

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса

Направление 35.03.06 – Агроинженерия
Профиль Технические системы в растениеводстве
Кафедра машин и оборудования в растениеводстве

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на соискание квалификации (степени) бакалавра

Тема: Совершенствование технологии дробления зерна на фрезе КРС-4
работкой вакуумного насоса

Шифр ВКР 35.03.06.406.20 ВВУ 09.06.19

Студент группы Б262-07у  Татиса Ф.М.
Ф.И.О.

Руководитель доцент  Нафикова И.Р.
ученое звание подпись Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите

(протокол № 7 от «ВБ» февраля 2020 г.)

За кафедрой доцент  Халиуллин Д.Г.
ученое звание подпись Ф.И.О.

2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР	9
1.1 Существующие вакуумные установки	9
1.2 Молочно-вакуумная линия доильной установки	15
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	19
2.1. Механизация доения	19
2.2 Типы и классификация доильных установок	22
2.3. Технологический расчет доильных аппаратов	27
2.4. Расчет пульсатора доильного аппарата	33
2.5. Расчет расхода воздуха вакуумным насосом	38
3. КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ	42
3.1 Выбор, обоснование и описание новой конструкции водокольцевого вакуумного насоса	42
3.2. Конструктивный расчет	44
3.2.1 Расчет параметров водокольцевого вакуумного насоса для создания вакуума для доильной установки	44
3.2.2 Определение поверхностного нагрева	46
3.2.3 Проверочный расчет болтового соединения вакуумного насоса	47
3.3 Техника безопасности	49
3.3.1 Состояние безопасности труда при доении	49
3.3.2 Расчет заземления водокольцевого вакуумного насоса	49
3.4 Рекомендации по улучшению состояния окружающей среды	51
3.5 Физическая культура на производстве	51
3.6. Экономическое обоснование конструкции	52
3.6.1. Расчёт массы и стоимости конструкции	52
3.6.2. Расчёт технико-экономических показателей эффективности конструкции сравнение	53
ВЫВОДЫ	60
ЛИТЕРАТУРА	61
СПЕЦИФИКАЦИИ	
ПРИЛОЖЕНИЯ	

ВВЕДЕНИЕ

Главнейшей задачей молочного хозяйства является обеспечение человека молоком и молочными продуктами. Человек начал конкурировать с телятами за молоко по меньшей мере за 9000 лет до н.э.

Среди процессов по обслуживанию животных на ферме особое место можно уделить доению коров. Дойльная машина непосредственно взаимодействует с организмом коровы, с ее сложной рефлекторно-секреторной системой. От того, насколько доильное оборудование учитывает физиологические особенности животного организма, насколько своевременно и оперативно проводятся операции доения коровы, можно судить об уровне технологической и технической культуры на ферме.

В условиях жесткой конкуренции товаропроизводителей молока возрастает роль производственно-технических и технологических факторов, повышаются требования к кадровому обеспечению ферм, их теоретической и практической подготовке. Поэтому без знания современного оборудования для доения коров, без высокой квалификации обслуживающего персонала невозможно производство конкурентной продукции.

Молоко — эликсир жизни, один из ценнейших продуктов питания человека. Великий физиолог, лауреат Нобелевской премии, академик И. П. Павлов назвал его «удивительной пищей, созданной самой природой», а знаменитый изобретатель Эдисон сказал, что молоко создано химиком свыше нас. Можно создать продукты, близкие по питательной ценности к молоку, но повторить его невозможно, так как это очень сложная биологическая жидкость, содержащая более 300 компонентов.

К сожалению, уровень потребления молока в нашей стране значительно ниже научно обоснованных норм, согласно которым треть суточного рациона человека должна приходиться на молочные продукты. Оставляют желать лучшего и показатели эффективности производства молока, которые значительно ниже, чем в странах с развитым животноводством.

Серьезные проблемы — низкая производительность и тяжелые условия труда животноводов вследствие применения устаревших технологий и оборудования, большого физического и морального износа всей производственной базы молочного животноводства, а также острый дефицит квалифицированных кадров.

Повысить эффективность и конкурентоспособность отрасли невозможно без модернизации ферм на базе новейших технологий и технических средств. Но освоение современных технологий производства молока, кроме значительных финансовых затрат, требует глубокого знания особенностей этих технологий. С целью приобретения таких знаний руководители и специалисты многих хозяйств отправляются в дальние командировки, в том числе за границу. При всей полезности этих поездок нужно иметь в виду, что проект реконструкции имеющихся помещений или нового строительства нельзя сделать по впечатлениям кратковременной экскурсии. Практика показывает, что такая «экономия» оборачивается обычно многочисленными ошибками и переделками, на что уходит гораздо больше времени и средств, чем на разработку технологического проекта

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, водокольцевые, типа Рутс и другие. Наибольшее распространение на фермах получили ротационные лопастные вакуумные установки марки УВУ-60/45 и водокольцевые 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 крепятся 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 отключении

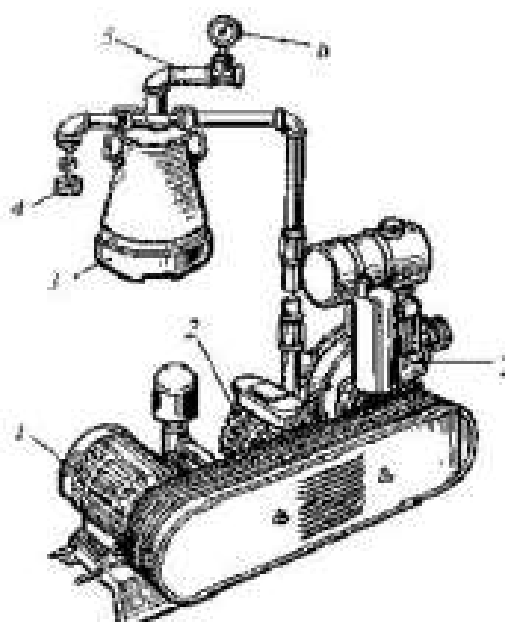


Рисунок 1.1 - Общий вид вакуумной установки УВУ 60/45

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.

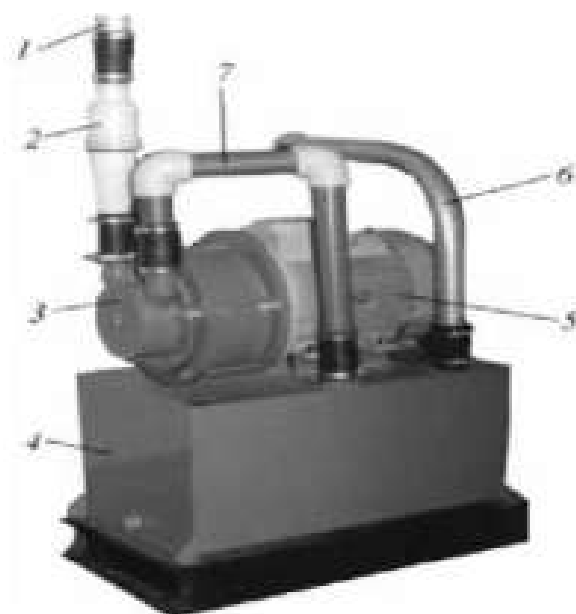
Для ориентации крышек относительно корпуса при сборке насоса установлены штифты 5. Направление вращения ротора указано стрелкой на

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

В средней части цилиндрического корпуса имеются выхлопные окна, которые соединяются с выхлопной трубой рамы. На конец выхлопной 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) лопасти 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 лопастями 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 - выхлопная 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 таблица 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	15±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 воздуходувки Рутса. Схема такого насоса представлена на рисунок 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.

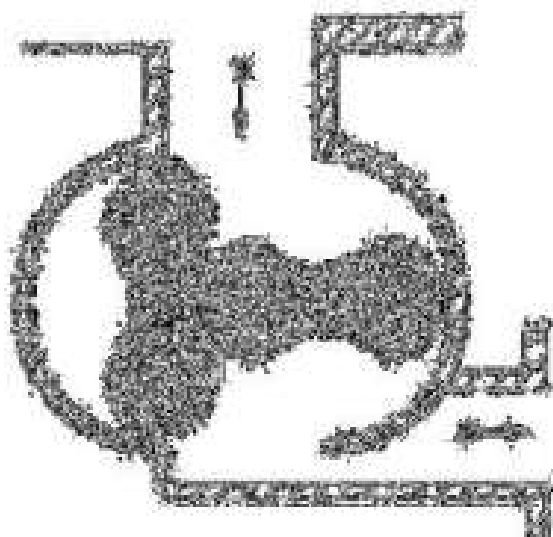


Рисунок 1.3 – Схема двухроторного насоса типа Рутса

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 быстрота 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 донльном оборудовании фирмы "SURGE" для отвода донльных аппаратов из-под коровы на выбор могут быть системы как полностью

автоматическими, с выдвижным отводящим рычагом при дойке в донльном зале, а также в виде подвижного узла при дойке в коровнике.

Для создания и поддержания стабильного вакуума в системе используется 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"

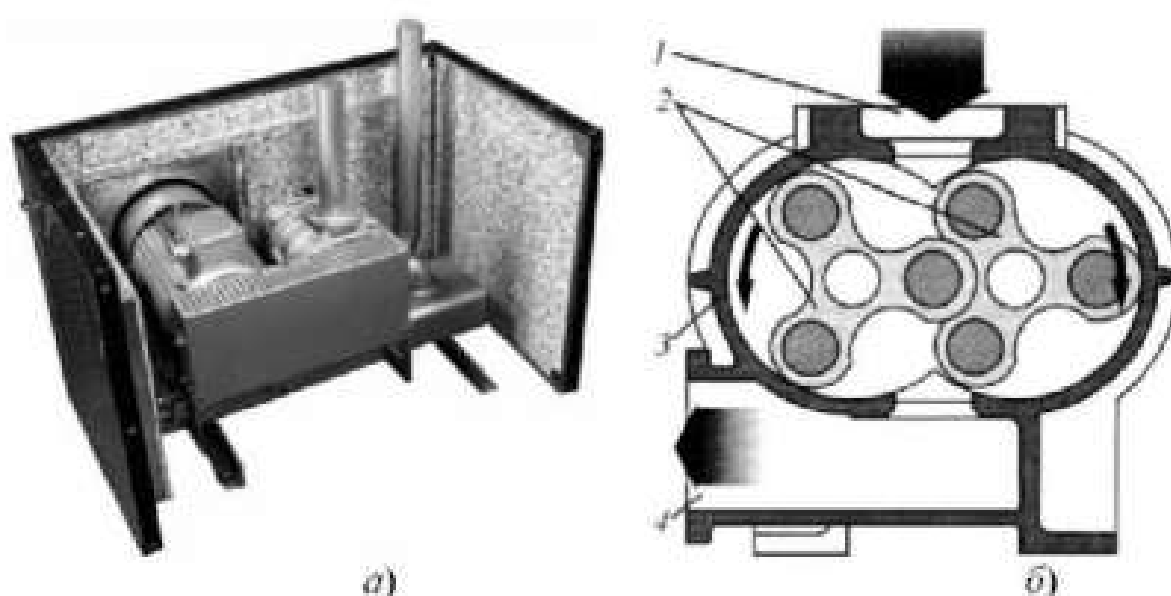
Для увеличения гигиенических условий сварные бесшовные молокопроводы изготовлены из нержавеющей стали. Система промывки "ELECTROBRAIN" осуществляет промывку молокопроводов с инжектированным воздухом под давлением, который гонит промывочную воду по молокопроводу, усиливая эффект промывки. Система промывки "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 донльных залов:

- "Елочка 30" (типоразмерный ряд от 2x2 до 2x 12 и более);
- "Елочка 50" (типоразмерный ряд от 2x2);

- "Тандематик" (типоразмерный ряд от 2х2 до 2х6, при конфигурации "Тригон" - 3х6);
- "Полигон" (типоразмерный ряд 4х6 и 4х8);
- "Параллель" (типоразмерный ряд от 2х2);
- "Карусель" (типоразмерный ряд от 18 до 60 дополнительных мест).

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



а) - внешний вид вакуумной установки, б) - устройство насоса, 1 - вход, 2 - ротор, 3 - корпус, 4 - мотор

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	1060x680x715			
Масса (без двигателя), кг	112	112	118	153

Вакуумные водокольцевые 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 таблица 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 водокольцевых 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 Pн. 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 водокольцевых насосов,

часто приводит к выходу из строя электроподводящей аппаратуры, применению подводящих электропроводов повышенного сечения.

