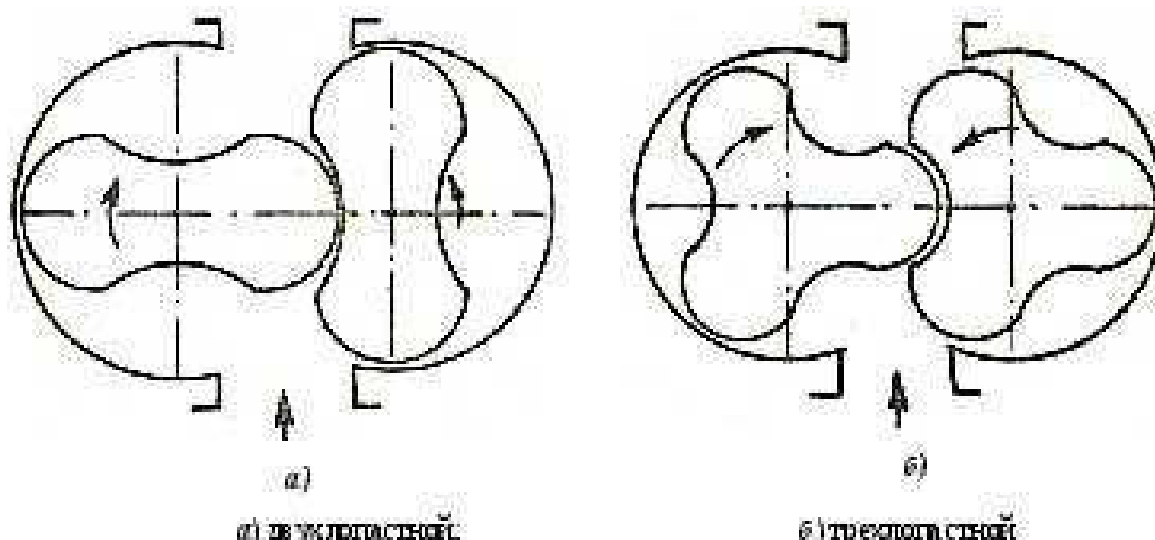


Рисунок 3.5. – Роторы двухроторных вакуумных насосов

У двухроторных вакуумных насосов (типа Rul's) в корпусе расположены два одинаковых ротора, вращающихся в противоположных направлениях синхронно (рисунок 3.6). Отличительная особенность рабочего процесса двухроторного вакуумного насоса состоит во внешнем сжатии. В положении, показанном на рисунке 3.6. а, полость I не соединена с всасывающим и нагнетательным окнами. В положении, показанном на рисунке 3.6. б, полость I соединена с нагнетательным окном, газ из нагнетательной полости поступает в полость I, в результате – давления в них выравниваются. При уменьшении объема полости I газ из нее вытесняется в нагнетательный патрубок (рисунок 3.6. в, г). Аналогичные процессы со сдвигом на 180° происходят в полости II. За один оборот роторов в нагнетательный патрубок подаются две порции газа – из полостей I и II.

Поскольку роторы при вращении не касаются один другого и корпуса, масло в рабочую полость не подается. Процесс внешнего сжатия неэкономичен, поэтому двухроторные вакуумные насосы обычно применяют при сравнительно небольших значениях давления. Кроме того, наличие зазоров между роторами и корпусом способствует перетеканию газа из нагнетательного патрубка во всасывающую полость, что ограничивает возможность получения высокого вакуума. Область рабочих давлений двухроторных вакуумных насосов 1,33 – 133 Па. Однако для машинного доения требуется вакуумный режим 50 кПа.

К недостаткам этих насосов следует отнести: высокий уровень шума при работе, относительно большие внутренние перетечи газа через зазоры, более высокая потребляемая мощность.

Развитие отраслей промышленности и сельского хозяйства требует модернизации существующих и создания новых схем вакуумных и компрессорных машин, отвечающих специфике производств, в которых они должны эксплуатироваться и имеющих лучшие энергетические показатели.

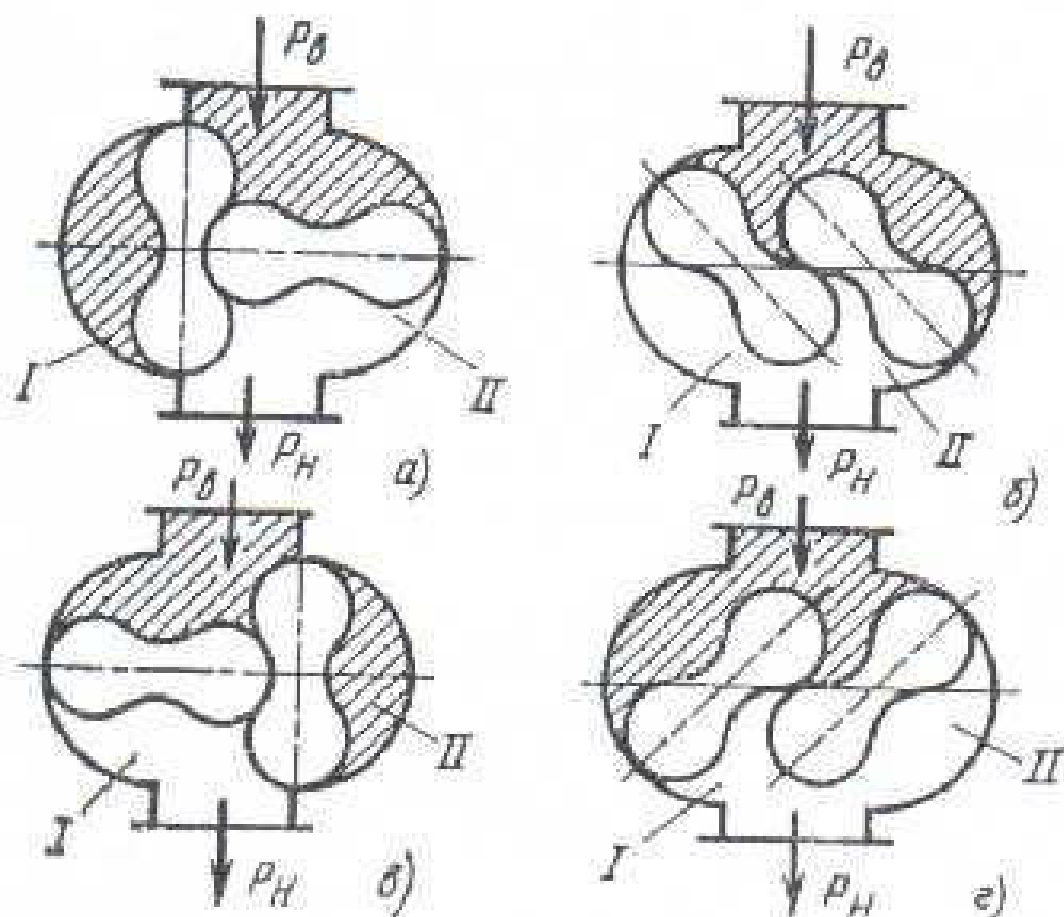


Рисунок 3.6 – Принципиальная схема действия вакуумного насоса типа Rnt's

3.2. Расчет производительности вакуумного насоса

Подача двухроторного вакуумного насоса определяется количеством газа, всасываемого или нагнетаемого в единицу времени.

