Реферат

Выпускная квалификационная работа 86 с., 12 рис., 33 табл., 38 источников, 5 прил.

Ключевые слова: кормовая станция, молочное производство, дозатор корма, индивидуальное кормление, автоматизация сельского хозяйства, крупный рогатый скот.

Объектом исследования является устройство индивидуального кормления крупного рогатого скота – кормовая станция. Цель работы – разработка устройства регулирования подачи корма в составе автоматизированной кормовой станции. В процессе исследования проводились изучение литературы по данной тематике, анализ известных технических решений, патентный поиск.

В результате исследования была разработана структурная, функциональная и электрическая принципиальная схемы, разработан алгоритм работы устройства регулирования подачи корма, произведен подбор необходимых для функционирования системы элементов, расчет основных их основных параметров.

Область применения данного устройства: сельское хозяйство, молочное производство.

Содержание

Введение 9
1. Обзор литературы 11
2. Разработка функциональной схемы 17
3. Разработка структурной схемы 19
4. Выбор и обоснование состава устройства 21
4.1 Выбор и расчет дозирующих устройств 21
4.2 Выбор типа передачи редуктора 26
4.3 Выбор датчиков уровня 27
4.4 Выбор двигателя 29
4.5 Выбор твердотельного реле 31
4.6 Выбор бункеров 31
4.7 Выбор контроллера 34
4.8 Источника вторичного электропитания
5. Алгоритм работы 36
6. Конструкторская документация 37
6.1 Принципиальная электрическая схема 37
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 38
8. Социальная ответственность 60
Заключение 79
Список использованных источников 80
Приложение А
Приложение Б
Приложение В
Приложение Г
Приложение Д

Введение

Полноценное кормление дойных коров является залогом их высокой продуктивности и получения молока высокого качества. На современных комплексах по содержанию коров всё чаще находят свое применение системы автоматизированного процесса кормления. Это позволяет снизить трудоемкость производства, повысить эффективность содержания коров и исключить влияние человеческого фактора на производительность. При помощи таких систем, как правило, процесс кормления становится более сбалансированным и качественным: постоянно осуществляется контроль рациона, так как переедание и недоедание негативно отражается на здоровье животных. Преимущества автоматизированного кормления:

- точная дозировка корма с учетом индивидуальной продуктивности каждой коровы;
- снижение потерь дорогостоящих концентрированных кормов, так как при обычной раздаче часть не съедается, а затем выбрасывается (коровы не едят друг после друга из-за попадания слюны на корм);
- предотвращение краж и потерь комбикорма (до 25%);
- снижение себестоимости литра молока за счет эффективного перераспределения комбикорма и повышения продуктивности коров;
- обеспечение кормления комбикормом до 6-8 раз в сутки согласно нормальной физиологической потребности животных;
- профилактика заболеваний коров таких как: кетоз, ацидоз, закупорка книжки, атония рубца и т.д.

На данный момент известны три основных способа организации автоматизированного кормления: кормовые станции, автоматизированная линия кормления, роботы-раздатчики кормов. Выбор способа зависит от типа содержания животных например, использование кормовых станций, возможно только при беспривязном содержании, автоматизированная линия

кормления подходит лишь для привязного содержания, а роботы-раздатчики могут использоваться как для животных на привязи, так и при беспривязном содержании. [1] В данной работе будет рассмотрена система подачи корма для кормовой станции, учитывающая индивидуальные особенности каждой коровы: величина суточного удоя, вес животного, жирность молока, возраст, а также состояние коровы – до или после отела. Модуль кормления включает в себя два бункера для разных видов комбикорма по содержанию протеина – при избытке и недостатке, два датчика уровня для учета корма в бункерах, два шнековых дозатора для каждого вида корма, пластиковую трубу для выдачи порции, а также блок управления.

Кормление крупнорогатого скота является наименее механизированным процессом, в то время как на него приходится до 40% общих трудозатрат на ферме. Развитие и внедрение таких технологий в России очень затруднено. В первую очередь это связано с высокой ценой на подобные устройства, которые выпускаются, главным образом, за рубежом, а также сложностью в техническом обслуживании и нехватке квалифицированных кадров.

1. Обзор литературы

Уровень молочной продуктивности коров напрямую зависит от наличия достаточного количества корма и рационального его применения. Корма обеспечивают животных необходимыми элементами питания. Из наиболее важных элементов нужно отметить минеральные вещества (кальций и фосфор), протеин (белки), каротин, аминокислоты, клетчатка, витамины. Принято, что одной взрослой корове для поддержания всех жизненно важных функций необходимо получать на каждые 100 килограмм веса 1 кормовую единицу (по общей питательной ценности равна одному килограмму овса среднего качества) и 70 грамм перевариваемого протеина. [2]

На образование 1 литра молока корова должна потратить 0,2 мг йода; 0,12 мг кобальта, 1,5 грамма кальция, около одного грамма серы и других веществ. [3] Получить эти жизненно важные компоненты корова может только из корма. Однако в природных кормах (трава, сено, корнеплоды, зерно) этих веществ не хватает. Корова, получающая только природные корма, отдаёт в молоко недостающие вещества из собственного организма, истощая его. Возникает целый ряд проблем: корова часто болеет, приносит слабое потомство или лишается его на долгий срок, отелы проходят с осложнениями. Вследствие этого, в рацион коровы необходимо включать витамины и минералы, которые содержатся в специальных кормовых добавках. В общем случае, рацион дойной коровы состоит из трех частей:

- основной корм или рацион из грубых кормов;
- балансирующий комбикорм, богатый энергией или протеином;
- продуктивный комбикорм, который сбалансирован по содержанию энергии и питательных веществ в молоке.