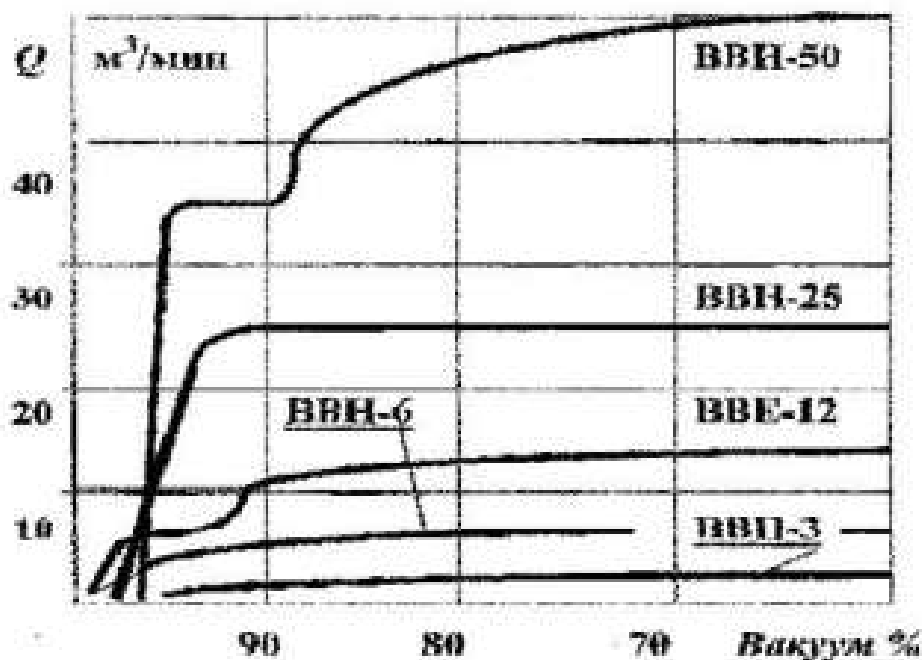


Рисунок 1.6 - Зависимость $Q = f(P_v)$ вакуумных водокольцевых насосов

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 водокольцевого, 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 7·10⁴ - 1·10⁴ Па. Однако для многих технологических процессов, например, для вакуумной промывки молокопроводов требуется более глубокий вакуум, и это ограничивает их применение.

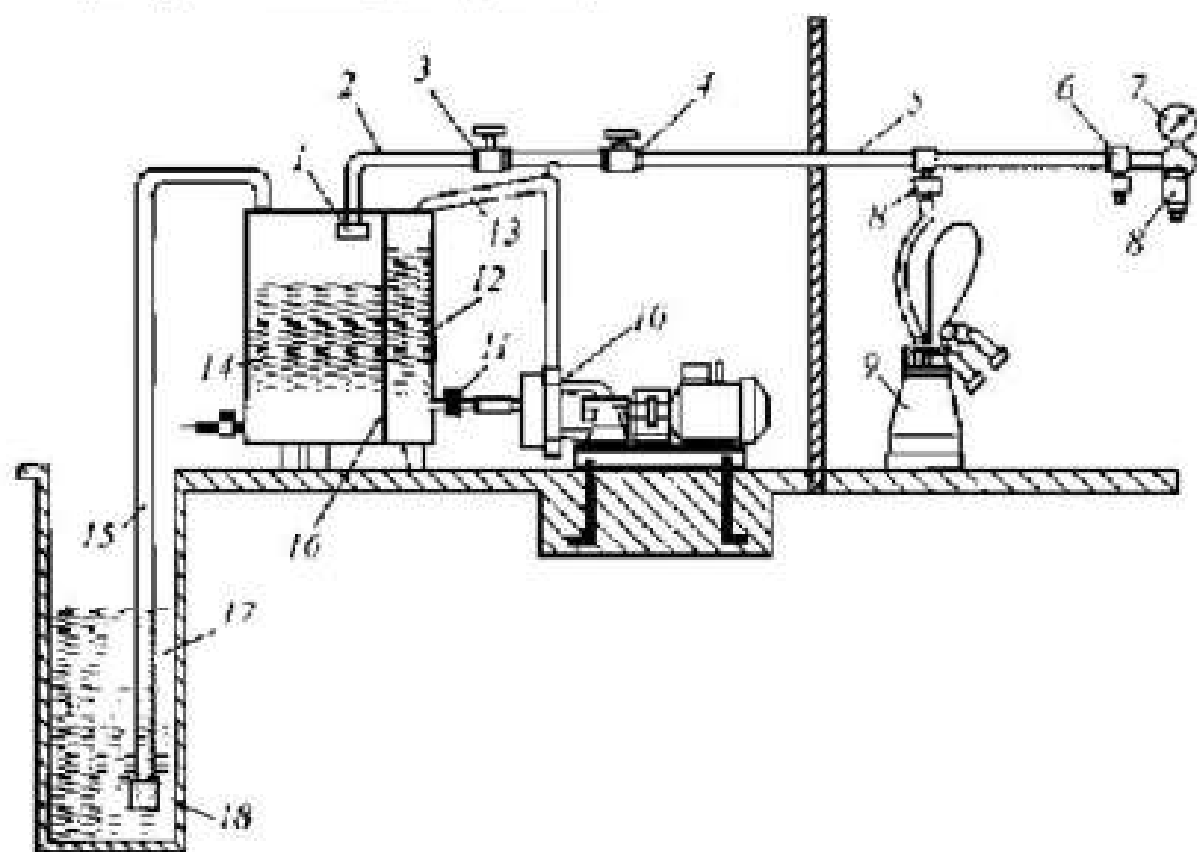
Для расширения диапазона работы объемных вакуумных насосов, принимаются меры по снижению достигаемых ими остаточных давлений, такие как последовательное соединение двух насосов, использование многоступенчатых насосов и т.п.

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 нагрева водой насоса; 13 - выхлопная труба насоса; 14 - бак для воды; 15 - труба от источника водоснабжения; 16 - промежуточная стенка; 17 - вода; 18 - фильтр. После наполнения бака 14 водой включают вакуумный насос и закрывают вентиль 11. Как при доении коров, так и наполнении 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. Механизация доения

Наиболее ответственным процессом на молочных фермах является машинное доение. Эффективность процесса доения во многом зависит как от применяемой технологии, так и качества технических средств [Админ Е.И., Карташов Л.П., Келлис Э.А., Кокорина Э.П., Королев В. Ф., Кормановский Л.П., Петухов Н.А., Сафиуллин Н.А., Цой Ю.А. и др.]. Однако существующие доильные установки еще имеют целый ряд существенных недостатков. Наиболее слабо проработана вакуумная система.

В лидирующих странах выпускают доильную установку для доения коров в стойлах коровников, в доильном помещении, составляющем вместе с молочной, машинным отделением, котельной и др. помещениями доильно-молочный блок, и на пастбище. Для доения коров в стойлах существуют доильные установки: с переносными доильными аппаратами; с аппаратами, передвигаемыми на тележке или по подвесной дороге; передвигаемые вместе с вакуум-насосом и электродвигателем, подключённым к электрической сети; с проложенным вдоль стойл коровника молокопроводом, по которому молоко отсасывается в молочную; с гибким молокопроводом, который наматывается на подвесной трос, натянутый вдоль коровника, или на барабан, смонтированный на раме вместе с доильной установкой

Доильную установку используют на фермах с поголовьем до 500—600 коров (иногда более) при привязном содержании животных. С помощью доильной установки с переносными или передвижными аппаратами одна доярка выдаивает 14—18 коров в час, а при доении в молокопровод — 20—30 коров в час.

Для доения коров в доильных станках применяют доильную установку: с параллельными доильными станками; «Тандем»; «Ёлочка»; конвейерные («Карусель» или «Ротолятор»). «Ёлочка» используется на фермах (с поголовьем 200 и более коров) и на пастбищах. Имеет 2 групповых станка на

6—8 коров каждый и 1 комплект доильных аппаратов. Пока в одном из станков группу коров доят, в другом животных подготавливают к доению. Все операции выполняет одна доярка. На крупных фермах индустриального типа доят по сдвинутому графику непрерывно 6—8 ч с производительностью до 50 коров в час. Для доения коров на пастбищах доильные станки делают сборно-разборными или монтируют на передвижной раме. Доильная установка с параллельными станками и «Тандем» оборудованы одинарными станками, в каждом из которых имеются доильные аппараты; коров впускают в станки и выпускают из них по одной. На конвейерных доильных установках процесс доения расчленён на операции, выполняемые последовательно 2—4 операторами. Животные во время доения стоят в станках, смонтированных на движущейся по кругу кольцевой платформе, а операторы — на неподвижном рабочем месте внутри или снаружи платформы. Производительность до 40—50 коров в час.

Молоко из доильных аппаратов поступает по молокопроводу на первичную обработку и переработку в молочную, работы в которой автоматизированы. Всё больше автоматизируются и процессы машинного доения коров. Внедряются устройства для автоматического отключения и снятия доильных стаканов, впуска коров в станки и выпуска их, учёта молока, выдачи и дозировки кормов и др. операций. После каждой дойки доильную и молочную аппаратуру и молокопроводную систему тщательно промывают и дезинфицируют с помощью автоматически действующего рециркуляционного устройства, а 1—2 раза в месяц разбирают и очищают от молочного камня и осадка дезинфицирующих растворов.

2.2 Типы и классификация доильных установок

В зависимости от способа содержания коров в зимний и летний периоды, а также от принятой системы организации машинного доения применяются доильные установки разных типов. На рисунке 2.1 представлена классификация основных типов доильных установок, встречающихся у нас в стране и за рубежом [1].

Вопросы организации машинного доения на доильных установках нашли наиболее глубокое теоретическое обоснование в работах многих исследователей.

В организации производственного процесса машинного доения наиболее характерными являются четыре следующих способа.

Доение круглый год на фермах в стойлах. Содержание коров привязное. Применяемые доильные установки: АД -100А и ДАС – 2Б с переносными аппаратами и сбором молока в ведра; АДМ-8 со сбором молока через молокопровод в обшоро емкость; специальные установки для конвейерного обслуживания коров [1].

Доение круглый год на комплексе, ферме, на площадках или в доильных помещениях в специальных станках. Содержание коров беспривязное. Применяются доильные установки типа «тандем», «елочка» или конвейерного типа [1].

Доения зимой на ферме, летом на пастбище. Система содержания стойлово – пастбищная. Применяемые доильные установки: на ферме – ДА-100А, ДАС-2Б, АДМ-8; на пастбище (в лагере) – УДС-3А – универсальная передвижная с параллельного – проходными станками или со станками типа «елочка» [1].

Доения зимой на ферме, летом – на пастбище. Система содержания стойлово – пастбищная. Применяемые установки: на пастбище – УДС -3А, на ферме АД-2100А, ДАС-2Б, АДМ-8 [1].

ГОСТ 11730-79 «Установки доильные» предполагает классификацию указанных установок по следующим признакам:

1. По условиям эксплуатации их можно разделять на стационарные и передвижные.

2. В зависимости от места размещения коров различают доение в стойлах коровльнях и в станках установки.

3. По положению станков при доении их делят на неподвижные и подвижные (конвейерные).

4. В зависимости от способа входа коров в станок и выхода из него различают индивидуальные и групповые доильные установки.

5. По взаиморасположению станков на установке последние образуют «тандем», «елочка» или работают как параллельно – проходные.

6. В зависимости от места поступления молока из доильного аппарата установки делят на работающие в молочный трубопровод или в доильный бидон.

В настоящее время промышленность производит доильные установки четырех типов: 1) для доения в стойлах со сбором молока в доильные бидоны – УДБ, АД-100А с универсальными АДУ-1 или трехтактными аппаратами «Волга» и ДАС-2Б с универсальными АДУ-1 или двухтактными аппаратами ДА-2М; 2) для доения в стойлах со сбором молока через молочный трубопровод в общую емкость – УДМ, АДМ-8 и ее модернизированный вариант АДМ-8-04; 3) для доения на пастбищах и площадках со сбором молока через молочный трубопровод в общую емкость передвижной установки – УДМ; 4) для доения в станках стационарной доильной установки «тандем» (УДМ), «елочка» (УДЕ) или с автоматизацией заключительных операций доения УДА, УДД.