При определении подачи насоса для идеального газа предполагается, что роторы установлены герметично и потери газа через зазоры отсутствуют. Подача насоса зависит как от геометрических размеров роторов и скорости их вращения, так и от состояния газа до всасывания и после нагнетания.

При вращении роторов в полости всасывания впадина каждого ротора заполняется газом и переносит его в полость нагнетания, где происходит сжатие, а затем нагнетание газа в атмосферу через одно или несколько окон, выполненных в коллекторе и роторе.

Для определения подачи насоса определим площадь, заключенную между корпусом, зубьями и впадиной одного ротора (рисунок 3.7). Площадь, эквивалентная геометрической подачи, будет равна

$$S = S_e - S_a - S_1 + S_2, \quad (3.1.)$$

где $S_e = \frac{\pi \cdot R_e^2}{2}$ – суммарная площадь половины круга радиусом $\frac{R_e}{2}$, м²;

$S_a = \frac{\pi \cdot R_0^2}{2}$ – площадь половины круга радиусом $\frac{R_0}{2}$, м²;

$S_1 = \pi \cdot r^2 \left(\frac{3R_0 + 2r}{R_0} \right)$ – площадь сектора зуба, м²;

$S_2 = \pi \cdot r^2 \left(\frac{3R_0 - 2r}{R_0} \right)$ – площадь сектора впадины, м²;

$R_e = R_0 + 2r$ – радиус окружности выступов ротора м;

R_0 – радиус основной окружности, м;

r – радиус подвижного круга, образующего эпит- и гипоциклоиды, м.

После подстановки значений S_e , S_a , S_1 и S_2 в выражение (3.1.) и соответствующих преобразований для площади (S) получим

$$\begin{aligned} S &= \frac{\pi \cdot R_e^2}{2} - \frac{\pi \cdot R_0^2}{2} - \pi \cdot r^2 \left(\frac{3R_0 + 2r}{R_0} \right) + \pi \cdot r^2 \left(\frac{3R_0 - 2r}{R_0} \right) = \\ &= \frac{\pi (R_0 + 2r)^2}{2} - \frac{\pi \cdot R_0^2}{2} - \pi \cdot r^2 \left(\frac{3R_0 + 2r}{R_0} \right) + \pi \cdot r^2 \left(\frac{3R_0 - 2r}{R_0} \right) = \\ &= \frac{2\pi \cdot r}{R_0} (R_0^2 + R_0 \cdot r - 2r^2) \end{aligned} \quad (3.2)$$