Основной корм это сено, солома, шелуха, мякина, лузга. Из-за высокого содержания клетчатки такие корма вызывают усиленное слюноотделение, уменьшают кислотность в желудке, поэтому скармливать их нужно до концентрированного корма. Однако, как советуют специалисты,

основной корм должен быть в кормушке животного постоянно. В общем суточном рационе количество основного грубого корма должно составлять не менее 50%. [4]

Балансирующий корм предназначен для выравнивания уровня протеина в грубом основном корме. Кроме того, с помощью этой части восполняется недостаток питательных веществ. Сегодня к балансирующему корму относятся в основном комбикорма, которые налаживают баланс протеина. Избыток протеина в грубых кормах (позитивный баланс азота в рубце) можно сгладить за счет добавления к ним богатого энергией комбикорма: ячмень, пшеница, тритикале, овес или мелассовый жом. При недостатке протеина (негативный баланс азота в рубце) применяют соевый и рапсовый шрота и жмыхи, зерновую барду, силосованную или свежую пивную дробину. [4] Главная цель балансирующего корма – это такое содержание в нем энергии и питательных веществ, которое позволит животному синтезировать максимально возможное количество молока.

Продуктивный комбикорм – это в основном концентраты. В среднем за один прием буренка может получать 3-4 килограмм. Однако, если в балансирующем комбикорме много крахмала, тогда не более двух килограммов. В идеале высокопродуктивная буренка в сутки должна получать концентраты маленькими порциями примерно через каждые 4 часа. Наилучшим вариантом раздачи сбалансированного и продуктивного кормов является автоматическая кормораздача. Так корова получает корм точными малыми порциями, распределенными на целый день.

Структура автоматического кормления основывается на кормлении комбикормами. Процесс адаптации животных к автоматизированной системе кормления приводит к оптимизации биологического кормления, т.к. прием пищи производится 6-8 раз в сутки, что способствует равномерности поступления перевариваемых веществ в кровь животного. Разбивка суточной нормы необходимого корма на дозы приводит к повышению усвояемости питательных веществ, в результате чего повышается молочная

продуктивность коров. [5] Существенная экономия комбикормов достигается путем автоматизированного кормления за счет индивидуальной дозировки. Это значит, что высокопродуктивные коровы получают большее количество корма, а коровы с более низкой продуктивностью получают меньшее количество пищи. При кормлении традиционным способом вручную питание происходит нерационально за счет усреднения показателей суточной нормы в целом для стада.

Станции кормления используются обычно при беспривязном содержании, их размещают в доступных местах вне зоны доения, обеспечивая свободу движения коровам и состояние покоя при кормлении.

Преимущества использования станций кормления [6]:

- рациональное использование кормов, высокопитательных концентратов;
- нормирование их расходов на единицу продукции; строгий учет;
- индивидуальная и программируемая дозировка кормов для каждой коровы;
- выдача кормов малыми порциями в течение суток в оптимальном режиме;
- поддержание равномерного и правильного пищеварения у коров, высокое усвоение питательных веществ;
- идентификация коров автоматическая, учет и анализ всех данных по корове (дозировки кормов, показатели продуктивности со счетчика молока, др.)

В настоящее время, разработаны и внедряются кормовые станции голландской компании LELY – кормовая станция Cosmix P и шведской DeLaval – FSC40 и FSC400.

Кормовая станция Cosmix P (рисунок 1) рассчитана на кормление одним типом корма и минеральными добавками. В качестве дополнительной опции можно увеличить количество до 4 типов кормов. Изготовлена из нержавеющей стали. [7]

Рисунок 1 – Кормовая станция Cosmix P

Станция снабжена защитной решеткой для снижения конкуренции среди стоящих рядом коров, а также для сокращения движений коровы внутри станции. Для управления такой кормовой станции используется специальное ПО – «T4C», разработанное инженерами компании.

Таблица 1. Спецификации кормовой станции Cosmix P

Высота	210 см
Длина	303 см
Ширина	106 см
Вес	268 кг
Емкость кормовой воронки	25 л

Установленный датчик наличия корма предназначен для любых прерываний в процессе раздачи (бункер не наполняется, в кормовой воронке возник затор, неисправность подающего шнека). Идентификация осуществляется по собственной разработанной технологии: Qwes H, Qwes HR, Qwes ID, Qwes leg, Qwes act.

Кормовые станции FSC40 и FSC400 (рисунок 2) в базовой версии рассчитаны на раздачу одного типа корма и в качестве опции можно увеличить количество типов кормов до 4. Станция FSC40 изготовлена из оцинкованной стали и снабжена пластмассовым дозирующим устройством, FSC400 из нержавеющей, что является преимуществом при дозировании минеральных добавок. [8] Для дозирования корма используется шнековый

дозатор. Присутствует встроенная аварийная система, которая сообщает о недоедании коровы или возникновении нештатных ситуаций.

Рисунок 2 – Кормовая станция FSC400

Таблица 2. Спецификации кормовой станции FSC400

Высота	190 см
Длина	275 см
Ширина	105 см
Вес	203 кг
Емкость кормовой воронки	17 л

В качестве опции доступны: шнековый транспортер корма до кормовой станции, дозатор минеральных добавок, дозатор для жидкостей, резиновый коврик, фиксирующие задние ворота. Используемая система управления: «Система управления стадом ALPRO™» компании DeLaval.

К недостаткам предложенных решений можно отнести высокую стоимость для российского рынка: Cosmix P в базовой комплектации стоит ~ 600 тысяч рублей, FSC400 – 200 тысяч рублей за б/у. Стоимость каждой станции не учитывает стоимость оборудования для идентификации. Также, к недостаткам можно отнести и сложность в техническом обслуживании: в случае поломки без технического специалиста компании не обойтись. Несмотря на то, что представительства обеих компаний присутствуют в различных регионах РФ, в случае серьезной неисправности,

ожидание сервисных рабочих может достигать до 48 часов. Самостоятельная замена запчастей, например отечественными аналогами не представляется возможной, так как это может привести к потере гарантии. В случае возникновения неисправности, требующей обслуживания технического специалиста, производство молочной продукции полностью останавливается на время его ожидания.