В животноводство организация выполнения технологических процессов и выбор соответствующего оборудования в зависимости от принятого способа содержания животных производится по двум принципиально различным схемам. Одна из них характерна для стационарного размещения животных (привязное или клеточное содержание), при котором все предметы труда (корм, вода, подстилка и др.) подаются к местам нахождения животных, а получаемый

продукт отводился в места сбора, накопления, хранения и переработки. По другой схеме животные при беспривязном или свобода но выгульном содержании сами перемещаются к стационарно – расположенным местам их обслуживания (донльные площадки, залы, кормовые столы и т.д.). Технологическое оборудование при этом установлена на постоянном месте. С учетом этого донльные установки, как отмечалось ранее, делят на переносные для доения в стойлах, в которых находятся животные и стационарные для доения на площадках, куда животных пригоняют молоко на время дойки.

В зависимости от принятой технологии машинного доения по разному организуются и производственные потоки в технологических линиях. Так, применительно к машинному доению при реализации первой схемы, образуется два материальных потока одного направления: кормовой (и питьевой) – от кормовых складов к животноводческому помещению, а продукт производства (молоко) – от животноводческого помещения на первичную обработку, хранение.

При воплощении второй схемы действуют уже четыре потока, две из которых являются встречными. В направлении животноводческого помещения идут потоки животных и кормов (воды), а после дойки от него движутся потоки выдоенных коров и продуктов производства. Из этого следует, что рассмотренная ранее динамическая биотехническая система производства продуктов животноводства О-М-Ж-С применительно к доению на площадках, с одной стороны, становится более сложной, так как требуется более глубокий учет взаимодействия между звеньями системы (особенно между животными и оператором), но, с другой стороны, ее анализ открывает возможности для значительного сокращения затрат времени на вспомогательные операции и более глубокой дифференциации труда дояров.

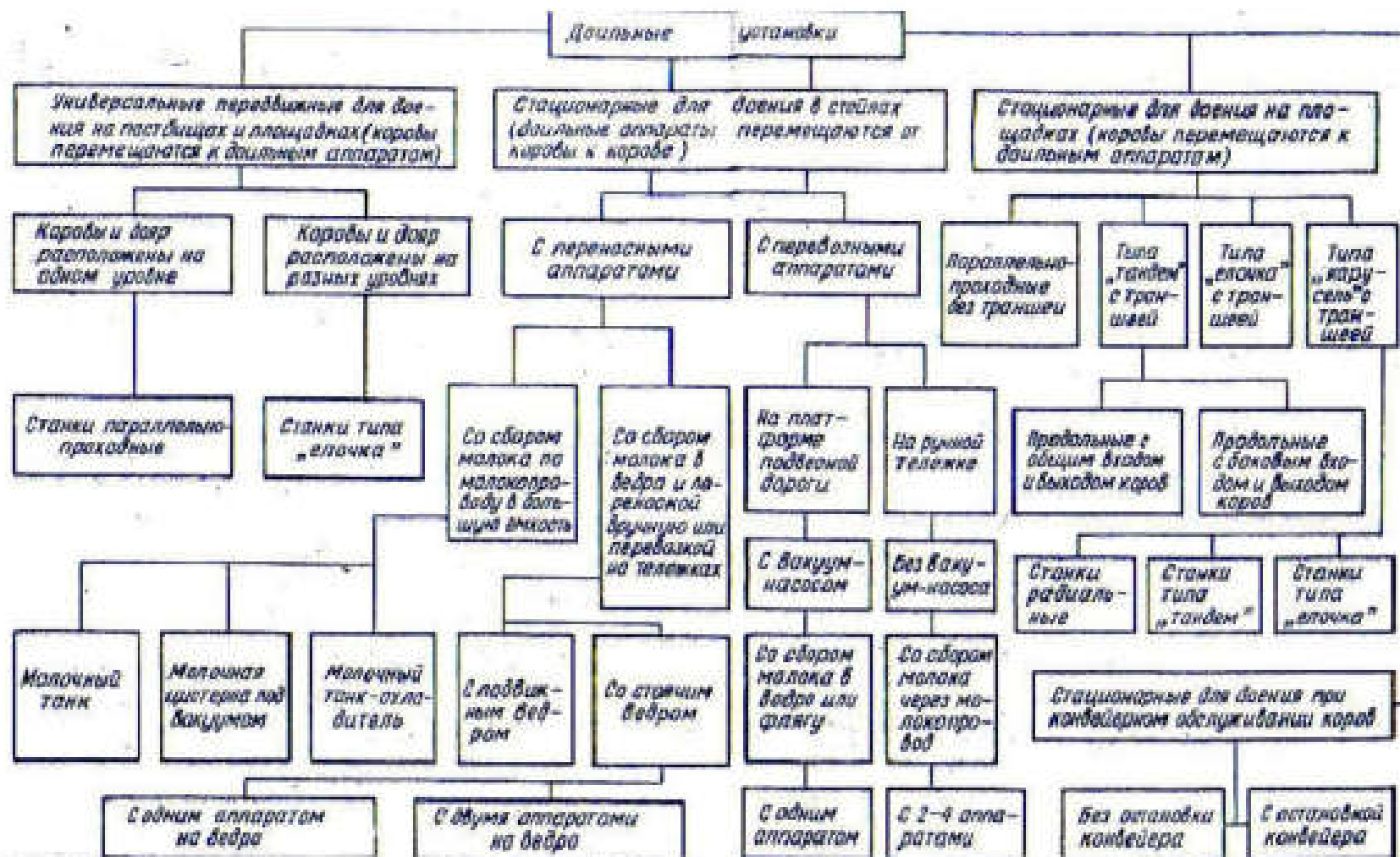
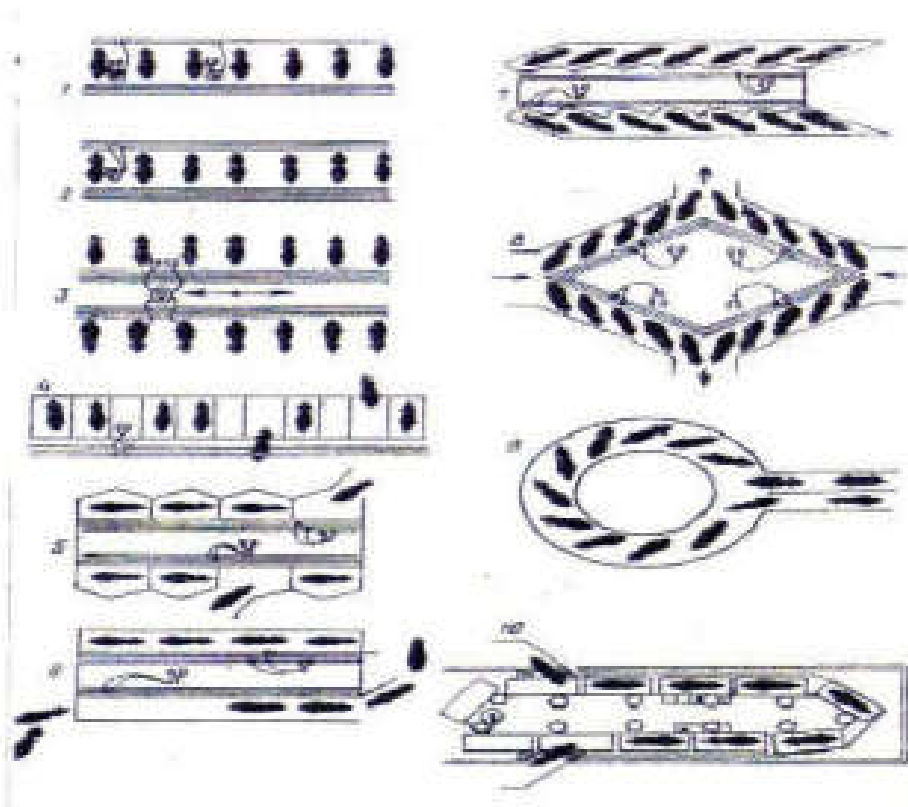


Рисунок 2.1 – Классификация доильных установок.

Конструктивно – технологические схемы применяемых в настоящее время доильных установок в разных странах, включая зарубежные, представлены на рисунке 2.2. Бросающееся в глаза их многообразие указывает на непрекращающийся поиск такого достижения наивысшей эффективности функционирования такой сложной динамической системы, каковой является доильная установка с ее главным производственным звеном – животным. Ранее при изучении условий функционирования системы О-М-Ж-С было показано, что эффективное функционирование биотехнических систем в общем случае предполагает достижение максимальной эффективности работы всех звеньев системы: оператора, машинной технологии в целом и отдельных технических средств. Особо важно наиболее полное использование генетического потенциала животных. Все технико - экономические и качественные показатели технологии машинного доения коров в значительной мере зависят от правильного выбора технологической схемы доильной установки.

Рассматривая вопросы организации технологических процессов на фермах, нельзя упускать из вида необходимость глубокого изучения технологического оборудования, применяемого для формирования потомных линий. Это приобретает особое значение при реализации новой системы машин, в соответствии с которой промышленность переходим от выпуска отдельных видов сельскохозяйственной техники к производству комплектов машин и оборудования. В частности комплектное доильное молочное оборудование, применяемого для формирования потомных линий. Это приобретает особое значение при реализации новой системы машин, в соответствии с которой промышленность переходим от выпуска отдельных видов сельскохозяйственной техники к производству комплектов машин и оборудования. В частности комплектное доильное молочное оборудование



1 -с универсальными ведрами, 2-со стойловым молокопроводом, 3-передвижная, 4-с параллельно – проходными стойками, 5-«тандем» с индивидуальным впуском, 6-«тандем» с проходными станками групповым впуском, 7-«елочка» с проходными групповыми станками, 8-«помптон» с проходными групповыми станками, 9-конвейерная кольцевая типа «карусель», 10-конвейерная продольная- «юнилактор».

Рисунок 2.2. Технологические схемы доильных установок

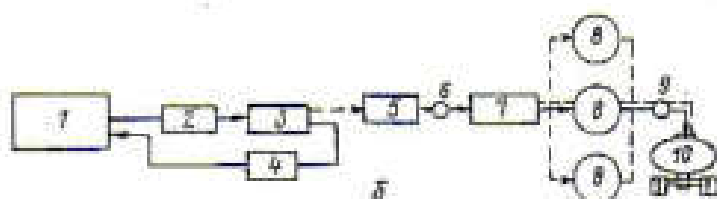
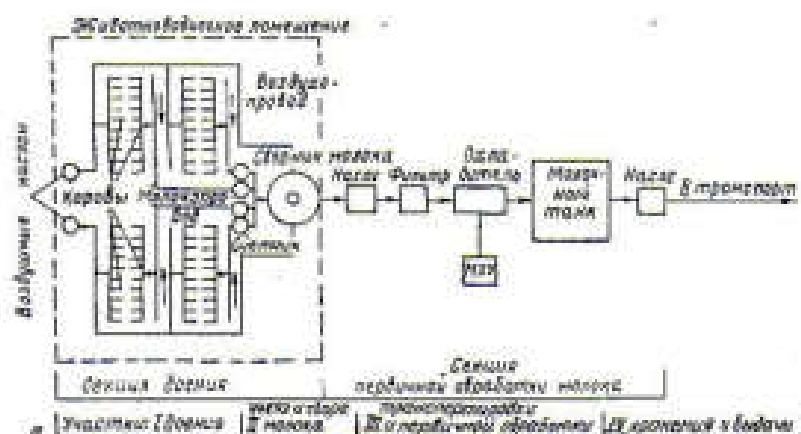
предназначенное для выполнения сразу двух технологических процессов: машинное доение коров и первичной обработки молока. Оборудование, входящее в комплект, функциональное объединяется в одну поточную линию, которая в общем виде включает источник молока (корову), доильную установку, обеспечивающее выведение молока из вымени коров, сбор его в емкость, транспортировку и кратковременное хранение и набор машин для первичной обработки молока.

На рисунке 2.3 а изображена структурная схема биотехнологической поточной линии доения коров в коровнике. Последний рассчитан на 200 голов и оборудован доильной установкой АДМ-8 с молокопроводом и линией первичной обработки молока [1].

При привязном содержании для удобства, их обслуживания объединяются в группы по 50 голов, каждая из которых имеет свою секцию молокопровода. Разовый надой проходит через соответствующий групповой счетчик, после чего молоко поступает в общий сборник и далее направляется на первичную обработку. Таким образом, рассматриваемая биотехнологическая поточная линия состоит из двух последовательно расположенных секций: секции доения с участками доения, учета и сбора молока и секции первичной обработки молока, включающий участок транспортировки, очистки, охлаждения и участок хранения и выдачи молока. Между секциями располагается промежуточная емкость-молокосборник, вместимость которой определяется расчетным методом исходя из величины потока молока. Специфической особенностью рассматриваемой поточной линии доения коров является наличие на ее входе своеобразного резервуара молока-емкости, практически неограниченной вместимости. В качестве последней можно условно рассматривать коровник с ее поголовьем дойного стада коров. Из нее доильные аппараты с помощью воздушных насосов откачивают массу молока, равному разовому удою данного поголовья.