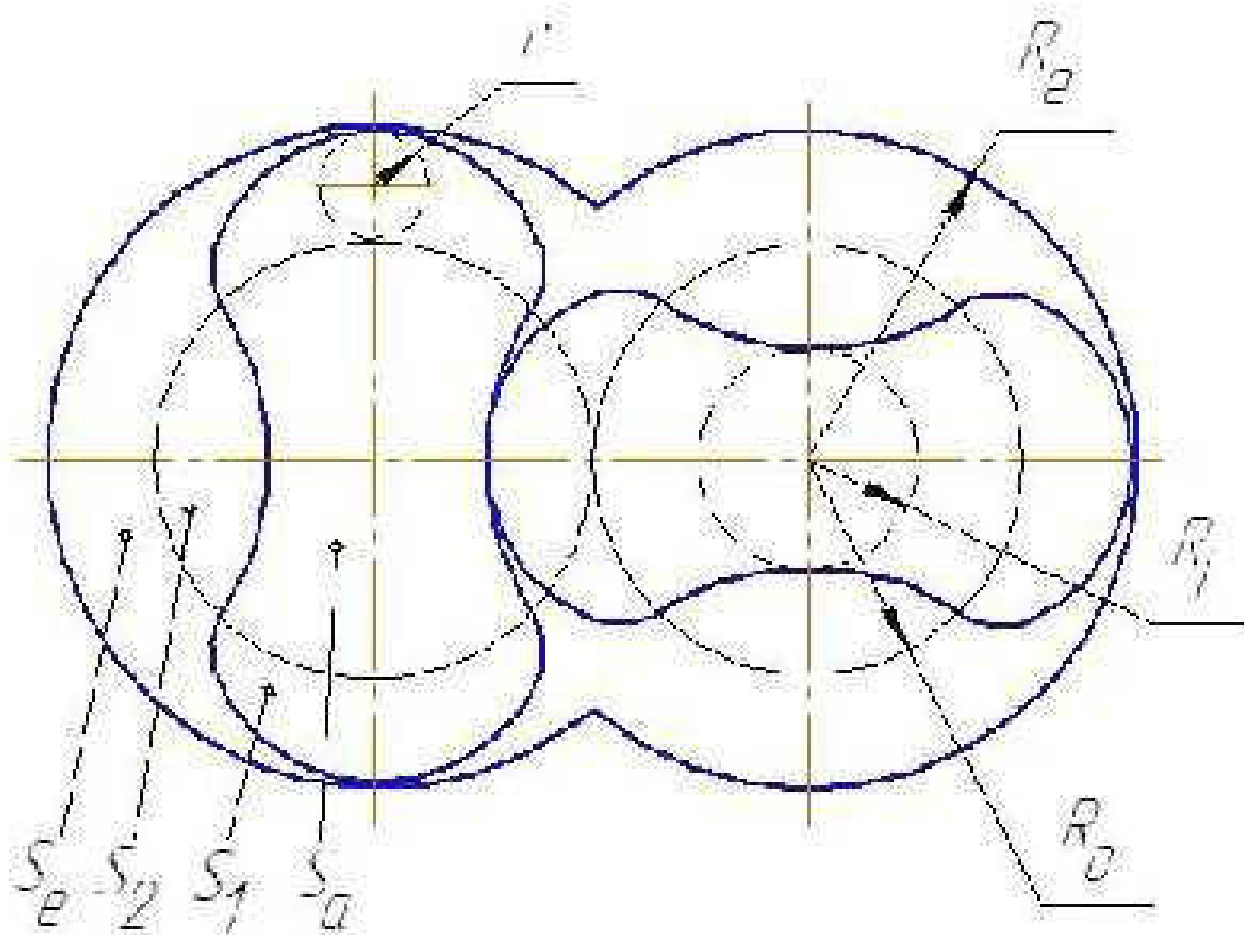


Рисунок 3.7 – Схема для расчёта подачи двухроторного вакуумного насоса

Для насоса с двухзубовым ротором эквивалентная площадь с учетом соотношения $R_0 = 4r$, будет равна

$$S = 9\pi \cdot r^2, \quad (3.3)$$

или

$$S = \frac{9}{16}\pi \cdot R_0^2, \quad (3.4)$$

Геометрическая подача для двухроторного насоса равна

$$Q_g = 2 \cdot S \cdot L \cdot n, \quad (3.5)$$

где L – длина рабочей части роторов, м,

					ВКР35030625620ДВН000000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	Исх. Взам.	По Взам.	Дата		10

n – частота вращения мин^{-1}

Теоретическая подача насоса, приведенная к условиям нагнетания, определяется зависимостью:

$$Q_T = 2 \cdot \left(1 - \frac{\Delta P}{P_H}\right) \cdot S \cdot L \cdot n \cdot \eta_v, \quad (3.6)$$

или окончательно получим

$$Q_T = \frac{9}{8} \cdot \pi \cdot R_g^3 \cdot z \cdot \left(1 - \frac{\Delta P}{P_H}\right) \cdot L \cdot n \cdot \eta_v, \quad (3.7)$$

где $\Delta P = P_H - P_v$ – среднее значение перепада давления на профиле ротора, Па;

z – количество зубьев;

η_v – коэффициент наполнения. Для насосов дозельных установок значение η_v можно принять 0,5–0,65.

$$Q_0 = \frac{9}{8} \cdot 3,14 \cdot 0,044^3 \cdot 2 \cdot (1 - 0,5) \cdot 11,6 \cdot 2820 \cdot 0,6 = 60,1 \text{ л/мин}$$

3.3. Определение момента сопротивления и потребной мощности двухроторного вакуумного насоса

Для определения теоретического момента сопротивления двухроторного вакуумного насоса предлагается методика, по которой выводится зависимость для определения среднего значения момента сопротивления $M_{\text{ср}}$.

Для определения момента сопротивления двухроторного вакуумного насоса, воспользуемся методикой предложенной нами.

					ВКР 35.0306.256.20.ДВН.00.00.00.00.ПЗ	Лист
						11
Илл.	Лист	№ Вектор	Подпись	Дата		

Рассмотрим рисунки 3.8. и 3.9 для прямозубого ротора с центром O , в системе координат XO,Y . Момент сопротивления определяется из соотношения

$$\begin{aligned} M_c &= \Delta P \cdot L \left(\int_{x_1}^{x_2} y \cdot dy - \int_{y_1}^{y_2} x \cdot dx \right) = \\ &= \Delta P \cdot L \left[\frac{1}{2} (y_2^2 - y_1^2) - \frac{1}{2} (x_2^2 - x_1^2) \right], \end{aligned} \quad (3.8)$$

при том, что

M_c – момент сопротивления, Н·м,

$x_1 = R_1$ – радиус окружности впадины, м,

$x_2 = R_1 \cdot \cos \alpha$, м,

$y_1 = O_1c = R_1 \cdot \sin \alpha$, м,

$y_2 = O_1d = R_2$ – радиус окружности выступов, м,

$\Delta P = P_H - P_B$ – среднее значение перепада давления на профиле ротора, Па;

P_H – давление нагнетания, Па,

P_B – давление всасывания, Па,

L – длина рабочей части ротора, м.

Момент сопротивления рассчитывается по максимальному моменту сопротивления.

Подставляя в уравнение (3.8) значения x_1 , x_2 , y_1 , y_2 и учитывая, что для эллиптического профиля справедливы соотношения между радиусами $R_2 = R_0 + 2r$ и $R_1 = R_0 - 2r$, получим следующую зависимость для определения момента сопротивления ротора:

$$\begin{aligned}
M_c &= \frac{\Delta P \cdot L}{2} (R_c^3 - R_0^3 \cdot \cos^3 \alpha + R_i^3) \cdot \eta = \\
&= \frac{\Delta P \cdot L}{2} [(R_0 + 2r)^3 - R_0^3 \cdot \cos^3 \alpha + (R_0 - 2r)^3] \cdot \eta = \\
&= \frac{\Delta P \cdot L}{2} (R_0^3 + 4R_0 \cdot r + 4r^3 - R_0^3 \cdot \cos^3 \alpha + R_0^3 - 4R_0 \cdot r + 4r^3) \cdot \eta = \quad (3.9) \\
&= \frac{\Delta P \cdot L}{2} (2R_0^3 + 8r^3 - R_0^3 \cdot \cos^3 \alpha) \cdot \eta,
\end{aligned}$$

где R_0 – радиус основной окружности, м,

r – радиус окружности, перекатываемой по основной окружности при профилировании, м;

η – КПД двухроторного вакуумного насоса.