Для проведения необходимых расчетов в процессе проектирования, необходимо знать насыпную плотность каждого элемента дозируемого комбикорма. В результате анализа источников [9], [10], [11] сведем данные в таблицу 3:

Таблица 3. Насыпная плотность компонентов комбикорма

Балансирующий корм			
Избыток протеина, кг/м^3		Недостаток протеина, кг/м^3	
Ячмень	10	Соевый/рапсовый шрот	40
Пшеница	00	Жмыхи	70
Овес	32	Зерновая барда	50
Мелассовый жом	00	Силосованная пивная дробина	10
Отруби	60	Мучная пыль	90

В результате выполнения выпускной квалификационной работы предполагается разработать устройство регулирования подачи корма для кормовой станции, в которой будут устранены описанные выше недостатки. Предполагается более высокий диапазон эксплуатационных температур, значительное снижение стоимости за счет использования отечественных комплектующих, более простое устройство станции, с обслуживанием которого справится рядовой электромеханик.

2. Разработка функциональной схемы

Функциональная схема проектируемого устройства приведена в приложении А. На ней указано назначение устройств и тип сигнала, передаваемый от одного устройства к другому.

Кормовая станция фиксирует факт нахождения коровы внутри кормовой станции при помощи тензодатчика, установленного под платформой, идентифицировать её по специальной индивидуальной бирке (радиосигнал определенной частоты, индивидуальный для каждой бирки), закрывает фиксирующую решетку станции и инициализирует процесс подачи кормов в определенных пропорциях, учитывая данные о животном.

Разрабатываемое в рамках выпускной квалификационной работы устройство, должно регулировать подачу (при помощи шнекового дозатора) корма каждого типа в зависимости от величины суточного удоя, веса животного и других особенностей, отслеживать уровень корма в бункерах (при помощи специальных датчиков уровня), уведомлять об окончании кормления и опустошении запасов корма в бункерах.

Датчик – представляет собой чувствительный элемент для измерения уровня наполнения бункера корма.

Устройство обработки сигнала представлено программируемым контроллером. Такие контроллеры часто применяются в промышленности для автоматизации технологических процессов и производств, в быту – для управления уровнем освещения, температурой, влажностью и т.д. В разрабатываемом устройстве контроллер должен хранить, обрабатывать и отправлять данные по рациону каждой коровы на компьютер оператора, обрабатывать сигналы с датчиков уровня корма в бункерах (в случае, если запасы на исходе – сигнализировать об этом зажиганием диода на панели оператора, управлять твердотельными реле для запуска и остановки двигателей дозаторов.

Дозатор – это устройство, предназначенное для автоматического отмеривания и выдачи определенного количества, массы и объема корма или кормосмесей для животных.

Блок вторичного электропитания предназначен для преобразования электрического сигнала источника (промышленная сеть 220В с частотой 60Гц) в электрический сигнал с характеристиками, необходимыми для устройств-потребителей.

Привод двигателя представляет собой твердотельное реле для управления электродвигателем и электродвигатель, задачей которого является вращение шнеков. В результате вращения шнека происходит перемещение корма непосредственно в кормушку для коровы.

Сигнализатор уровня наполнения бункера – представлен двумя светодиодами, сигнализирующими об отсутствии корма в бункерах на панели оператора-животновода для принятия дальнейших действий (например, запуск системы подачи корма в бункеры или остановки работы кормовой станции).

3. Разработка структурной схемы

Разработанная в рамках дипломной работы система связана с устройством регулирования подачи комбикормов дух разных типов. Структурная схема системы приведена в приложении Б.

Контроллер обеспечивает взаимодействие с модулями ввода/вывода, производит необходимую первичную обработку информации, реализует управляющие алгоритмы, ведёт локальные архивы технологических параметров, выступает узлом в распределенных автоматизированных системах на основе сетей уровней LAN и Fieldbus, производит непрерывную самодиагностику технического состояния. Для передачи информации контроллер имеют ряд коммуникационных интерфейсов. [12]

Ёмкостный датчик — преобразователь параметрического типа, в котором изменение измеряемой величины преобразуется в изменение ёмкости конденсатора. Основные преимущества таких датчиков: высокий порог чувствительности и небольшая инерционность. Основные недостатки: сильное влияние внешних электромагнитных полей.

Светодиод — это полупроводниковый прибор, в котором электрический ток преобразуется непосредственно в световое излучение. Его назначение в данном проекте – сигнализировать об опустошении запасов комбикорма в бункере.

Шнек (шнековый дозатор). Шнековые дозаторы хорошо работают при дозировании как сыпучих, так и связных кормовых смесей (влажностью 50 – 75 %).

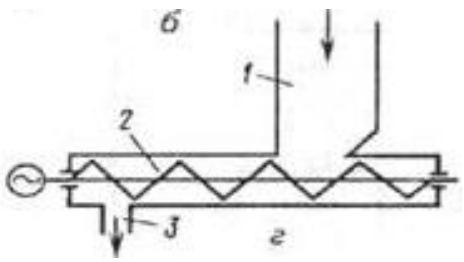

Рисунок 3 – Схема работы шнекового дозатора

Они надежны в работе, могут работать в дискретном и непрерывном режимах, в горизонтальном и наклонном положениях. Принцип работы дозатора представлен на рисунке 3: корм поступает в приемный бункер 1 и перемещается рабочим винтом 2 к выгрузному отверстию 3. [13] Производительность шнекового дозатора регулируют, изменяя частоту вращения винта. В данной работе приведены необходимые расчеты для изготовления шнека.