В конце поточной линии расположены запасные емкости для временного хранения охлажденного молока в ожидании внешнего транспорта.

На рисунке 2.3, б показано типичная поточная линия, предусматривающая организацию машинного доения по схеме, согласно которой животные приходят на претдойльный накопитель 2, поступают на доильную установку 3, и уходят с площади после доения через последойльный накопитель 4 (выгульную площадку). Перемещение потока животных в этих условиях ограничивается от коровника до доильной площадки и обратно.



1-коровник; 2-продольный накопитель; 3-доильная установка; 4-последовательный накопитель; 5-молокоотборник; 6,9-молочный насос; 7-поточное оборудование для очистки и охлаждения молока; 8-резервуары для хранения молока; 10-автомолочевоз.

Рисунок 2.3- Структурные схемы биотехнологической поточной линии доения коров и первичной обработки молока (а) и поточной молочной линии с доением в доильном зале (б).

Поточная молочная линия доения в доильном зале (или на площадке) по аналогии с рассмотренной выше при доения в стойлах состоит из таких же двух секций. Однако доение и первичной обработки молока отклоняется тем, что молокоотборник на площадке включается в состав оборудования первичной обработки молока. Состав технологический операций в ней зависит главным образом от того, предназначено ли получаемое молоко быть сырьем для промышленности или конечным продуктом. В последнем случае должны быть предусмотрены такие операции, как пастеризация и упаковка в тару.

Следует заметить, что конкретный выбор и номенклатура оборудования в молочных линиях практически не зависят от типа доильной установки.

2.3. Технологический расчет доильных аппаратов

Высокой продуктивности коров можно достигнуть только в случае, если доильная машина будет стимулировать естественный процесс молокоотдачи. Основная трудность при этом является в правильном функционировании всех элементов биотехнической системы "человек-машина-животное", в которой два последних элемента противоположны по своей природе. Поэтому работа доильного аппарата должна проходить в строгом соответствии с физиологией животного.

Расчет доильных аппаратов предполагает определение длительности тактов, а также обоснование выбора конструктивных параметров пульсатора и коллектора.

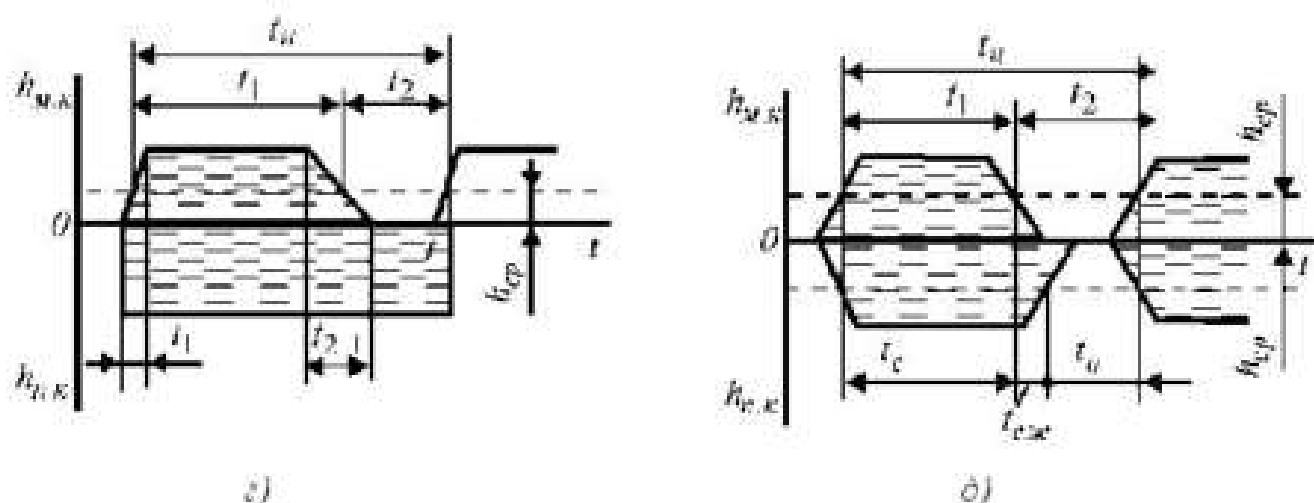
Рабочий цикл доильного аппарата графически изображается в виде индикаторных диаграмм, показывающих в каждый момент давление воздуха в межстенной и подсосковой камерах доильного стакана.

На рисунке 2.4 представлены диаграммы идеальных процессов работы двухтактного (рис. 2.4, а, б, г) и трехтактного (рис. 2.4, в, д) аппаратов.

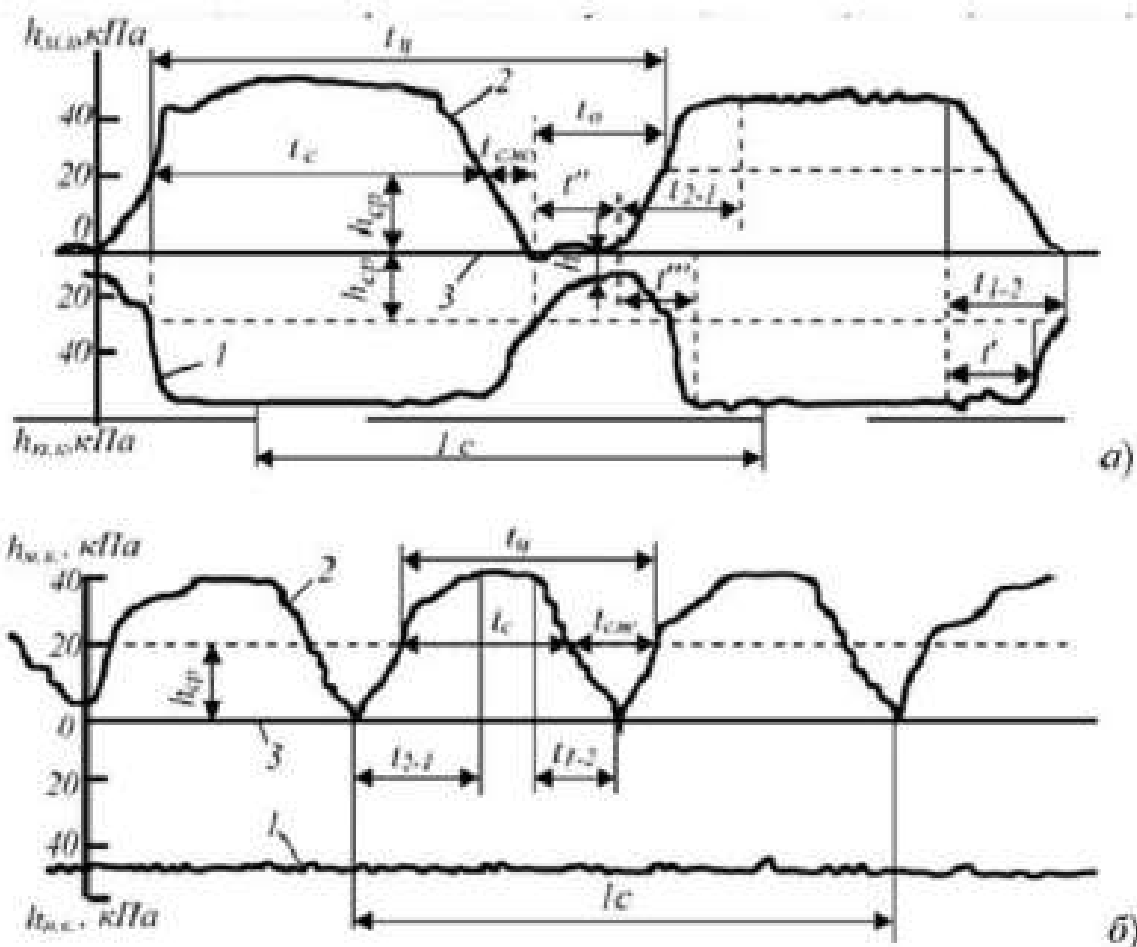
По оси ординат отложено разрежение H , P_a ("нуль" разрежения соответствует атмосферному давлению), а по оси абсцисс - время t , с. Разрежение в межстенной камере $H_{мк}$ откладывают от нулевой линии по оси ординат вверх, а в подсосковой камере $H_{пк}$ - вниз.

Рабочий цикл t_q состоит из тактов сосания $t_1 = t_c$ и разгрузки t_2 , т. е. $t_q = t_1 + t_2$. В двухтактных доильных аппаратах такт разгрузки равен такту сжатия $t_2 = t_{сж}$; в трехтактных $t_2 = t_{сж} + t_o$, при этом частота пульсации определяется как $V = 1/t_q \text{ с}^{-1}$.

Работа доильного аппарата всегда связана с наличием переходных процессов, характеризующих время перехода от одного такта к другому, например от такта сосания к такту разгрузки, $t_{1,2}$, и от такта разгрузки к такту сосания, $t_{2,1}$, которые на рисунке 2.4 в, д показаны наклонными линиями.



Для аппарата "Волга" (рис. 2.5, а) длительность тактов, определяемая по соответствующему среднему значению давления на индикаторной диаграмме, будет включать $t_c = 0,531$ с, $t_{сж} = 0,116$ с и $t_o = 0,315$ с. Следовательно, относительная длительность такта сосания составит $\delta_c = t_c / (t_{сж} + t_o) = 1,23$. Максимальное разрежение в камерах $h = 50,5$ кПа наблюдается при частоте пульсаций $V = 1,03$ с⁻¹ (62 мин⁻¹).



a - трехтактного "Волга"; *б* - двухтактного АДУ-1; 1 - давление в подсосковых камерах; 2 - давление в межстенных камерах; 3 - атмосферное давление

Рисунок 2.5 – Действительные индикаторные диаграммы рабочего процесса доильных аппаратов:

Для двухтактного аппарата АДУ-1 (рис. 2.5, б) длительности тактов составляет $t_c = 0,404$ с, $t_{сж} = 0,167$ с, длительность цикла $t_{ц} = 0,571$ с при частоте пульсаций $\nu = 1,75$ с⁻¹. Относительная длительность такта сосания будет равна $\delta_c = t_c / t_{сж} = 2,41$. Особенностью рассматриваемой диаграммы является то, что линия 1 представляет прямую, так как в подсосковой камере сохраняется постоянный вакуум. Диаграмма и рабочий процесс доильного аппарата АДУ-1 проще, чем у аппарата "Волга", так как на ней отсутствуют переходы t , t'' и t''' .

При установившемся режиме работы доильного аппарата длительность тактов определяется по интервалам времени, через которые происходит

переключение клапана пульсатора. Расчет основан на учете закономерностей перетекания воздуха из управляющей камеры 4П пульсатора в рабочую камеру 2П или из рабочей камеры в управляющую. Воздух через регулируемый канал малого сечения перетекает под действием перепада давлений, имеющих в этих камерах. При установившемся режиме откачивание воздуха из геометрической емкости постоянного объема (камера 4П) в камеру неограниченного объема (камера 2П) происходит за время t_1 , соответствующее в основном такту сосания.

При этом в камере 4П разрежение возрастает от h_2 до h_1 , в то время как в системе вакуумпровода поддерживается постоянный вакуум. Впуск воздуха из камеры 2П неограниченного объема в геометрическую емкость камеры 4П, в которой разрежение уменьшается от h_1 до h_2 , происходит за время t_2 , соответствующее такту разгрузки. При пуске аппарата в управляющей камере 4П разрежение равно атмосферному (т.е. $h = 0$). Небольшое разрежение (4...13 кПа) в этой камере будет наблюдаться к концу такта сжатия, которое на индикаторных диаграммах донльных аппаратов, приведенных на рис. 2.8, отражения не получило.

Процессы откачивания и впуска описываются уравнениями Пуазейля, имеющих следующий вид.

При такте сосания время откачивания составляет

$$t_1 = \frac{V}{(76 - h)k_p} \ln \left(\psi_1 \frac{h - h_2}{h - h_1} \right), \quad (2.1)$$

При такте разгрузки время впуска составляет

$$t_2 = \frac{V}{76k_p} \ln \psi_2 \frac{h_1}{h_2}, \quad (2.2)$$

где V - объем камеры 4П пульсатора, см³; k_p - коэффициент Пуазейля,

учитывающий размеры канала и вязкость воздуха, $k_p = \pi d_0^4 / 128 l_0 \eta$; d_0 и l_0

-соответственно диаметр и длина канала, соединяющего камеры 2П и

4Π пульсатора, см; η_s - динамическая вязкость воздуха,

$\eta_s = 18,1 \cdot 10^{-5}$, Па·с; ψ_1 и ψ_2 - переменные коэффициенты.