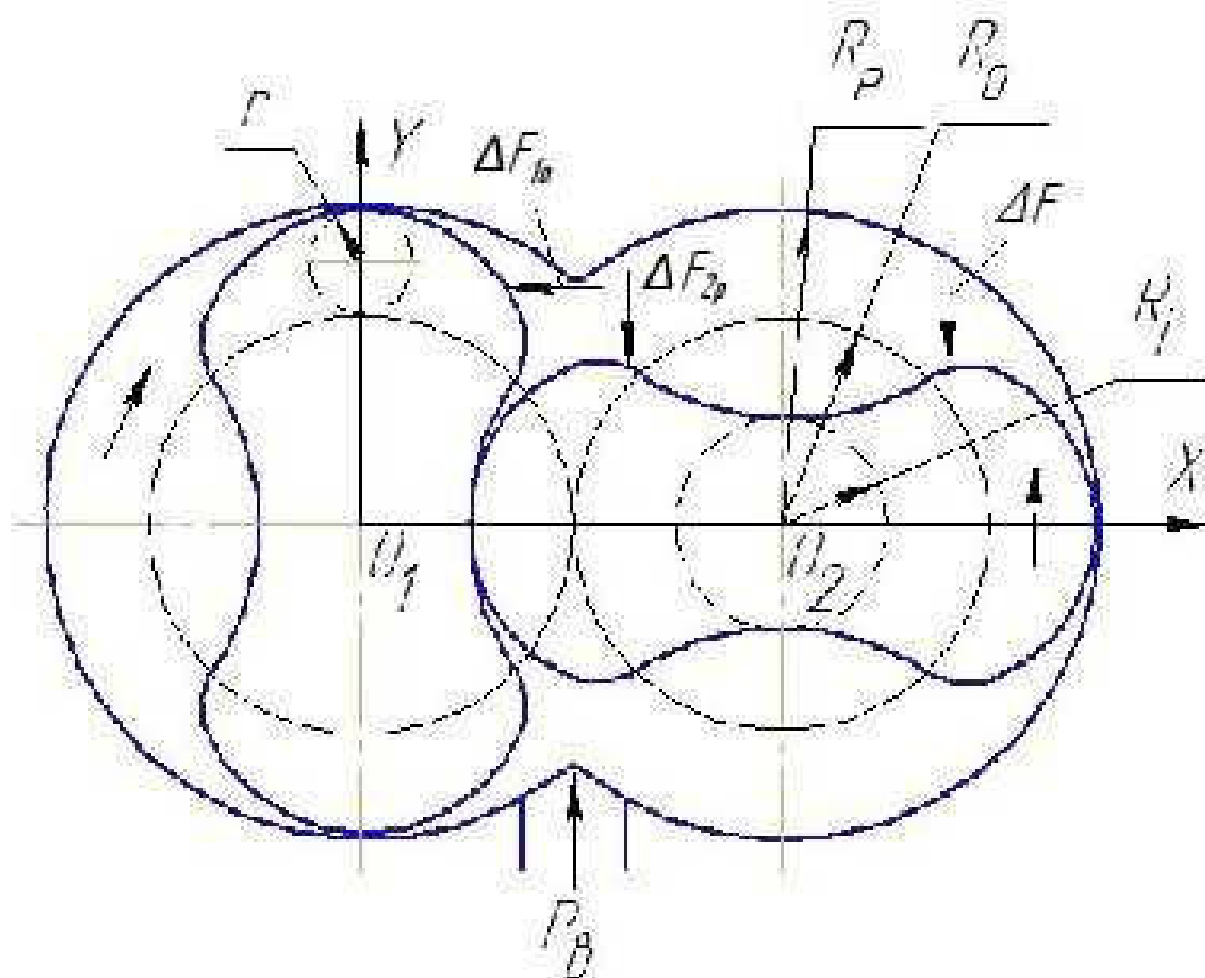


Рисунок 3.8. – Схема для определения минимального момента сопротивления «М»

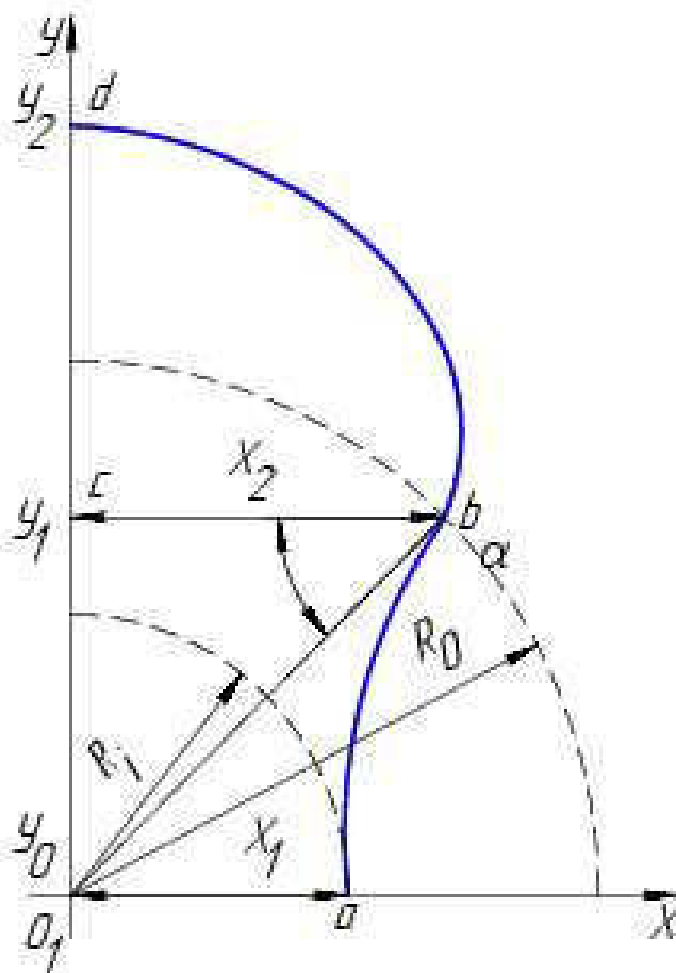


Рисунок 3.9. – Схема для определения максимального момента сопротивления

Принимая во внимание, что для двухзубого ротора $r = \frac{R_0}{4}$, после подстановки данного соотношения в формулу (3.9) и соответствующих преобразований получим

$$M_r = \frac{\Delta P \cdot L}{2} \cdot R_0^2 \cdot (2,5 - \cos^2 \alpha) \cdot \eta, \quad (3.10)$$

Заметим, что во втором роторе, вращающемся относительно центра O_2 (рисунок 3.8.) момент сопротивления $M_r = 0$, так как активные ΔF_{2a} и реактивные ΔF_{2r} силы взаимно уравновешены

Потребную мощность двухроторного вакуумного насоса можно определить по формуле:

$$N_r = M_r \cdot \omega = \frac{\Delta P \cdot L}{2} R_0^3 (2,5 - \cos^2 \alpha) \cdot \omega \cdot \eta, \quad (3.11)$$

где ω – угловая скорость, рад/с.

$$N_r = \frac{0,5 \cdot 11,6}{2} \cdot 0,044^3 (2,5 - \cos^2 45^\circ) \cdot 295 \cdot 0,5 = 2,9 \text{ Вт}$$

3.4. Расчет вала ротора.