Электродвигатель — это асинхронная машина, предназначенная для преобразования электрической энергии переменного тока в механическую энергию.

Твердотельное реле — это устройство, обеспечивающее контакт между низковольтными и высоковольтными электрическими цепями. Структура твердотельного реле включает наличие: входа, оптической развязки, триггерной цепи, цепи переключателя, цепи защиты.

4. Выбор и обоснование состава устройства

В данном пункте дипломной работы необходимо проанализировать все требования к элементам, рассмотреть их характеристики и классификации и сделать оптимальный выбор.

4.1. Выбор и расчет дозирующих устройств

Время на поедание 1 кг сухого корма занимает у коровы от 3 до 8 минут [14]. Корове нельзя давать более 4 кг концентратов за один прием. Количество корма рассчитывают по количеству надоенного молока: 250 – 350г на 1 литр молока.

В качестве дозирующего устройства был выбран шнековый дозатор, который отличается простотой конструкции, невысокой стоимостью, относительно несложная чистка и замены шнека. Недостатки такого устройства: точность дозирования сильно зависит от технологии изготовления шнека, (однако изготовленные на современном оборудовании шнеки, достигают точности 0,5% при дозах 10г). Для повышения точности используются системы логического контроля.

К основным геометрическим параметрам шнека относят: шаг винтовой линии H, наружный диаметр шнека D, диаметр вала шнека d, угол подъема винтовых линий α, объемная производительность Q, толщину витков шнека δ. Рассчитаем параметры шнека с необходимой объемной производительностью 108 кг/ч (0,03 кг/с) для нашего дозатора. В качестве исходных данных параметров корма возьмем пшеницу с наибольшей насыпной плотностью – 800 кг/м^3. Используя методику описанную в [15]:

$$Q = 0.06 \text{ кг/с};$$

Коэффициент внутреннего трения продукта:

$$f = 0.6;$$

Наружный диаметр примем равным $D = 0.1$ м с учетом ряда диаметров по ГОСТ 2037-82. Шаг винтовой линии шнека выбирается равным:

$$H = 0{,}8 * D;$$

$$H = 0{,}8 * 0{,}1 = 0{,}08 \text{ м.}$$

Диаметр шнека должен быть больше предельного, определяемого из условия:

$$d_{\text{пр}} = \left[\frac{H}{\pi}\right] * f;$$

$$d_{\text{пр}} = \frac{0{,}08}{3{,}14} * 0{,}6 = 0{,}015 \text{ м.}$$

Примем диаметр шнека вала равным $d = 0{,}04$ м.

Длину вала шнека примем равной $L = 0.6$ м. Тогда число витков Z:

$$Z = \frac{L}{H} = \frac{0{,}6}{0{,}08} = 7 \text{ шт.}$$

Угол подъема винтовых линий на внешней стороне шнека и у вала по зависимостям:

$$\alpha_D = \text{arctg}\left[\frac{H}{\pi * D}\right];$$

$$\alpha_d = \text{arctg}\left[\frac{H}{\pi * d}\right];$$

$$\alpha_D = \text{arctg}\left[\frac{0{,}08}{3{,}14 * 0{,}1}\right] = 14^{\text{o}};$$

$$\alpha_D = \text{arctg}\left[\frac{0{,}08}{3{,}14 * 0{,}04}\right] = 32^{\text{o}}.$$

Среднее значение угла подъема винтовых линий витка шнека по равенству:

$$\alpha_{\text{ср}} = 0{,}5 * (\alpha_d + \alpha_D);$$

$$\alpha_{\text{ср}} = 0{,}5 * (14^{\text{o}} + 32^{\text{o}}) = 23^{\text{o}}.$$

Коэффициент отставания частиц материала в осевом направлении по уравнению:

$$K_0 = 1 - (\cos^2\alpha_{\text{ср}} - \ 0.5 * f * \sin 2\alpha_{\text{ср}});$$

$$K_0 = 1 - (0{,}847 - 0{,}5 * 0{,}6 * 0{,}719) = 0{,}368;$$

Производительность шнекового устройства определяется произведением полезного заполнения одношагового межвиткового объема в пределах плоского угла в один радиан на угловую скорость вращения шнека:

$$Q = 0{,}125 * (D^2 - d^2)(H - \delta)(1 - K_0) * \rho * \omega * \Psi,$$

где Q – производительность шнекового устройства, кг/с; D и d – диаметры шнека и вала шнека; δ – толщина витка шнека в осевом направлении по наружному диаметру, м; ρ – плотность материала, кг/м^3 ;ψ – коэффициент заполнения межвиткового пространства (примем равным 0,32), ω – угловая скорость вращения шнека, рад/с. Отсюда найдем угловую скорость:

$$0{,}03 = 0{,}125 * (0{,}01 - 0{,}0016)(0{,}08 - 0{,}004)(1 - 0{,}368) * 800 * \omega * 0{,}32,$$

$$\omega = 2{,}3 \text{ рад/с};$$

$$n = 22 \text{ об/мин}$$

Мощность дозатора, затрачиваемая на перемещение и подъем материала, на преодоление его трения о винт и корпус, трения в подшипниках и передачах ориентировочно определяется по формуле[16]:

$$N_ш = Q * \rho * g * L * k,$$

где Q – объемная производительность м^3/ч, ρ – насыпная плотность материала, L – длина шнека, k – коэффициент потерь на трение в шнеке, g – ускорение свободного падения. Для того, чтобы найти Q в [м^3/ч] воспользуемся формулой из [17]:

$$Q = 47 * D^2 * H * n * \Psi * 0{,}001 * \rho,$$

$$Q = 0{,}21 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$N_ш = 0{,}21 * 800 * 9{,}8 * 0{,}6 * 0{,}3 = 0{,}296 \text{ кВт}$$