Переменные коэффициенты ψ_1 и ψ_2 - учитывают время на переключение клапанов и уровень вакуума в камерах пульсатора, которые находят из выражений

$$\psi_1 = \frac{152}{152 - (h - h_1)}; \psi_2 = \frac{152}{152 - h_1} \quad (2.3)$$

Разделим выражение (1) на (2) и получим соотношение длительности такта к времени разгрузки

$$\delta_c = \frac{t_1}{t_2} = \frac{76}{(76 - h)} \frac{\ln \psi_1 \frac{h - h_2}{h - h_1}}{\ln \psi_2 \frac{h_1}{h_2}} \quad (2.4)$$

Для расчета длительности тактов по формулам (2.3) и (2.4) необходимо определить крайние пределы вакуума h_1 и h_2 в управляющей камере, которые зависят от параметров биологической (сопротивление извлечению молока) и технической (уровень разрежения) подсистем.

2.4. Расчет пульсатора доильного аппарата

Составим и решим для двух случаев уравнения равновесия сил, действующих на клапаны и мембрану: 1) в момент перехода от такта сосания к такту сжатия, при этом клапан поднимается из нижнего положения в верхнее; 2) в момент перехода от такта сжатия к такту сосания, когда клапан опускается из верхнего положения в нижнее, соединяя камеру 2Π с областью постоянного вакуума.

В первом случае вниз направлены сила тяжести подвижных частей G (рисунок 2.6) и, вызванная давлением воздуха на верхний клапан площадью F_m , сила

$$P_{в.к} = (h - h_1) F_{в.к}.$$

Вверх будут направлены сила R_m Н, упругости мембраны, защемленной по ее периметру, и обусловленная давлением атмосферного воздуха из камеры 3П на кольцо мембраны площадью F_k , сила P_k Н

$$P_k = h_1 u F_k.$$

где u - коэффициент активности мембраны, позволяющий учесть часть нагрузки, которая от мембраны передается на стержень клапана, определяемая по формуле Б.Н. Бежанова

$$u = \left[1/3 + d_k/d_m + (d_k/d_m)^2 \right] / \left[1 + 2d_k/d_m + (d_k/d_m)^2 \right];$$

d_m - наружный диаметр мембраны, м; d_k - внутренний диаметр кольцевой камеры, м.

Тогда уравнение равновесия сил в момент перехода клапана из нижнего положения в верхнее имеет вид

$$P_{в.к} + G = P_k + R_m \text{ или } (h - h_1) F_{в.к} + G - R_m = h_1 u F_k.$$

Отсюда

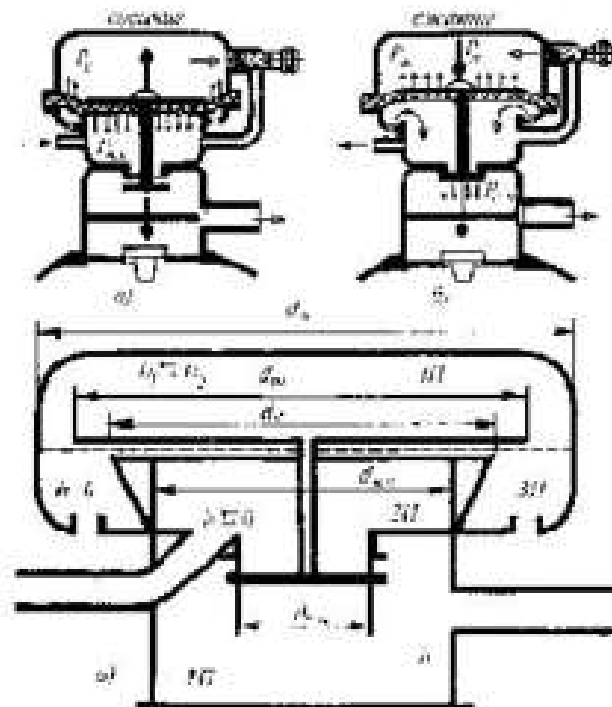
$$h_1 = (h F_{в.к} + G - R_m) / (F_{в.к} + u F_k).$$

По результатам экспериментов установлено, что упругая сила R_m мембраны находится в пределах 1.. 3 Н. Во втором случае вниз направлены сила тяжести подвижных частей G (рисунок 2.6), R_m - упругая сила мембраны и, обусловленная давлением воздуха на нижний клапан площадью $F_{нк}$, сила $P_{нк} = h F_{нк}$

Вверх направлены обусловленная давлением на кольцо мембраны площадью F_k , сила $P_k = h_1 u F_k$ и, вызванная давлением на шайбу площадью $F_{ш}$, сила $P_{ш} = h_2 F_{ш}$.

В момент перехода клапана из верхнего положения в нижнее уравнение сил примет вид

$$P_{н.к} + G + R_m = P_{ш} + P_k.$$



а - схема сил в такте сжатия, б - схема сил в такте сжатия, в - расчетная схема

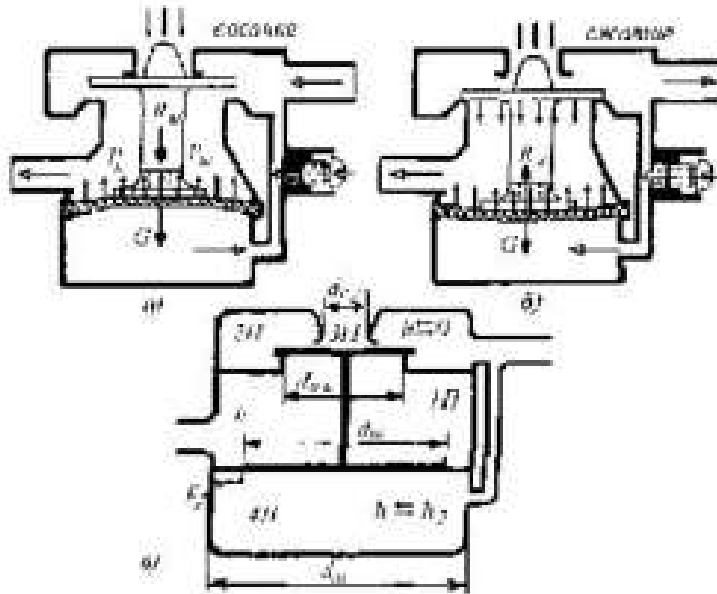
Рисунок 2.6 - Действие сил в пульсаторе донльного аппарата "Волга":

После подстановки $P_{ш}$ и P_k и соответствующих преобразований получим

$$h_2 = (hF_{н.к} + G + R_m) / (F_{ш} + hF_k).$$

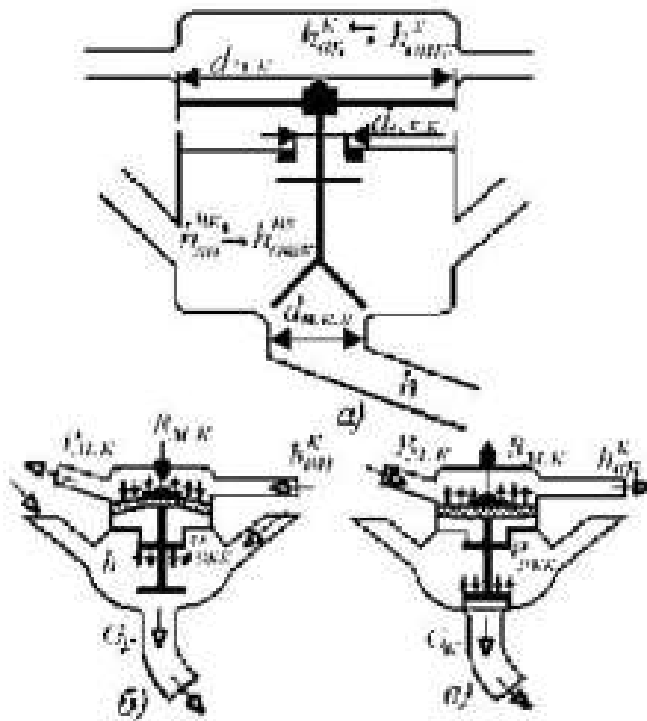
Приведенные формулы справедливы для любого мембранного пульсатора, имеющего управляющую камеру $4П$ постоянного объема, и необходимы для расчета соотношения длительности тактов. При этом предельные значения давлений h_1 и h_2 необходимо определять с учетом размеров пульсатора и особенностей его конструктивной схемы. Для двухтактного аппарата "Майга" (рисунок 2.7) они имеют следующий вид

$$\begin{aligned} h_1 &= \frac{1}{F_{\text{in}} + uF_{\text{e}}} \left[h(F_{\text{in}} + uF_{\text{e}} - F_{\text{e,e}}) - G - R_{\text{M}} \right] \\ h_2 &= \frac{1}{F_{\text{in}} + uF_{\text{e}}} \left[h(F_{\text{in}} + uF_{\text{e}} - F_{\text{e,e}}) - G + R_{\text{M}} \right] \end{aligned}$$



d - cewa duka shine ko goma, $\bar{d}$ - cewa duka shine ciirari, a - paɗayinsu cewa

Рисунок 2.7- Действие сил в пульсаторе доильного аппарата "Майга".



а - расчетная схема, б - схема сил в такте сжатия, в - схема сил в такте отдыха

Рисунок 2.8 - Схема коллектора донного аппарата "Волга".

Отличительной особенностью трехтактного аппарата является наличие такта отдыха, длительность которого определяется мембранно-клапанным механизмом коллектора, управляемым пульсатором. Для его работы характерны два момента: 1) момент перехода от такта сосания к такту разгрузки (рис. 2.8, б), когда клапаны при разрежении переходят из верхнего положения в нижнее; 2) момент перехода от такта разгрузки к такту сосания, когда при разрежении клапаны перемещаются из нижнего положения в верхнее (рис. 2.8, в).

Методика расчета клапанного механизма коллектора аналогична расчету клапанов пульсатора.

2.5. Расчет расхода воздуха вакуумным насосом

Машинное доение облегчает работу людей и повышает производительность труда. В доильной машине имеются исполнительный механизм, трансмиссия и двигатель. Главные ее части - вакуумный насос, вакуум-провод и доильный аппарат. Вакуумный насос служит для откачивания воздуха и создания вакуумметрического давления в доильном аппарате. Связующим звеном между вакуумным насосом и доильными аппаратами является вакуум-провод, по которому вакуумметрическое давление от вакуумного насоса распространяется в доильные аппараты.

Главной исполнительной частью доильной машины является доильный аппарат, который непосредственно контактирует с животным, отсасывая молоко из вымени коровы.

Доильные машины, выпускаемые промышленностью, в основном удовлетворяют зоотехническим требованиям. При выполнении оператором машинного доения технологической дисциплины они обеспечивают полное выдаивание и совершенно безопасны для коровы.

В состав доильной машины (рисунки 2.9) входит: вакуумная установка, включающая вакуумный насос 1 с электродвигателем, глушителем и

предохранителем 2; вакуум-баллон 8; вакуум-провод с вакуумметром 3 и вакуум-регулятором 7; доильные аппараты 5, подключаемые к вакуумной линии через вакуумные краны 4.