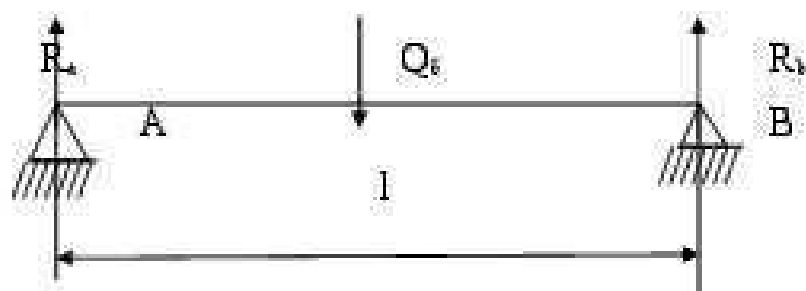


Рисунок 3.10 -Схема нагружения вала.

Реакции опор вычисляются по формуле (218) стр 146 [23]:

$$R = R_A = R_B = \frac{Q_v}{2} \quad (3.12)$$

где Q_v – вес вала, Н;

$$Q_v = 1000 \text{ Н.}$$

$$R = \frac{1000}{2} = 500 \text{ Н.}$$

Изгибающий момент определяется по формуле

$$M = \frac{Q_v \cdot l}{4}, \quad (3.13)$$

где l – расстояние между опорами, м.

$$l = 0,15 \text{ м.}$$

$$M = \frac{1000 \cdot 0,15}{4} = 37,5 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Диаметр вала определяется по формуле:

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{из}}}{0,1[\sigma]_{\text{из}}}}, \quad (3.14)$$

где $[\sigma]_{\text{из}}$ - допускаемое напряжение изгиба, Н/мм².

$$[\sigma]_{\text{из}} = 100 \text{ Н/мм}^2.$$

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{37,5 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 100}} = 23,7 \text{ мм.}$$

Диаметр вала принимаем $d_s = 25 \text{ мм}$.

3.5. Расчет подшипников при вращении вала.

Расчет подшипников ведем по их динамической грузоподъемности.

Приведенная динамическая нагрузка определяется по формуле (157) стр. 113 [23]:

$$C_{\text{пр}} = R \cdot K_f \cdot K_T, \quad (3.15)$$

где R - нагрузка на подшипник, Н;

K_f - коэффициент безопасности;

K_T - коэффициент температуры;

$K_f = 1$ таблица 15 [ПТМ],

$K_T = 1,1$ таблица 15 [ПТМ],

$$C_{\text{пр}} = 500 \cdot 1 \cdot 1,1 = 550 \text{ Н.}$$

Расчетная долговечность подшипника определяется по формуле (159) стр. 113 [23]:

$$L = \frac{60 \cdot n_s \cdot T_{\text{сум}}}{10^6}, \quad (3.16)$$

где n_s - частота вращения вала, мин⁻¹,

$T_{\text{сум}}$ - суммарное время работы машины, часов.

$$L = \frac{60 \cdot 3000 \cdot 8000}{10^6} = 1440 \text{ млн. оборотов.}$$

Расчетная приведенная динамическая нагрузка:

					ВКР 350306256.20 ДВН000000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	ИР	Взам.ИР	Подпись		Дата

$$C_{\text{нп}} = C_{\text{н}} \cdot \sqrt{L}, \quad (3.17)$$

$$C_{\text{нп}} = 550 \cdot \sqrt{1440} = 6195 \text{ Н.}$$

Выбираем радиальный двухрядный шарикоподшипник 36105К с динамической нагрузкой $C=3000 \text{ Н}$ ГОСТ 5720-75.

$$d=25 \text{ мм}, \quad D=47 \text{ мм}, \quad B=24 \text{ мм.}$$

3.6. Расчет зубчатой передачи

Межосевое расстояние определяется по формуле (124) стр. 30 [23]:

$$A = 1 + U \sqrt{\left(\frac{1070}{U[\sigma]} \right)^2} \cdot \frac{KM}{\theta \varphi}, \quad (3.18)$$

где U - передаточное отношение;

$[\sigma]$ - допускаемое напряжение;

M - передаваемый крутящий момент, Н·м;

φ - коэффициент модуля;

θ - коэффициент, учитывающий угол наклона зубьев;

k - коэффициент безопасности.

$$A = 1 + 1 \sqrt{\left(\frac{1070}{1 \cdot 100} \right)^2} \cdot \frac{1 \cdot 15,6}{0,5 \cdot 0,4} \text{ мм.}$$

Определяется модуль нормали по формуле (125) стр. 30 [23]:

$$m_n = (0,01 \dots 0,02) \cdot A \quad (3.19)$$

$$m_n = 108 \cdot 0,02 = 2,16$$

$$m_n = 2$$

Выбирается угол наклона зубьев:

$$\beta = 8 \dots 25^\circ$$

Выбираем угол наклона зубьев $\beta = 8$.

Вычисляется модуль окружной m , по формуле (126) стр. 30 [23]:

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta}, \quad (3.20)$$

$$m_t = \frac{2}{\cos 8} = \frac{2}{0,99} = 2.$$

					ВКР.3503.06.256.20.ДВН.00.00.00.ПЗ	Лист
И.И.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Определяется суммарное число зубьев по формуле (127) стр. 81 [23]:

$$z_1 + z_2 = \frac{2A}{m}, \quad (3.21)$$

где z_1, z_2 - число зубьев шестерни и зубчатого колеса.

$$z_1 + z_2 = \frac{2 \cdot 108}{2} = 108$$

Число зубьев шестерни принимаем $z_1 = 54$

Число зубьев зубчатого колеса z_2 :

$$z_2 = z_1 \cdot U \quad (3.22)$$

$$z_2 = 54 \cdot 1 = 54$$

Параметры зубчатого колеса:

Диаметр начальной окружности d_1 :

$$d_1 = m \cdot z_1 \quad (3.23)$$

$$d_1 = 2 \cdot 54 = 108 \text{ мм.}$$

Ширина зубчатого венца b :

$$b = \psi \quad A$$

(3.24)

$$\psi = 0,2 \dots 0,6$$

$$b = 0,2 \cdot 108 = 19,8 \text{ мм.}$$

Ширину зубчатого венца принимаем $b = 20 \text{ мм.}$

Проверка на контактную прочность по формуле (130) стр. 83 [23]:

$$\sigma_H = \frac{1070(1+U)}{A \cdot U} \sqrt{\frac{Kd(1+U)}{be}} \leq [\sigma]_H \quad (3.25)$$

$$\sigma_H = \frac{1070 \cdot (1+1)}{108 \cdot 1} \sqrt{\frac{15 \cdot 2 \cdot 1 \cdot (1+1)}{20 \cdot 0,2}} = 20 \cdot \sqrt{2,4} = 20 \cdot 1,5 = 30 \text{ Н/мм}^2.$$

$$[\sigma]_H = 100 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_H \leq [\sigma]_H$$

					ВКР 35030625620 ДВН.00.00.00 ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$30 \text{ Н/мм}^2 \leq 100 \text{ мм}^2$$

3.7 Безопасность труда при работе с вакуумными насосами

К работе допускают только лиц, прошедших инструктаж по охране труда и технике безопасности, а также прошедшие специальное обучение.

1. Признак размещения. Насос должен быть закреплен болтами на специальной раме и установлен на ровную горизонтальную поверхность. Должен размещаться в отдельном помещении от доильного зала. Пульт запуска двигателя должен размещаться в легкодоступном и сухом месте. Обычно на стене рядом с насосом. Усилие на кнопке не более 0,5 кг/см².

Насос компактный, требуется мало места. Шум и вибрация, по сравнению с аналогами, намного ниже. Не требует смазки рабочих органов.

2. Габариты конструкции: 278х310х257 мм.

3. Шкивы, клиноременная передача должны быть защищены надежными кожухами. Расположение и конструкция узлов и механизмов агрегата обеспечивает удобный доступ к ним, безопасность при монтаже, эксплуатации и ремонте.

Требования безопасности перед началом работы.

- одеть положенную по нормам спецодежду;
- получить наряд, ознакомиться с техникой безопасности;
- проверить наличие и исправность заземления электродвигателя насоса;
- проверить, чтобы проходы не были загромождены;
- для обеспечения безопасной работы необходимо еженедельно проводить профилактический осмотр устройств и оборудования;
- подвижные и вращающиеся части оборудования должны иметь защитные кожухи и ограждения, исключающие возможность получения травмы обслуживающим персоналом.

Требования безопасности во время работы

- выполняйте только порученную вам работу

					ВКР.35.03.06.256.20.ДВН.00.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	И.И.И.	Подпись	Дата		19

- будьте внимательны, не отвлекайтесь сами и не отвлекайте других от работы.

- не допускайте к работе термостата посторонних лиц.

- пуск насоса в работу производить, убедившись в отсутствии опасности для окружающих.

- при обнаружении неисправности в работе насоса остановите его, сообщите мастеру.

Включать в работу насос, после устранения неполадок, только в присутствии мастера и слесаря.

- следите за чистотой на рабочем месте, своевременно убирайте пролитые жидкости, устраняйте скользкость пола.

Запрещается:

- начинать работу не пройдя первичный инструктаж на рабочем месте.

- использовать неисправное оборудование.

- покидать рабочее место без разрешения.

- оставлять рабочее место без присмотра.

Требования безопасности в аварийных ситуациях.

- если на металлических частях оборудования обнаружено напряжение (ощущение электрического тока), электродвигатель работает на две фазы (гудит), заземляющий провод оборван, следует остановить машину и немедленно доложить об этом руководству.

- при обнаружении неисправности в работе оборудования, самопроизвольной остановке, аварии необходимо отключить электропитание, сообщить об этом ответственному лицу и до устранения неисправности не включать.

- при получении травмы оказать первую медицинскую помощь. После обратиться в медпункт и поставить в известность руководство.

- при обнаружении загорания, необходимо вызвать пожарную охрану по телефону 01, поставить в известность руководство.

					ВКР 35.0306.256.20.ДВН.00.00.00.ПЗ	Исх.
Изм.	Исх.	№ докум.	Подпись	Дата		20

3.8. Рекомендации по улучшению состояния окружающей среды

В настоящее время происходит интенсивное изъятие человеком из природы в результате его производственной деятельности необходимых веществ: сырья для промышленности, животных, воды, леса и других природных ресурсов. Одновременно нарастает выброс в природу отходов промышленности, бытовых отходов, отработавших предметов и оборудования и т.п. Кроме того человек перестраивает природу для своих нужд, в первую очередь для с/х производства, существенно ее изменяя. Использование сельскохозяйственной техники приводит к негативному механическому, химическому, акустическому и электромагнитному воздействию на живую и неживую природу.

Основными загрязнителями окружающей среды в сельских районах являются животноводческие и птицеводческие фермы, промышленные комплексы по производству мяса. Основным фактором воздействия на окружающую среду являются стоки животноводческих комплексов, которые загрязняют близлежащие территории, являются одной из причин эвтрофикации водоемов.

Необходимо не допускать загрязнение почвы и воды отходами животноводства, следить за их утилизацией и исправностью сооружений, организовать правильное использование и хранение навозофекального сырья и сточных вод на полях хозяйства, вести борьбу с переносчиками инфекционных болезней.

3.9 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

					ВКР.35.03.06.256.20.ДВН.00.00.00.ПЗ	Лист
Изм	Листы	№ докум	Подпись	Дата		21

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.

3.10 Экономическая часть

3.10.1 Расчёт массы и стоимости конструкции

Таблица 3.1 - Исходные данные

Показатели	Исходный (базовый)	проектируемый
Масса, кг	110	95
Потребная мощность, кВт	4	3
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
Тарифная ставка, руб/чел.-ч	39,8	39,8
Производительность, м ³ /ч	60	60

Балансовая стоимость новой конструкции по сопоставимости массы определяется по формуле:

Балансовая стоимость новых конструкций определяется по формуле

$$C_{\text{н}} = \frac{C_{\text{б}} \cdot G_1 \cdot \sigma}{G_0}, \quad (3.26)$$

где $C_{\text{сб}}$, $C_{\text{сн}}$ – соответственно балансовая стоимость существующей и проектируемой конструкции, руб.;

G_0 , G_1 – соответственно масса существующей и проектируемой конструкции, кг;

σ – коэффициент удешевления конструкции $\sigma = 0,9 \dots 0,95$.