Потребляемая мощность электродвигателя для привода шнека составит:

$$N_{дв} = K_З * \frac{N_ш}{\eta_{пр}},$$

где $K_З = 1.1 \ldots 1.35$, $\eta_{пр}$ – КПД привода.

$$N_{дв} = 1{,}2 * \frac{0{,}296}{0{,}7} = 0{,}508 \text{ кВт}.$$

Значение крутящего момента на валу шнека можно определить по выражению [26]:

$$\mathrm{M_{кр}} = 9550 * \frac{N_{дв}}{n} = 9550 * \frac{0{,}508}{22} = 220\ \mathrm{Н} * \mathrm{м}.$$

Рассчитаем максимальное давление, развиваемое шнеком:

$$\mathrm{P_{max}} = \frac{\mathrm{M_{кр}}}{0.131 * Z_{раб} * (\mathrm{D^3} - \mathrm{d^3}) * \mathrm{tg}(\alpha_{ср})} = 0{,}6\ \mathrm{МПа}.$$

В качестве материала была выбрана сталь 08Х18Н10. Допускаемое напряжение материала для этой стали $[\sigma_и] = 145 * 10^6$ Па. Ее химический состав и свойства делают ее наиболее подходящей для применения в пищевой промышленности. Она легко поддается сварке, показывает высокие характеристики коррозийной стойкости в агрессивных средах.

Удостоверимся, что выбор толщины витка шнека был сделан верно. Для этого проведем соответствующий расчет:

$$\delta = \sqrt{\frac{6 * \mathrm{M_и}}{[\sigma_и]}} = \sqrt{\frac{6 * 250}{145 * 10^6}} = 3{,}2\ \text{мм}.$$

где $[\sigma_и]$ – допускаемое напряжение материала витка шнека при изгибе, Па. Таким образом, выбранное значение толщины витка $\delta = 4$ мм подходит.

$\mathrm{M_и}$ - максимальный изгибающий момент в витке шнека, Н · м, рассчитанный следующим образом:

$$\mathrm{M_и} = \frac{\mathrm{P_{max}} * \frac{\mathrm{D^2}}{32} * 1{,}9 - 0{,}7 * \mathrm{a^{-4}} - 5{,}2 * \ln(\mathrm{a})}{1{,}3 + 0{,}7 * \mathrm{a^{-2}}} = 250\ \mathrm{Н} \cdot \mathrm{м},$$

где $a = \frac{D}{d}$.

Зазор между кожухом и шнеком примем равным 10 мм. В соответствии с приведенными данными исследования о влиянии величины зазора между кожухом и шнеком на повреждение перемещаемого продукта в шнековом дозаторе [18].

Для проверки некоторых расчетов, воспользуемся формулами из других источников. Мощность привода [27, стр3]:

$$N_{дв} = 2 * \pi * \frac{n}{60} * \mathrm{M_{кр}} = 2 * 3{,}14 * \frac{22}{60} * 220 = 0{,}506\ \text{кВт},$$

что совпадает с расчетом, приведенным выше (0,508 кВт ~ 0,506 кВт).

Производительность шнекового дозатора проверим, используя зависимости источника [19, стр3]. Учтем, что в разных источниках учитываются различные параметры при расчетах, поэтому будем считать, что расчет верный в случае совпадения порядка результата.

$$Q = \pi/4 * (D^2 - d^2)(H - \delta) * \rho * \Psi * n/60,$$

где Q – производительность шнекового устройства, кг/с; D и d – диаметры шнека и вала шнека; δ – толщина витка, м; ρ – насыпная плотность материала, кг/м^3; n – частота вращения, об/мин; H – шаг нарезки шнека, ψ – коэффициент заполнения межвиткового пространства.

$$Q = \frac{3{,}14}{4} * (0{,}1^2 - 0{,}04^2) * (0{,}08 - 0{,}004) * 800 * 0{,}32 * \frac{22}{60} = 0{,}04 \text{ кг/с}.$$

Порядок совпадает (0,03 ~ 0,04), расчеты выполнены верно.

Сведем полученные данные о параметрах шнека в таблицу:

Таблица 4. Параметры шнека

Параметр	**Размер**
Объемная производительность,Q	108 кг/ч
Наружный диаметр шнека, D	0,1 м
Диаметр вала шнека, d	0,04 м
Шаг винта шнека, H	0,08 м
Длина вала шнека, L	0,6 м
Толщина витка шнека, δ	4 мм
Частота вращения шнека, ω	22 об/мин
Мощность привода для шнека, $N_{дв}$	0,55 кВт
Число витков шнека, Z	7
Зазор между кожухом и шнеком, l	10 мм
Материал изготовления	Сталь 08Х18Н10

4.2. Выбор типа передачи редуктора

Червячная передача (зубчато-винтовая передача) — механическая передача, осуществляющаяся зацеплением червяка и сопряжённого с ним червячного колеса. Червяк представляет собой винт со специальной резьбой, в случае эвольвентного профиля колеса форма профиля резьбы близка к трапецеидальной. На практике применяются однозаходные, двухзаходные и четырёхзаходные червяки. Червячное колесо представляет собой зубчатое колесо. В технологических целях червячное колесо, как правило, изготовляют составленным из двух материалов: венец — из дорогого антифрикционного материала (например, из бронзы), а сердечник — из более дешёвых и прочных сталей или чугунов[20].

В общем виде система «червяк-колесо» приведена на рисунке 4.