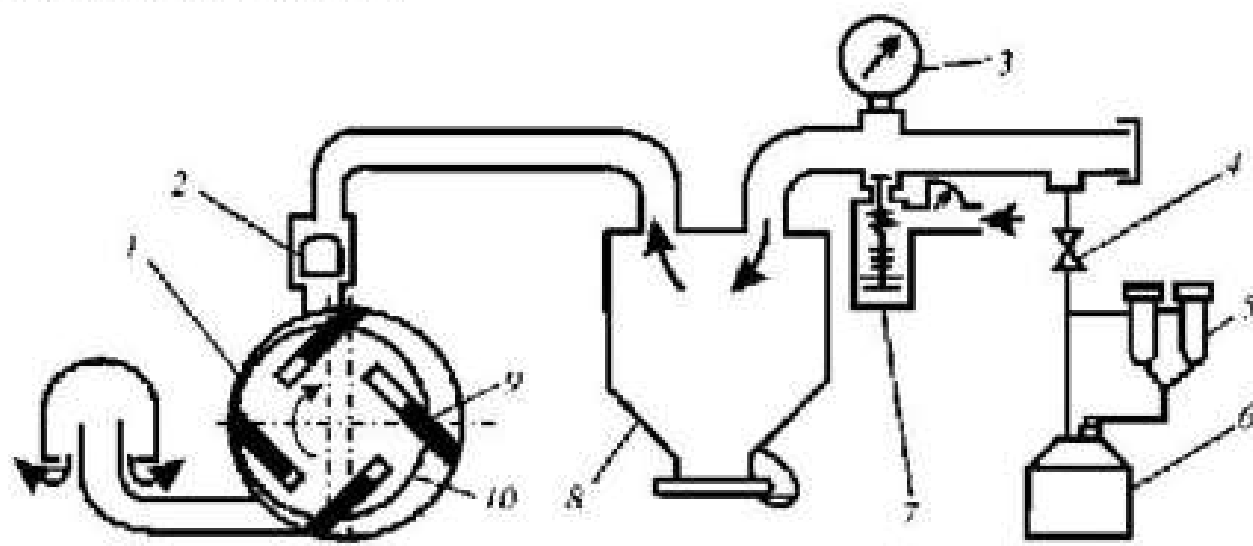


Рисунок 2.9 - Схема доильной машины

Технологический процесс работы доильной машины происходит следующим образом. Создаваемое вакуум-насосом разрежение распространяется через вакуум-баллон по вакуум-проводу через открытые вакуумные краны в доильные аппараты, обеспечивающие процесс доения и сбора молока в доильном ведре 6. При работе доильных установок с молокопроводом молоко из доильного аппарата отсасывается в молокопровод, по которому воздушным потоком транспортируется в молокоприемник.

Одним из основных конструктивных звеньев доильной машины является вакуумная линия. Величина рабочего вакуума в подсосковой камере доильного стакана существенно влияет на молокоотдачу коров и на процесс машинного доения. Уменьшение этой величины приводит к изменению технических показателей доильных аппаратов, к нарушению стереотипа доения и торможения рефлекса молокоотдачи, а следовательно, к снижению продуктивности коров.

При увеличении рабочего вакуума животные испытывают неприятные ощущения. Кроме того, доильные стаканы под действием высокого вакуума

наползают на соски, перекрывают молочные каналы, что приводит к заболеванию вымени.

Потребная подача вакуумного насоса включает в себя расход воздуха донльными аппаратами и системой вакуумпровода, зависящих от глубины вакуума, частоты пульсаций, типа донльного аппарата и вместимости камер и трубок, в которых действует переменное разрежение.

Примем процесс расширения воздуха при откачивании его из камер донльных стаканов изотермическим, а суммарную вместимость этих камер для одного аппарата равной V_a (м^3). Объем воздуха, V_h , м^3 после расширения по закону Бойля-Мариотта составит

$$V_h = p_0 V_a / p_h$$

где p_0 - барометрическое (атмосферное) давление, кПа; V_a - начальный объем воздуха в камерах при атмосферном давлении, м^3 ; p_h - атмосферное давление в камерах при вакууме h , т.е. после откачивания воздуха, кПа.

Абсолютное давление после откачивания равно

$$p_h = p_0 - h \quad (2.5)$$

а соответствующий объем воздуха определяем из соотношения

$$V_h = p_0 V_a / (p_0 - h) \quad (2.6)$$

Объем воздуха $V_{ц}$, подлежащий откачиванию за один цикл работы аппарата, получается из равенства

$$V_{ц.прив} = V_{ц} h / p_0 \quad (2.7)$$

Подставим в выражение (7) равенства (5) и (6) и найдем объем воздуха, приведенный к атмосферному давлению, откачиваемый за один пульс

$$V_{ц.прив} = V_a h / p_0 \quad (2.8)$$

Из формулы (8) следует, что при вакууме, равном 52 кПа, необходимо откачать около половины всего воздуха, находящегося в камерах стаканов и в шлангах переменного вакуума доньного аппарата.

Объем аппарата "Волга" составляет 0,7 дм³, тогда при вакууме 52 кПа расход воздуха за один цикл составит 0,35 дм³. При частоте пульсаций 1 Гц и работе 10 аппаратов расход составит 0,0035 м³/с. По результатам экспериментальных данных действительный расход воздуха превосходит теоретический на 35 % и составит 0,0047 м³/с.

Приближенно потребный расход воздуха, Q, м³/с, вакуумной системой можно определить по формуле, рекомендованной ВИЭСХом,

$$Q = 1,35 \nu V_a (1 + A),$$

где 1,35 - коэффициент, учитывающий несовершенство конструкций пульсатора и коллектора, выражающееся в протечке воздуха, при переключении клапанов; ν - частота пульсаций, Гц; V_a - начальный объем воздуха при атмосферном давлении, заключенный в камерах и трубках одного доньного аппарата, м³; A - коэффициент, учитывающий протечки воздуха из вакуумной системы вследствие ее недостаточной герметичности. Коэффициент A находится по формуле:

$$A = (100 + \sum \alpha) / 100,$$

где $\sum \alpha$ - суммарные потери, которые составляют по экспериментальным данным: $\alpha_1 = 10$ % - утечки воздуха через зазоры в соединениях труб и в кранах; $\alpha_2 = 5$ % - подсосы воздуха через зазоры между сосками вымени и сосковой резиной стаканов; $\alpha_3 = 20$ % - подсосы воздуха через доньные стаканы при надевании их на соски; $\alpha_4 = 25$ % - подсосы воздуха при случайном спадании шлангов с воздушных кранов вакуум-провода и обусловленном им спадании стаканов; $\alpha_5 = 20$ % - потеря подачи из-за перегрева насоса при длительной работе.

3. КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Выбор, обоснование и описание новой конструкции водокольцевого вакуумного насоса

В результате анализа существующих конструкций насосов был выбран водокольцевой вакуумный насос, представленный на рисунке 3.1.

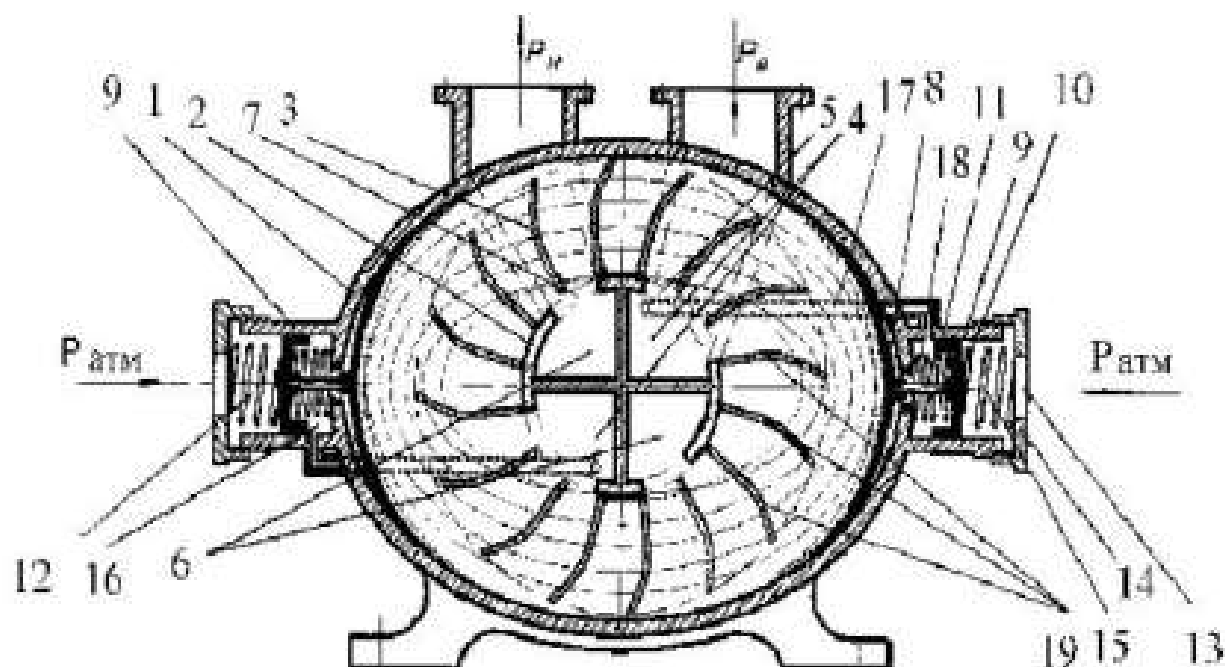


Рисунок 3.1 - Водокольцевой вакуумный насос

Водокольцевой вакуумный насос состоит из жесткого эллиптического корпуса 1, в котором на неподвижной ступице 2 расположено рабочее колесо 3, а внутри ступицы - всасывающие полости 4 с окнами 5 и нагнетательные полости 6 с окнами 7. Внутри корпуса 1 перпендикулярно оси эллипса симметрично установлены упругие пластины 8. На наружной поверхности корпуса 1 с обоих концов большой оси эллипса установлены цилиндры 9 с

					ВКР.35.03.06.406.20.ВНЕ.00.00.ПЗ			
					Водокольцевой вакуумный насос			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Тазиев Ф. М.			Лит		Масса	Масштаб
Провер.		Нафиков И. Р.					-	-
Т. Контр.					Лист 1		Листов 18	
Реценз					Казанский ГАУ каф. МДА			
Н. Контр.		Нафиков И. Р.						
Утверд.		Халиуллин Д. Т.						

поршнями 10, которые соединены штоками 11 с упругими пластинами 8. Поршни 10 со стороны их наружной поверхности образуют полости 12, соединенные с атмосферой отверстием 13 гайки 14, и нагружены пружинами 15, а со стороны внутренней поверхности - полости 16, соединенные каналами 17 с полостями всасывания ступицы 4, и нагружены пружинами 18. Рабочее колесо 3 состоит из лопаток 19.

Насос работает следующим образом. Перед пуском рабочую жидкость (воду) заливают до оси ступицы, которая при вращении рабочего колеса 3 отбрасывается лопатками 19 к стенке корпуса 1, образуя водяное кольцо эллиптической формы. В направлении вращения рабочего колеса от малой до большой полуоси эллипса объем межлопаточного пространства увеличивается и в него через окна 5 всасывающих полостей 4 поступает откачиваемый газ, а от большой до малой полуоси эллипса объем межлопаточного пространства уменьшается, газ в нем сжимается и, доходя до окон 7, выталкивается в нагнетательные полости 6.

За один оборот рабочего колеса происходит два цикла всасывания.

При работе с большим необходимым расходом воздуха упругие пластины 8 прижаты к корпусу 1 насоса, вакуумный насос работает с максимальной подачей.

При отключении части нагрузки (снижении количества потребителей) величина вакуума в полости разрежения 14 возрастает. Усилие на поршень 10, создаваемое пружинной 12, упругой пластиной 8 и перепадом давлений между полостями 12 и 16, превышает усилие пружины 18, перемещая поршень 10, шток 11 и упругую пластину 8 к ступице 2 колеса, уменьшая эксцентриситет внутренней поверхности водяного кольца и подачу насоса до необходимой величины. Усилие пружины 15 регулируется гайкой 14.

Таким образом, происходит автоматическое регулирование подачи насоса в зависимости от расхода воздуха (числа потребителей), что позволяет снизить энергозатраты на процесс образования вакуума.

					ВКР.35.03.06.406.20.ВНЕ.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		2

3.2. Конструктивный расчет

3.2.1 Расчет параметров водокольцевого вакуумного насоса для создания вакуума для доильной установки

Задано: Производительность $Q=0,25$ м/мин,

Рабочий вакуум 50 % (0,05 мПа),

Противодавление 0,05 мПа.

1. По графику предварительно выбирается окружная скорость ротора, так как расчетная степень сжатия равна 4, то

$$U_{on1}=12 \text{ м/с}$$

2. На основании статических данных, приведенных, выбираем коэффициент расхода $\pi=0,5$ (возможный диапазон изменения $\pi=0,45 \dots 0,52$).

3. Отношение ширины ротора к диаметру выбираем равным 0,3.

4. Диаметр ротора определяется по уравнению:

$$d_2 = \sqrt{\frac{Q_m}{15 \cdot (\pi/d_2) \cdot U \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{0,25}{15 \cdot 0,3 \cdot 12 \cdot 0,5}} = 0,097,$$

Принимаем равным $d=0,1$.

5. Число оборотов ротора определяется по формуле:

$$n=60 \cdot U/\pi \cdot d_2=60 \cdot 12/3,14 \cdot 0,1=2293 \text{ об/мин}$$

Насосу предусмотрен непосредственный привод от электродвигателя, то принимается число оборотов $n=2960$ об/мин.