$$C_{\text{сн}} = \frac{40000 \cdot 95 \cdot 0,9}{110} = 31091 \text{ руб.}$$

3.10.2 Расчёт технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение

Часовая подача определяется из конструктивных параметров:

$$W_{\text{сн}} = 60 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

$$W_{\text{сб}} = 60 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Энергоемкость процесса определяется по формуле:

$$\dot{Y}_\varepsilon = \frac{N_\varepsilon}{W_\varepsilon}, \quad (3.27)$$

где N_ε – потребляемая мощность, кВт;

W_ε – часовая подача вакуумного насоса, $\text{м}^3/\text{ч}$.

$$\varepsilon_{\text{сб}} = \frac{4}{60} = 0,066 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3;$$

$$\varepsilon_{\text{сн}} = \frac{3}{60} = 0,05 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3.$$

Металлоемкость процесса определяется по формуле:

$$M_\varepsilon = \frac{G}{W_\varepsilon \cdot \dot{O}_{\text{сн}} \cdot \dot{O}_{\text{сб}}}, \quad (3.28)$$

где G – масса конструкции, кг;

$T_{\text{сн}}$ – годовая загрузка вакуумного насоса, час.;

$T_{\text{сб}}$ – срок службы вакуумного насоса, лет.

$G_0 = 110 \text{ кг}$, $G_1 = 95 \text{ кг}$, $T_{\text{сн}} = 1460 \text{ час}$;

$T_{\text{сб макс}} = 5000 \text{ час}$ или $T_{\text{сб макс}} = 3,4 \text{ год}$;

					ВКР.35.03.06.256.20.ДВН.00.00.00.ПЗ	Лист
Рек.	Лист	ИП. Век. гр.	Подпись	Дата		23

$T_{\text{св.пр.}} = 15000$ час или $T_{\text{св.пр.}} = 10,2$ лет,

$$M_{\text{св.}} = \frac{110}{60 \cdot 1460 \cdot 3,4} = 0,37 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3,$$

$$M_{\text{д.}} = \frac{95}{60 \cdot 1460 \cdot 10,2} = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3.$$

Фондоемкость процесса определяется по формуле

$$F_{\text{д.}} = \frac{C_{\text{д.}}}{W_{\text{д.}} \cdot \bar{O}_{\text{д.}}}, \quad (3.29)$$

$$F_{\text{св.}} = \frac{40000}{60 \cdot 1460} = 0,45 \text{ руб/м}^3,$$

$$F_{\text{д.}} = \frac{31091}{60 \cdot 1460} = 0,35 \text{ руб/м}^3.$$

Себестоимость работ определяется по формуле

$$S = C_{\text{з.т.}} + C_{\text{э.}} + C_{\text{рем.}} + A, \quad (3.30)$$

где $C_{\text{з.т.}}$ – затраты на оплату труда, руб.;

$C_{\text{э.}}$ – затраты на электроэнергию, руб.;

$C_{\text{рем.}}$ – затраты на ремонт и техническое обслуживание (РТО), руб.;

A – амортизационные отчисления, руб.

Затраты на оплату труда определяется по формуле

$$C_{\text{з.т.}} = Z \cdot T, \quad (3.31)$$

где Z – часовая тарифная ставка, руб.;

T – трудоемкость, чел.час.

Трудоемкость определяется по формуле

$$T = \frac{I_{\text{обс.}}}{W_{\text{д.}}}, \quad (3.32)$$

где $I_{\text{обс.}}$ – количество обслуживающих операторов, чел.

$$T_{\text{обс.}} = T_{\text{оп.}} = \frac{1}{60} = 0,02 \text{ чел/м}^3;$$

$$C_{\text{з.т.}} = 50 \cdot 0,02 = 1 \text{ руб/м}^3.$$

Затраты на электроэнергию определяются по формуле

$$C_e = C_{\text{э}} \cdot N_{\text{э}}, \quad (3.33)$$

где $C_{\text{э}}$ – цена электроэнергии, руб./кВт·ч

$$C_{\text{э}} = 2,43 \text{ руб./кВт·ч}$$

$$C_{\text{э}0} = 2,43 \cdot 4 = 9,72 \text{ руб./м}^3;$$

$$C_{\text{э}1} = 2,43 \cdot 3 = 7,29 \text{ руб./м}^3;$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание (РТО) определяется по формуле

$$\tilde{N}_{\text{рем}} = \frac{C_{\text{р}} \cdot I_{\text{рем}}}{100 \cdot W_{\text{н}} \cdot \dot{Q}_{\text{н}}}, \quad (3.34)$$

где $N_{\text{рем}}$ – норма затрат РТО, %.

$$C_{\text{рем}0} = \frac{40000 \cdot 19,8}{100 \cdot 60 \cdot 1460} = 0,09 \text{ руб./м}^3;$$

$$C_{\text{рем}1} = \frac{31091 \cdot 19,8}{100 \cdot 60 \cdot 1460} = 0,07 \text{ руб./м}^3;$$

Амортизационные отчисления определяются по формуле

$$A = \frac{C_{\text{а}} \cdot a}{100 \cdot W_{\text{н}} \cdot \dot{Q}_{\text{н}}}, \quad (3.35)$$

где a – норма амортизации, %.

$$A_0 = \frac{40000 \cdot 18}{100 \cdot 60 \cdot 1460} = 0,082 \text{ руб./м}^3;$$

$$A_1 = \frac{31091 \cdot 18}{100 \cdot 60 \cdot 1460} = 0,063 \text{ руб./м}^3;$$

$$S_0 = 1 + 9,72 + 0,09 + 0,082 = 10,89 \text{ руб./м}^3;$$

$$S_1 = 1 + 7,29 + 0,07 + 0,063 = 8,42 \text{ руб./м}^3;$$

Уровень приведенных затрат определяются по формуле

$$C_{\text{прив}} = S + E_{\text{н}} \cdot F, \quad (3.36)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

					ВКР 35.03.06.256.20.ДВН.00.00.00.00.ПЗ	Лист
Рек.	Лист	ИР. Вн. упр.	Подпись	Дата		25