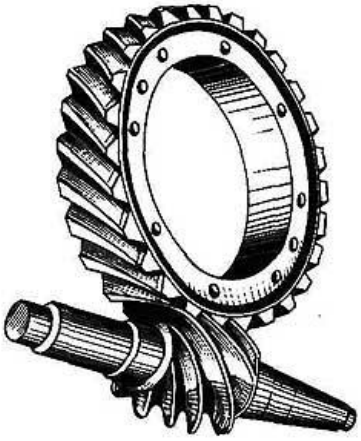

Рисунок 4 – Червячная передача

Достоинства:

- бесшумность;
- большое передаточное отношение в одной паре, благодаря чему червячные редукторы с большим передаточным числом значительно более компактны и менее массивны, чем эквивалентные зубчатые;
- самоторможение;
- повышенная кинематическая точность[21].

Недостатки:

- сравнительно низкий КПД (целесообразно применять при мощностях менее 100 кВт);
- повышенный износ и склонность к заеданию;
- передача вращения возможна только в одном направлении (от винта к колесу)[21].

Рассчитаем передаточное отношение необходимое для нашего устройства:

$$n_{\text{дв}} = 1360\,\frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

$$n_{\text{шн}} = 22\,\frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$k = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{шн}}} = \frac{1360}{22} = 62.$$

В соответствии с ГОСТ 2144 – 76 примем k=63.

4.3. Выбор датчиков уровня

В качестве датчиков уровня будем использовать Емкостный датчик CSB A81A5-43N-10-LZ. Он предназначен для контроля уровня сыпучих веществ (комбикорма, зерна и др.) в бункерах, резервуарах. Особенностью данных датчиков является их возможность установки заподлицо со стенкой бункера, резервуара, что сводит к минимуму налипание контролируемого материала на поверхность датчика. Технические характеристики представлены в таблице 4.

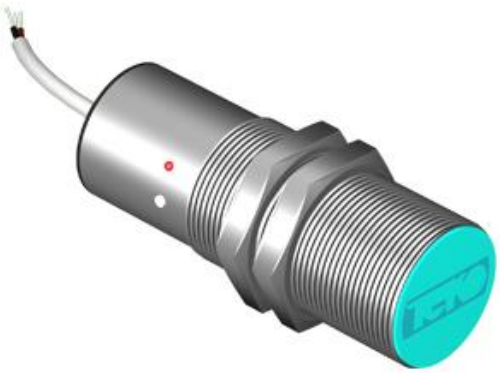

Рисунок 5 – Внешний вид емкостного датчика CSB A81A5-43N-10-LZ

Выключатель ёмкостный бесконтактный (датчик) CSB A81A5-43N-10-LZ предназначен для бесконтактной коммутации исполнительных устройств в промышленных автоматизированных устройствах, линиях, станках и системах.

Датчик имеет чувствительную поверхность, образованную двумя электродами конденсатора, включенного в цепь обратной связи высокочастотного генератора. Приближение объекта воздействия из металла или диэлектрика к чувствительной поверхности увеличивает емкость между электродами конденсатора и вызывает увеличение амплитуды колебаний генератора. При достижении амплитудой генератора порогового значения, схемой управления формируется выходной сигнал электронного ключа датчика, который используется для коммутации электрических цепей и сигнализации [22].

Таблица 4. Параметры датчика CSB A81A5-43N-10-LZ

Размер корпуса	M30x1,5x74
Способ установки в металл	Встраиваемый
Тип контакта/структура выхода	NPN переключающий
Номинальный зазор	10 мм
Рабочий зазор	0...8 мм
Гистерезис	3...15%
Диапазон рабочих напряжений	10...30 В DC
Максимальный рабочий ток	250 мА
Частота переключения	100 Гц
Комплексная защита	Есть
Световая индикация	Есть
Материал корпуса	Д16Т
Присоединение/подключение	Кабель 4x0,25 кв. мм
Степень защиты по ГОСТ 14254-96	IP65
Диапазон рабочих температур	-25°C...+75°C

4.4. Выбор двигателя

При выборе двигателя, будем руководствоваться рассчитанными в п.4.1 данными. Мощность 0,55кВт, частота вращения шнека – 22 об/мин.

Рисунок 6 – Двигатель АИР71А4

В качестве двигателя будем использовать асинхронный двигатель АИР71А4. Преимущества таких двигателей заключается в простоте обслуживания и отсутствие подвижных контактов. Здесь нет щеток и контактных колец, питание подается только на неподвижную трехфазную обмотку статора, что и делает этот двигатель весьма удобным. Такой двигатель прост в изготовлении и сравнительно дешев (6 120 руб.), затраты при эксплуатации минимальны, а надежность высока. [23] Недостатки асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором – затруднения в регулировании скорости вращения и большой пусковой ток. [24]

Момент двигателя (рассчитанный):

$$\mathrm{М}_{\text{дв.р}} = \frac{\mathrm{М}_{\text{шн}} * 1.5}{k} = 220 * \frac{1{,}5}{63} = 5{,}23\ \text{Н} * \text{м},$$

где $\mathrm{М}_{\text{шн}}$ – момент рабочего органа – шнека, рассчитанный в п.4.1, k - передаточное число, полученное в п. 4.2.

Момент двигателя (номинальный):

$$\mathrm{М}_{\text{дв.н}} = \frac{P_{\text{дв}}}{\pi * \frac{n_{\text{дв}}}{30}} = \frac{550}{3{,}14 * \frac{1360}{30}} = 3{,}86\ \text{Н} * \text{м},$$

где $n_{\text{дв}}$ - число оборотов двигателя, $P_{\text{дв}}$ - мощность двигателя.

Максимальный момент двигателя:

$$\mathrm{M}_{max} = \mathrm{M}_{\text{дв.н}} * \frac{\mathrm{M}_{max}}{\mathrm{M}_{\text{дв.н}}},$$

где $\frac{\mathrm{M}_{max}}{\mathrm{M}_{\text{дв.н}}} = 2{,}4$ для двигателя АИР71А4.

$$\mathrm{M}_{max} = 3{,}86 * 2{,}4 = 9{,}27 \text{ Н} * \text{м}.$$

Выбранный двигатель подходит для проектируемого устройства, так как его рассчитанный момент находится на интервале между максимальным и номинальным.