В этом случае определяется истинное значение окружной скорости:

$$U=\pi \cdot d_2 \cdot n/60=3,14 \cdot 0,1 \cdot 2960/60=15,5 \text{ м/с}$$

6. Ширина ротора составляет:

$$B=d_2 \cdot 0,1=0,03 \text{ м}$$

7. Диаметр втулки ротора принимается

$$d_{вч}=0,038 \text{ м}$$

8. Число лопаток принимается $Z=12$

9. Толщина лопаток принимается из технологических соображений

$$b=0,003 \text{ м.}$$

Лопатки изогнуты $R=0,021 \text{ м}$ и направлены вперед.

10. Входной угол лопаток равен 30.

11 Угол наклона образующей втулки ротора выбран 12.

12. Объем газа в ячейках производится по обще известным геометрическим формулам исходя из формы ротора. Не приводя объемные расчеты покажем только конечное значение:

$$V_{гч}=14,04 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

13. Величина отставания жидкостного кольца от втулки ротора задается в диапазоне $S/r_2=0,02 \dots 0,05$ (большие значения для роторов малого диаметра, меньшее для роторов среднего и большого диаметров) S/r_2 принимаем 14. Относительная глубина погружения лопаток в жидкость задается в диапазоне $0,02 \dots 0,05$

принимаем 0,04

15. Минимальное расстояние между ротором и корпусом задается в диапазоне $DO/r_2=0,15 \dots 0,03$

принимаем $DO/r_2=0,02$.

16. Средняя скорость жидкости в пространстве между ротором корпуса принимается на основе экспериментов. Ранее принято $U=12 \text{ м/с}$, окончательно $U_{ист}=15,5 \text{ м/с}$.

17. Эксцентритет определяется по уравнению:

$$e = \frac{Z \cdot n}{60} \cdot \frac{1}{2 \cdot B \cdot W1} \cdot (Vr1 - V_{м.п.}) + \frac{DO}{2} \cdot \frac{WO}{W1} \cdot \left(1 - \frac{WO}{W1}\right) = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

18. Теоретическая производительность машины определяется по формуле:

$$Q_{тн} = Z * n * (V_{тн} - V_{м.п.} * 100 / (100 - B) = 12 * 2960 * [14,4 * 10^{-6} - 7 * 10^{-7}] = 0,505$$

м/мин

19. Диаметр корпуса находим по уравнению:

$$D_k = d_2 + 2 * (e + D_0) = 100 + 2 * (6,5 + 0,15) = 113,5 \text{ мм}$$

20. Потребное количество подводимой рабочей жидкости определяется: определенная мощность двигателя равна 0,55 кВт, то необходимо 0,55 л/мин воды. Принимаем количество подводимой жидкости 1 л/мин.

Исходя из этих данных выбираем насос ВВН-0,3 с данными:

$n = 1420 \text{ об/мин};$

$N = 1,0 \text{ кВт};$

Режим работы - длительный

Подбираемый электродвигатель должен быть: $U = 380/220$, асинхронный.

Выбираем электродвигатель:

с мощностью $N = 0,75 \text{ кВт};$

марка А471В4У3

число оборотов $n = 1500 \text{ об/мин.}$

3.2.2. Определение поверхностного нагрева

Поверхность нагрева определяют из теплового баланса и рассчитывают по уравнению:

$$F = C_T * (c * t + r * x / 100) / q_n, \quad (3.1)$$

где C_T - масса конструкции, кг;

x - потери при нагреве, %;

$$x = (w_1 - w_2) * 100 / (100 - w_2), \quad (3.2)$$

где w_1 и w_2 - начальная, %;

c - теплоемкость, кккал/(кг · град);

t - подогрев в процессе работы, град;

					ВКР.35.03.06.406.20.ВНЕ.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		5

r -теплота парообразования, ккал/кг;

q -интенсивность излучения;

η -КПД установки

из-за ограниченного объема пояснительной записки приводим окончательный результат.

$$F=0,5 \text{ м}_2$$

Количество теплоты, которое необходимо подвести в процессе нагревания электрическим током, определяется из теплового баланса:

$$Q_{\Sigma} + G \cdot c \cdot t_n = G \cdot c \cdot t_k + Q_n, \quad (3.3)$$

где Q -количество теплоты, выделяющиеся в нагревательном электрическом устройстве при прохождении электрического тока, кДж/ч;

G -количество перерабатываемого в обогреваемом аппарате, кг/ч;

c - удельная теплоемкость, кДж/(кгК);

t_n, t_k – начальная и конечная температура, С;

Q_n - потеря теплоты в окружающую среду, кДж/ч.

Из уравнения (3.11) следует:

$$Q_{\Sigma} = G \cdot c \cdot (t_k - t_n) + Q_n, \quad (3.4)$$

Мощность нагревательных элементов (кВт)

$$N = Q_{\Sigma} / 3600 \quad (3.5)$$

$$N = 4289 / 3600 = 1,191 \text{ кВт}$$

3.2.3 Проверочный расчет болтового соединения вакуумного насоса.

Материал болта Ст3. Класс прочности 3,6

Предел прочности $T_{\sigma} = 30 = 30 \text{ кг/мм}^2 = 30 \text{ МПа}$

Предел прочности $T_m = 36 = 18 \text{ кг/мм}^2 = 180 \text{ МПа}$

Допустимое напряжение на растяжении определяется по формуле:

$$[T_p] = T_m / [n], \quad (3.6)$$

где $[n]$ - требуемый коэффициент запаса прочности.

$[n] = 4 \dots 5$ для болтов с диаметром резьбы, $b = 16 \text{ мм}$

$$[T_p] = 180 / 4,5 = 40 \text{ МПа}$$

					ВКР.35.03.06.406.20.ВНЕ.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	На болум.	Подпись	Дата		6

Болт поставлен с зазором, в этом случае должно выполняться условие

$$F_{\text{нр}} > Q \quad (3.7)$$

$$F_{\text{нр}} = P \cdot f > Q \quad (3.8)$$

где P - усилие затяжки, МПа;

$f=0,1 \dots 0,5$ (без смазки), - коэффициент скольжения

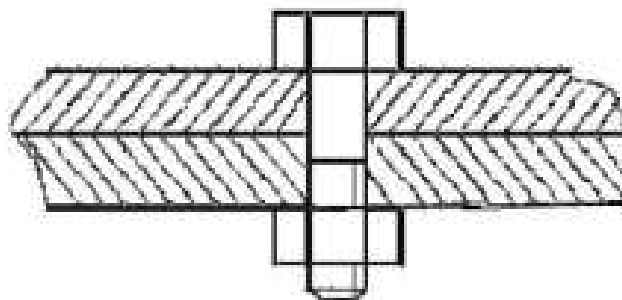


Рисунок 3.9 - Схема болтового соединения

$$f_p = K \cdot Q \quad (3.9)$$

где K -коэффициент запаса прочности, $K=1,7$

$$P = \frac{K \cdot Q}{(F \cdot i)} \quad (3.10)$$

где i -число болтов

$$P = 1,7 \cdot 400 / (0,1 \cdot 2) = 2400 \text{ МПа} \quad P = \frac{1,7 \cdot 400}{(0,1 \cdot 2)} = 2400 \text{ МПа}$$

$$T_p < [T] \quad p < 4P/d \quad T_p < [T] \quad p < \frac{4P}{d}$$

$$\text{Отсюда } d_1 > 4P \cdot 1,3 / (\pi \cdot [T_p]) \quad d_1 > 4P \cdot \frac{1,3}{(\pi \cdot [T_p])}$$

$$d_1 > 4 \cdot 2400 \cdot 1,3 / (3,14 \cdot 40) = 9,9 \text{ мм} \quad d_1 = \frac{4 \cdot 2400 \cdot 1,3}{(3,14 \cdot 40)} = 9,9 \text{ мм}$$

Диаметр стержня болта принимаем $d_1 = 10 \text{ мм}$

Проверка на прочность определяется по формуле:

$$T_p < [T_p] \cdot 4P / (\pi \cdot d_1 \cdot d_1) \quad (3.11)$$

$$T_p < 4 \cdot 2400 / (3,14 \cdot 10 \cdot 10) = 30,5 \text{ МПа}$$

$$30,5 < 40$$

проверка на смятие определяется по формуле

$$T_{cm} < [T_M] \quad (3.12)$$

$$T_{cm} = Q / F_{cm} = P \cdot v / F_{cm} \quad (3.13)$$

где F_{cm} - площадь опорной поверхности стыка, без учета отверстия, мм

$$F_{cm} = 160 \cdot 50 = 800 \text{ мм}^2$$

$$T_{cm} = 2400 \cdot 2 / 800 = 0,6$$

$$0,6 < 14,4$$

Условие выполняется.

3.3 Техника безопасности

3.3.1 Состояние безопасности труда при доении

Технологическое оборудование находится в безопасном для работы состоянии, оснащено предохранителями и защитными устройствами. Оборудование, находящееся в аварийном состоянии, не функционирует до проведения ремонта. Цеха оснащены плакатами по технике безопасности.

На предприятии не соблюдаются некоторые требования БТ:

- у рабочих мест с повышенной влажностью отсутствуют деревянные решетки для предотвращения скольжения и падения рабочих, а также защиты от переохлаждения;

- на рабочих местах возможны сквозняки при открытых воротах;

- рабочие работают с неисправными инструментами.

Не полностью соблюдаются требования производственной санитарии:

- отсутствуют бачки с питьевой водой.

3.3.2 Расчет заземления водокольцевого вакуумного насоса

Современное агропромышленное производство связано с широким применением электрической энергии. В то же время электрический ток представляет большую опасность для жизни и здоровья людей.

Защитное заземление относится к мерам электробезопасности, т.е. обеспечивает защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока. Заземление представляет собой преднамеренное

					ВКР.35.03.06.406.20.ВНЕ.00.00.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		8

электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Назначение заземления - понизить потенциал на корпусе электропотребителя до безопасной величины.

Заземляющее устройство состоит из заземлителя и соединительной полосы. В качестве искусственных заземлителей используют стальные трубы длиной 2...3 м. Сопротивление заземлителей определяют расчетным путем или непосредственным измерением на месте.

Сопротивление растекания тока стержневого заземлителя определяется по формуле:

$$R_c = 0,366 \frac{\rho}{l} \left(\lg \frac{2l}{d} + 0,51 \lg \frac{4h+l}{4h-l} \right), \quad (3.14)$$

где ρ - удельное сопротивление грунта, Ом·м;

l, d - длина и диаметр заземлителя стальную трубу длиной 2,5 м и диаметром 0,05 м, заложенную на глубину 1,5 м, получим:

$$R_c = 0,366 \frac{300}{2,5} \left(\lg \frac{22,5}{0,05} + 0,51 \lg \frac{4 * 1,5 + 2,5}{4 * 1,5 - 2,5} \right) = 104,5 \text{ Ом}$$

Необходимое число заземлителей определяется по формуле

$$n = \frac{R_c * K_c}{R_n * \eta_z}, \quad (3.15)$$

где K_c - коэффициент сезонности;

R_n - нормативное сопротивление заземления;

η_z - коэффициент использования заземлителей.

Принимая во внимание, что $K_c = 1,2$, $\eta_z = 0,88$ и согласно ГОСТ 12.1.030-81 сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 10 Ом [10], получим.

$$n = \frac{104,5 * 1,2}{10 * 0,88} = 14.$$

Число заземлителей для электрозащиты мясорубки равно 14.

Изм.	Лист	из докум.	Подпись	Дата

ВКР.35.03.06.406.20.ВНЕ.00.00.ПЗ

Лист

9

3.4 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.

3.5 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,

					ВКР.35.03.06.406.20.ВНЕ.00.00.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		10

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.

3.6. Экономическое обоснование конструкции

3.6.1.Расчёт массы и стоимости конструкции

Масса конструкции [17,20] определяется по формуле:

$$G = (G_k + G_r)k, \quad (3.16)$$

где G – масса конструкции, кг;

G_k – масса сконструированных деталей, кг;

G_r – масса готовых деталей, кг, $G_r = 98,5$;

k – коэффициент, учитывающий массу израсходованных на изготовление конструкции материалов (для расчетов принимается $k=1,05 \dots 1,15$).

Расчетную массу спроектированных деталей и узлов и агрегатов приводим в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Расчёт массы спроектированных деталей

Наименование изделия	Объём детали, см ³	Удельный вес, кг/см ³	Масса детали, кг
Рабочее колесо	64,1	$7,8 \cdot 10^{-3}$	0,5
Корпус	449	$7,8 \cdot 10^{-3}$	3,5
Крышка передняя	154	$7,8 \cdot 10^{-3}$	1,2
Крышка задняя	77	$7,8 \cdot 10^{-3}$	0,6
Всего			5,8

Масса готовых изделий состоит из массы электродвигателя и других стандартных изделий и составляет 45 кг.