F – удельные капитальные вложения или фондоемкость

$$C_{проед} = 10,89 + 0,15 \cdot 0,45 = 10,96 \text{ руб} / \text{м}^3 ;$$

$$C_{проед} = 8,42 + 0,15 \cdot 0,35 = 8,47 \text{ руб} / \text{м}^3 ;$$

Годовая экономия определяется по формуле

$$\dot{Y}_{ад} = (S_0 - S_1) \cdot W \cdot \dot{O}_{ад}, \quad (3.37)$$

$$\dot{Y}_{год} = (10,89 - 8,42) \cdot 60 \cdot 1460 = 216372 \text{ руб}$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле

$$A_{ад} = (\tilde{N}_{проед} - \tilde{N}_{проед}) \cdot W \cdot \dot{O}_{ад}, \quad (3.38)$$

$$E_{год} = (10,96 - 8,47) \cdot 60 \cdot 1460 = 218124 \text{ руб}$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяется по формуле

$$T_{ок} = \frac{C_{ад}}{\dot{Y}_{год}}, \quad (3.39)$$

$$T_{ок} = \frac{31091}{216372} = 0,14 \text{ год}$$

Коэффициент эффективности капитальных вложений определяется по формуле

$$E_{эф} = \frac{\dot{Y}_{год}}{C_{пр}} = \frac{1}{T_{ок}}, \quad (3.40)$$

$$E_{эф} = \frac{1}{0,14} = 7$$

Таблица 3.2 – Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкции.

№ п/п	Наименование показателей	Един. измерен.	Базовая	Проектная
1.	Часовая производительность	м ³ /ч	60	60
2.	Фондоемкость процесса	руб/м ³	0,45	0,35
3.	Энергоемкость процесса	кВт·ч/м ³	0,066	0,05
4.	Металлоемкость процесса	кг/м ³	0,37 · 10 ⁻¹	0,1 · 10 ⁻¹
5.	Трудоемкость процесса	чел·час/м ³	0,02	0,02
6.	Себестоимость работ	руб./м ³	10,89	8,42
7.	Уровень приведенных затрат	руб./м ³	10,96	8,47

8.	Годовая экономия	руб.	-	216372
9.	Годовой экономический эффект	руб.	-	218124
10.	Срок окупаемости капитальных вложений	лет	-	0,14
11.	Коэффициент эффективности капитальных вложений	-	-	7

Энергоемкость разработанного экспериментального двухроторного вакуумного насоса с цилиндрическим профилем роторов снизилась на 37,5 %, чем базовый вакуумный насос УВД-10.000. Это объясняется тем, что новый вакуумный насос имеет малую потребляемую мощность. Годовой экономический эффект составляет 168192 рубля. Срок окупаемости вакуумного насоса составляет менее 0,5 года.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

На основании выше изложенного материала, можно сделать следующие основные выводы и предложения

- Разработан новый двухроторный вакуумный насос обладающий более высокими технико-экономическими показателями. Энергоемкость разработанного двухроторного вакуумного насоса снизилась на 25 %, чем базовый вакуумный насос УВД 10.00. Это объясняется тем, что новый вакуумный насос является имеет меньшую массу и потребляемую мощность.

- Годовой экономический эффект составляет 218124 рублей. Срок окупаемости двухроторного вакуумного насоса составляет менее 0,2 года.

- Конструкторскую документацию, состоящую из технического задания, технических условий, спецификаций, чертежей и соответствующих расчетов можно успешно использовать для производства машин.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов, И.М. «Методические указания к дипломному проектированию. Проектирование технологического процесса механической обработки /И.М. Абрамов// Казань. Офс. Лаб. КСХИ – 1991».
2. Анурьев, В.И. «Справочник конструктора машиностроителя». /В.И. Анурьев// В 3-х т. Т 1,2,3 – М, машиностроение 1986.
3. Брагинец, Н.В., «Курсовое и дипломное проектирование по механизации животноводства» /Н.В. Брагинец// – 3-е изд, перераб. и доп. – М, Агропромиздат, 1991.
4. Валеев, Р.Г. «Сборник нормативно – справочных материалов для курсового и дипломного проектирования», /Р.Г. Валеев// Казань. Офс. Лаб. КСХИ – 1988.
5. Дмитриев, И.М., Курочкин Г.Я. и др. «Гражданская оборона на объектах агропромышленного комплекса» /И.М. Дмитриев// - М, Агропромиздат, 1990.
6. Калашников, А.П., Клейменов Н.И. и др. «Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных» /А.П. Калашников// - М, Агропромиздат, 1985.
7. Конаков, А.П., Юдаев Ю.Н., Козин Р.Б. «Механизация раздачи кормов» /А.П. Конаков// - М, Агропромиздат, 1989.
8. Левицкий, В.С. «Машиностроительное черчение» /В.С. Левицкий// - учебник для студентов высших учебных заведений – М, Высш. Шк., 2001.
9. Матвеев, В.А., Пустовалов И.И. «Техническое нормирование ремонтных работ в сельском хозяйстве» /В.А. Матвеев// - М, Колос, 1979.
10. Мельников, С.В. «Эксплуатация технологического оборудования ферм и комплексов» /С.В. Мельников// - М, Агропромиздат, 1986.
11. «Механизация кормления крупного рогатого скота» /А.Ф. Конопелькин, С.И. Вороневский// - М, Агропромиздат, 1985.

12. Нарышкин, В.Н., Коросталевский, Р.В. «Подшипники качения» /В.Н. Нарышкин, Р.В. Коросталевский// Справочный каталог – М, Машиностроение, 1984.

13. Писаренко, Г.С. «Сопротивление материалов». Издательское объединение /Г.С. Писаренко// «Высш. школа», 1973.

14. Спиваковский, А.О., Дьячков, В.К. «Транспортирующие машины» /А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков// Учебное пособие для машиностроительных вузов, 3-е изд. перераб. – М, Машиностроение, 1983.

15. Булгариев Г.Г. и др. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных квалификационных работ – Казань, 2009.

16. Чернавский, С.А. и др. «Курсовое проектирование деталей машин» /С.А. Чернавский// – М, Машиностроение, 1980.

17. Ермаков Ф.Х., Ахмадуллин В.Г. Методические указания по разработке разделов «Безопасность жизнедеятельности на производстве» и «Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях» в дипломных проектах – Казань, 2004.

18. Шамов, Н.Г. «Механизация приготовления и раздачи сочных кормов» /Н.Г. Шамов// - М, Колос, 1972.

19. Шкратак, В.С., Казлаускас, Г.К. «Охрана труда» /В.С. Шкратак, Г.К. Казлаускас// - М, Агропромиздат, 1989.

20. Ведищев С.М. «Механизация доения коров» /С.М. Ведищев// - Тамбов. Издательство ТГТУ, 2006.

ПРИЛОЖЕНИЯ

СПЕЦИФИКАЦИИ