Таблица 5. Параметры двигателя АИР71А4

Мощность, кВт	0,55
Номинальная частота вращения, об/мин	1360
Номинальный ток при напряжении 220/380В, А	2,9/1,7
Номинальный крутящий момент, Н*м	3,86
КПД, %	0,7
Масса, кг	8,1

4.5. Выбор твердотельного реле

Преимущества твердотельных реле перед электромагнитными аналогами состоят в следующем:

- включение цепи без электромагнитных помех;
- высокое быстродействие;
- отсутствие шума и дребезга контактов;
- продолжительный период работы;
- возможность работы во взрывоопасной среде, так как нет дугового разряда;
- низкое электропотребление (на 95% меньше, чем у обычных реле);

- надёжная изоляция между входными и коммутируемыми цепями;
- компактная герметичная конструкция, стойкая к вибрации и ударным нагрузкам. [25]

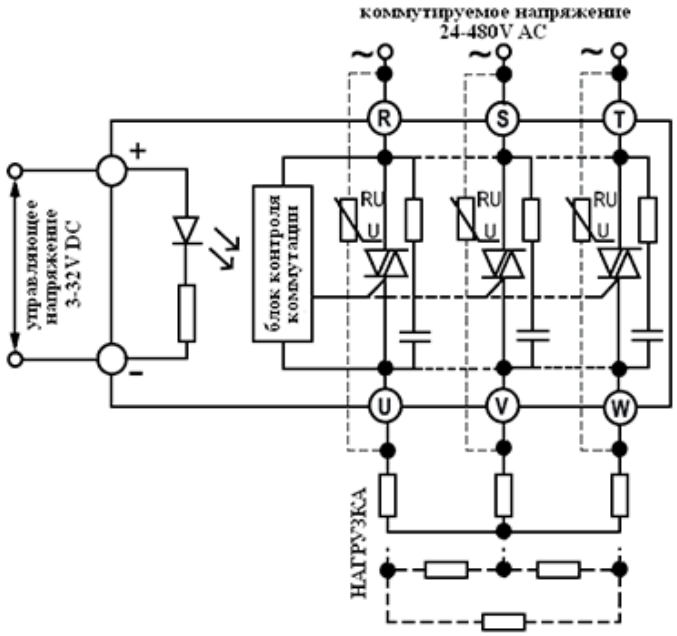

Рисунок 7 – Схема подключения ТТР GTH2548ZD3

Исходя из параметров асинхронного двигателя АИР71А4 (мощность 0,55 кВт, номинальный ток при напряжении 380В – 1,7 А), выберем твердотельное реле. При регулировке асинхронных двигателей запас по току нужно увеличить до 6-10 раз ($1{,}7 * 10 = 17\text{А}$).

Рисунок 8 – Внешний вид ТТР GTH2548ZD3

Таким образом, остановимся на трехфазном твердотельном реле GTH2548ZD3 (рис. 8). Расшифруем номенклатуру устройства: GTH – трехфазное твердотельные реле, 25 – рабочий ток 25А, 48 – рабочее напряжение 24-480V AC, ZD3 – управление 3-32V DC (коммутация при переходе через ноль). [26] Средняя цена такого ТТР 2,5 тысячи рублей.

Таблица 6. Технические характеристики ТТР GTH2548ZD3

Коммутируемое напряжение	24-480V AC
Управляющее напряжение	3-32V DC
Потребляемый ток в цепи управления Напряжение вкл./выкл.	10-68mA 3V DC/1,5V DC
Максимальное пиковое напряжение	1000V AC
Падение напряжения в цепи нагрузки	≤1,6V AC
Ток утечки (выключенное состояние)	≤10mA
Время переключения	≤10мс
Индикация включения	есть
Напряжение пробоя	2500V AC в теч. 1 минуты
Сопротивление изоляции	500МОм при 500V DC
Температура окружающей среды	-30…+75°C
Относительная влажность	≤95% (без образования конденсата)
Габаритные размеры	105x74x33мм
Способ монтажа	Винтами на монтажную поверхность
Масса	≤450г

4.6. Выбор бункеров

Бункеры предназначены для временного хранения и равномерной подачи комбикорма в шнековый дозатор. Как правило, продаются непосредственно в сборе со шнековым питателем и приводом для него (рисунок 9). Чаще всего имеют форму перевернутого конуса или пирамиды.

Параметры и объем бункера, в нашем случае, зависят от размеров самой установки (кормовой станции, размеры которой в настоящее время известны лишь приблизительно). Однако следует отметить, что объем каждого бункера будет составлять 10-12 л.

Рисунок 9 – Шнековый дозатор ДМД 50 с бункером

4.7. Выбор контроллера

В качестве устройства управления будем использовать программируемый контроллер «ОВЕН 160» (рис. 10). Данный контроллер широко распространен в промышленности, а количество входов и выходов удовлетворяет требованиям разрабатываемой системы.

Рисунок 10 – Внешний вид контроллера Деконт-А9

Данный контроллер способен коммутировать постоянное напряжение до 30В, необходимое для управления твердотельным реле GTH2548ZD3. Более того, внутренней памяти контроллера хватит для того, чтобы записать

в память данные о рационе для каждой коровы на ферме. [12] На данном этапе разработки, такая производительность может показаться излишней. Однако следует принять во внимание тот факт, что в рамках дипломной работы рассматриваются лишь базовые операции и устройства, необходимые для осуществления минимального функционала. В будущем планируется значительное расширение возможностей кормовой станции (аварийная система, система слежения за здоровьем коров, подключение робота-дояра и др). Средняя цена такого контроллера достигает 27 тысяч рублей. Основные технические и метрологические характеристики данного контроллера в таблице 7.