Получим

$$G = (5,8 + 45) \cdot 1,1 = 55,88 \text{ кг.}$$

Балансовая стоимость нового водокольцевого вакуумного насоса определяется по формуле [17,20]

$$C_{с1} = \frac{C_{с0} \cdot G_1 \cdot \delta}{G_0}, \quad (3.17)$$

где $C_0, C_{с1}$ – балансовая стоимость старой и новой детали, руб.;

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

δ – коэффициент удешевления конструкции.

$$\tilde{N}_{с1} = \frac{81000 \cdot 65 \cdot 0,9}{55,88} = 62671,6 \text{ руб.}$$

3.6.2.Расчёт технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение

Для расчета технико-экономических показателей собираются исходные данные

Таблица 3.2 – Исходные данные для расчета технико-экономических показателей

Наименование	Варианты	
	Базовый	Проектируемый
Масса конструкции, кг	65	55,88
Балансовая стоимость, руб.	81000	62671,6
Потребляемая мощность, кВт	1	1
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
Разряд работы	3	3
Тарифная ставка, руб./чел.-ч.	52,5	52,5
Норма амортизации, %	18	18
Норма затрат на ремонт и ТО, %	19,8	19,8
Годовая загрузка конструкции, ч	1000	1000

Часовая производительность машин определяется из конструктивных расчётов:

$$W_0=10 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$W_1=15 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Энергоемкость процесса [17,20] определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_t = \frac{N_t}{W_t}, \quad (3.18)$$

где N_t – потребляемая мощность, кВт;

W_t – часовая производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Учитывая, что $N_t=1$, находим

$$\vartheta_0 = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ квт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3,$$

$$\vartheta_1 = \frac{1}{15} = 0,07 \text{ квт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3.$$

Металлоёмкость процесса [17,20] определяется по формуле:

$$M = \frac{G}{W_r \cdot T_{\text{год}} \cdot T_c}, \quad (3.19)$$

где G – конструкции, кг;

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

T_c – срок службы машины, лет.

Учитывая, что $G_1=62671,6$, $G_0=65$, $W_1=15$, $W_0=10$, $T_{\text{год},0}=1000$,

$T_{c1,0}=5$, находим:

$$M_0 = \frac{65}{10 \cdot 1000 \cdot 5} = 0,0013 \text{ кг} / \text{м}^3,$$

$$M_1 = \frac{55,88}{15 \cdot 1000 \cdot 5} = 0,00074 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

Фондоёмкость процесса определяется по формуле:

$$F = \frac{C_6}{W_c \cdot T_{\text{год}} \cdot T_{\text{сл}}}, \quad (3.20)$$

где C_6 – балансовая совместимость конструкции, руб.;

Принимая из расчетов, что $C_{61}=62671,6$ руб., $C_{65}=81000$ руб., определяем:

$$F_0 = \frac{81000}{10 \cdot 1000 \cdot 5} = 1,62 \text{ руб} / \text{м}^3$$

$$F_1 = \frac{62671,6}{15 \cdot 1000 \cdot 5} = 0,83 \text{ руб} / \text{м}^3.$$

Себестоимость исходного и проектируемого варианта [17,20] определяется:

$$S = C_{з.л.} + C_э + C_{рем} + A, \quad (3.21)$$

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

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

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

A – амортизационный отчисления на продукцию, руб/л;

$$C_{з.л.} = z \cdot T_e \cdot K_{\partial} \cdot K_{см} \cdot K_{от} \cdot K_{сс}, \quad (3.22)$$

где z – тарифная ставка, руб;

T_e – трудоёмкость, чел/литр.

$$T_e = \frac{P_p}{W_r}, \quad (3.23)$$

$$T_{eo} = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ ч} / \text{м}^3,$$

$$T_{e1} = \frac{1}{15} = 0,07 \text{ ч} / \text{м}^3,$$

$$C_{з.л0} = 52,5 \cdot 0,022 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 2,2 \text{ руб} / \text{м}^3,$$

$$C_{з.л1} = 52,5 \cdot 0,017 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 1,65 \text{ руб} / \text{м}^3.$$

Определяем затраты на электроэнергию:

$$C_e = C_{\text{е}} \cdot \Xi_{\text{е}}, \quad (3.24)$$

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

$\Xi_{\text{е}}$ – потребляемая мощность, кВт·ч.

Принимая во внимание, что $C_{\text{е}}=2,23$ руб./кВт·ч, $\Xi_{\text{д}}=0,1$; $\Xi_{\text{д}}=0,07$, находим:

$$C_{\text{д0}} = 2,23 \cdot 0,1 = 9,25 \text{ руб} / \text{м}^3,$$

$$C_{\text{д1}} = 2,23 \cdot 0,07 = 6,17 \text{ руб} / \text{м}^3.$$

Затраты на РТО конструкции [17,20] определяется по формуле:

$$C_{\text{пто}} = \frac{C_6 \cdot H_{\text{пто}}}{100 \cdot W_{\text{г}} \cdot T_{\text{год}}}, \quad (3.25)$$

где $H_{\text{пто}}$ – суммарная норма затрат на РТО, %.

$$C_{\text{пто0}} = \frac{81000 \cdot 19,8}{100 \cdot 10 \cdot 1000} = 1,6 \text{ руб} / \text{м}^3$$

$$C_{\text{пто1}} = \frac{62671,6 \cdot 19,8}{100 \cdot 15 \cdot 1000} = 0,83 \text{ руб} / \text{м}^3.$$

Амортизационные отчисления [17,20] определяются как:

$$A = \frac{C_6 \cdot a}{100 \cdot W_{\text{г}} \cdot T_{\text{год}}}, \quad (3.26)$$

где a – норма амортизации, %.

Принимая по нормативам, что $a_{\text{д1}}=18$, находим

$$A_0 = \frac{81000 \cdot 18}{100 \cdot 10 \cdot 1000} = 1,46 \text{ руб} / \text{м}^3,$$

$$A_1 = \frac{62671,6 \cdot 18}{100 \cdot 15 \cdot 1000} = 0,75 \text{ руб} / \text{м}^3.$$

$$S_0 = 9,25 + 0,22 + 1,6 + 1,46 = 12,53 \text{ руб} / \text{м}^3,$$

$$S_1 = 6,17 + 0,15 + 0,83 + 0,75 = 7,89 \text{ руб} / \text{м}^3.$$

Приведённые затраты на работу конструкции определяют по формуле:

$$C_{\text{пр}} = S + E_{\text{н}} \cdot \kappa = S + E_{\text{н}} \cdot F_i, \quad (3.27)$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

K – удельные капитальные вложения или фондоемкость.

Принимая, что $E_n=0,15$ находим:

$$C_{прив0} = 12,53 + 0,15 \cdot 1,62 = 12,78 \text{ руб / м}^3,$$

$$C_{прив1} = 7,89 + 0,15 \cdot 0,84 = 8,02 \text{ руб / м}^3.$$

Годовая экономия определяется по формуле:

$$\Xi_{год} = (S_0 - S_1) \cdot W_r \cdot T_{год}, \quad (3.28)$$

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

Принимая во внимание, что $T_{год}=1000$, находим:

$$\Xi_{год} = (12,53 - 7,89) \cdot 15 \cdot 1000 = 69598,3 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект определяется:

$$\begin{aligned} E_{год} &= (C_{прив0} - C_{прив1}) \cdot W_r \cdot T_{год}, \\ E_{год} &= (12,78 - 8,02) \cdot 15 \cdot 1000 = 71363,2 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (3.29)$$

Срок окупаемости капитала вложений определяется:

$$T_{ок} = \frac{C_{б1}}{\Xi_{год}}, \quad (3.30)$$

$$T_{ок} = \frac{62671,6}{69598,3} = 0,9 \text{ лет.}$$

Коэффициент эффективности капитала вложений определяется:

$$\begin{aligned} E_{эф} &= \frac{\Xi_{год}}{C_{б}} = \frac{1}{T_{ок}}, \\ E_{эф} &= \frac{1}{0,9} = 1,11 \end{aligned} \quad (3.31)$$

Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкции.

Таблица 3.2.

№	Наименование показателей	Ед. измер.	Базовой (исходной)	проектируемой
1.	Часовая производительность	м ³ /ч	10	15
2.	Фондоёмкость процесса	руб/ м ³	1,62	0,84
3.	Энергоёмкость процесса	кВт/ м ³	0,1	0,07
4.	Металлоёмкость процесса	кг/ м ³	0,0013	0,00074
5.	Трудоёмкость процесса	ч-ч/ м ³	0,1	0,07
6.	Уровень эксплуатационных затрат	руб/ м ³	12,53	7,89
7.	Уровень приведённых затрат	руб/ м ³	1,6	8,02
8.	Годовая экономия	руб	-	69598,3
9.	Годовой экономический эффект	руб	-	71363,2
10.	Срок окупаемости капитала вложений	лет	-	0,9
11.	Коэффициент эффективности капитальных вложений	-		1,11

Проведенный сравнительный анализ показывает, что спроектированная конструкция ВВН, внедренная в технологическую линию по производству сливок, по сравнению с базовым вариантом является экономически эффективным, так как срок окупаемости менее 5 лет, а коэффициент эффективности более 0,15.

ВЫВОДЫ

На основании вышеизложенного материала, можно сделать следующие основные выводы и предложения:

1. Проведен критический анализ существующих конструкций водокольцевых вакуумных насосов, который позволил обосновать основные конструктивно-технологические параметры нового насоса.

2. На основании анализа конструкций, предварительных технологических и конструктивных расчетов рассчитан и разработан водокольцевой вакуумный насос, который может применяться в донльной установке, обладающий более высокими технико-экономическими показателями.

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

4. Разработанная в проекте конструкция водокольцевого вакуумного насоса за счет новой конструкции корпуса эллиптической формы обеспечивает работу насоса в автоматическом режиме, т.е регулируется подача насоса в зависимости от расхода воздуха, что позволяет снизить энергозатраты на процесс образования вакуума.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров А.В. Сопротивление материалов: Учебник для вузов / А.В. Александров, В.Д. Потапов, Б.П. Державин -2-е изд. - М.: Высш. Школа, 2001 - 560 с.
2. Баников А.Г и др. Основы экологии и охраны окружающей среды. - М.: Колос, 1996 – 311.
3. Баутин В.Н. Механизация и электрификация с/х производства / В.Н. Баутин М.: - Колос, 2000.
4. Брагинец Н.В. Курсовое и дипломное проектирование по механизации животноводства/ Н.В. Брагинец, Д.А.Паликин.-3-е изд., - М.: Агропромиздат, 1991-191 с.
5. Будзуко И.А. Практикум по электроснабжению сельского хозяйства. – М.: 1982 – 318 с.
6. Будзуко И.А. Электроснабжение сельского хозяйства – М.: Агропромиздат, 1990 – 496 с.
7. Булгарнев Г.Г., Абдрахманов Р.К., Валиев А.Р. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных работ квалификационных работ – Казань, 2009.
8. Дегтерев Г.П. Технологии и средства механизации животноводства / Г.П. Дегтерев. М.: Столичная ярмарка, 2010 - 384 с.
9. Дмитриев И.М. Гражданская оборона на объектах агропромышленного комплекса/ И.М. Дмитриев, Г.Я. Курочкин и др.-М.: Агропромиздат, 1982-630с.
10. Инструкция по выбору установленной мощности ПС 35/10, 10/0,4 кВ в сетях сельскохозяйственного назначения РУН. - М.: Сельэнергопроект, 1987 20 с.
11. Луковников А.В. «Охрана труда» 4-е издание. – М.: Колос, 1978 – 352 с.
12. Мудров А.Г. Текстовые документы. Учебно-справочное пособие. - Казань: РИЦ “Школа”, 2004-144с.

13. Мяззин Е.Г. Методические указания по комплектации реактивной мощности в сельских электрических сетях. – М.: 1991 – 20 с.
14. Правила пожарной безопасности для энергитических предприятий. – Ч.: 1995. – 130 с.
15. Прусс В.Л., Тисленко В.В. Повышение надежности сельскохозяйственных сетей. Л.: 1989 – 205 с.
16. Сангин Л.А. Использование источников энергии в сельскохозяйственном производства – И.: 1994 – 147 с.
17. Электроснабжение сельского хозяйства. – 2-е издание, перераб. и доп. – М.: Колос, 1994 – 288 с.