Таблица 7. Основные технические и метрологические характеристики ПЛК ОВЕН 160

Напряжение питания	от 90 до 264В
Частота питания	от 47 до 63Гц
Потребляемая мощность	не более 40ВА
Количество дискретных входов	16
Напряжение питания дискретных входов	24 ± 3В
Максимальный входной ток дискретного входа: 1) при питании 24В 2) при питании 27В	 не более 7мА не более 8,5мА
Сигнал «логической единицы», соответствующий состоянию «Включено», дискретных входов для постоянного напряжения (ток в цепи)	от 15 до 30В (ток от 3 до 15мА)
Сигнал «логического нуля», соответствующий состоянию «Выключено», дискретных входов для постоянного напряжения (ток в цепи)	от минус 3 до 5В (ток до 15мА)
Количество релейных выходных каналов	12
Максимальный ток, коммутируемый	3А

контактами реле	
Количество аналоговых выходов	4
Количество аналоговых входов	8
Интерфейсы связи	RS-485, Ethernet 100 Base-T, RS-232, RS-232-Debug, USB-Device
Габаритные размеры	(208×110×73) ± 1 мм
Масса	0,75кг

4.8. Источник вторичного электропитания

В условиях данной задачи было необходимо обеспечить питание 24В, так как периферийные устройства и ПКЛ160 работают при таком питании и небольшом диапазоне отклонения. Был выбран ББП-24 (рисунок 11) – блок бесперебойного питания без корпуса. Наличие корпуса не критично, потому что будет необходимо заказывать изготовление корпуса для помещения туда двигателя и других устройств.

Рисунок 11 – источник бесперебойного питания ББП-24

Характеристики источника бесперебойного питания ББП-24 [28]:

- диапазон напряжения питающей сети: 165 – 265В;
- выходное напряжение: 24В;
- номинальный ток нагрузки: 3А;
- максимальны ток нагрузки: 4А;
- ток заряда АКБ максимальный: 1,3А;
- электронная защита от короткого замыкания;
- световая индикация режимов работ.

5. Алгоритм работы

Блок-схема алгоритма работы устройства представлена в приложении В.

Свою работу система начинает с алгоритма, описанного вне данной работы. Остановимся на системе подачи корма. К этому моменту корова уже находится внутри кормовой станции, и произошло получение данных о рационе (в противном случае сигнал об ошибке отправляется оператору). Затем происходит проверка условия, заключающегося в том, не съела ли корова положенную ей дневную норму. В случае, если съела, происходит отправка сообщения оператору о нахождении «сытой» коровы внутри станции. Если же нет, то система переходит к проверке наличия кормов в бункере. Если хотя бы один бункер пустой, то его необходимо наполнить кормом через систему транспортеров.

Поскольку в рамках проекта не рассмотрена система транспортировки корма, то посылается сигнал оператору о том, что корма нет, посредством зажигания светодиода. Если же в бункерах есть корм, то начинается основной процесс кормления – подача корма.

Так как в системе предусмотрен баланс корма по уровню протеина в рубце коровы, следующим этапом является установление его показателя. Он предварительно рассчитывается животноводом при составлении рациона коровы (у каждого животновода своя методика расчета). Система сравнивает значение необходимого нормального уровня протеина и текущее значение (которое должно быть по расчетам). В случае, если эти показатели различны, то определение состояния протеина: избыток или недостаток.
В случае недостатка протеина происходит выдача только корма №1. Кормление кормом №1 продолжается до тех пор, пока разница между текущим значением протеина и нормальным не будет равна нулю. В случае избытка протеина процесс аналогичный. Только при этом выдается корм №2. После каждого кормления в систему отправляются данные о выданном

количестве корма. Происходит пересчет показателей протеина, также число приемов пищи увеличивается на 1.

Также в системе предусмотрена защита от переедания коровы (это может пагубно сказаться на здоровье животного). Если разовая порция превышает значение в 2 кг, то оператору-животноводу отправляется сообщение о необходимости корректировки числа приемов пищи за сутки (необходимости увеличения числа приемов).

Выдача корма происходит за счет вращения шнека в дозаторе, который приводится в движение редуктором и асинхронным двигателем. Таким образом, исходя из рассчитанной массы корма (за один раз кормления), а также данных о производительности дозатора, происходит расчет времени, в течение которого необходимо работать двигателю, чтобы выдать заданное количество корма.

6. Конструкторская документация

6.1 Принципиальная электрическая схема

В соответствии с имеющимися элементами в спецификации была собрана принципиальная электрическая схема. Её чертеж приведен в приложении Г.

Спецификация всех составляющих системы управления приведена в приложении Д. Перечень выполнен в соответствии с ГОСТ 2.702-75 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.

Заключение

В рамках выпускной квалификационной работы была разработана часть кормовой станции для регулирования подачи комбикормов разных типов. Также был разработан алгоритм работы всей кормовой станции на данном этапе разработки.

Во время разработки данного проекта были проработаны следующие этапы:

- изучение актуальности работы;
- поиск запатентованных аналогов;
- разработка структурной схемы проектируемой системы;
- разработка функциональной схемы;
- разработка принципиальной электрической схемы;
- разработка алгоритма работы кормовой станции;
- подбор основных компонентов устройства;
- расчет основных параметров компонентов.

В результате проведения исследования по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были определены показатели затрат научно-исследовательской работы. Бюджет затрат НТИ исполнения 1 равен 128213,93 рублей для исполнения 2 составил 116596,17 рублей. Сделан вывод, что наименее затратной является работа второго исполнителя по сравнению с первым.