

**КАЗАХСКИЙ АГРОТЕХНИЧЕСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ САКЕНА СЕЙФУЛЛИНА**

Энергетический факультет

Кафедра эксплуатации электрооборудования  
Специальность: D100 «Автоматизация и управление»

**ОТЧЕТ**

по научно-исследовательской работе докторанта  
за 2023-2024 учебный год

Докторант:  
Научный руководитель:

Амир Е. К.  
Сарсикеев Е. Ж. (PhD, к.т.н)

**АСТАНА 2024**

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Разработка конструкции автоматических ворот.....	5
2. Разработка системы управления автоматическими воротами.....	17
3. Разработка схемных решений по управлению.....	19
4. Выводы.....	22
Ссылки использованные источники.....	23

## Введение

Выпас скота на пастбищах является проверенной временем и устойчивой практикой в животноводстве, играющей ключевую роль в благополучии домашнего скота и общей продуктивности сельскохозяйственных экосистем. Выпас скота на пастбищах предполагает предоставление животным, таким как крупный рогатый скот, овцы или козы, возможности питаться естественными травами и другой растительностью на специально отведенных открытых площадках. Этот метод кормления не только соответствует естественному поведению животных, но и предлагает ряд преимуществ, как для домашнего скота, так и для окружающей среды.

Особенности выпаса скота на пастбищах разнообразны и способствуют целостному здоровью животных. Пастбищные условия обеспечивают богатое разнообразие трав, разнотравья и бобовых, обеспечивая сбалансированный по питательным веществам рацион, поддерживающий оптимальный рост и развитие. Кроме того, физические упражнения и свобода передвижения, которые дает выпас скота, способствуют физическому благополучию животных, способствуя развитию мышц и общему жизненному тонусу. Помимо индивидуальных преимуществ для домашнего скота, управляемые системы выпаса скота также оказывают положительное влияние на здоровье почв, биоразнообразие и устойчивое управление природными ресурсами. По мере того, как мы углубляемся в тонкости выпаса скота на пастбищах, становится очевидным, что эта вековая практика является не просто методом кормления животных, но и целостным подходом к благополучию животных и охране окружающей среды.

Пастбищное содержание и кормление КРС высокопитательными зелеными кормами имеет исключительно важное значение. В летний период в пастбищном корме животные получают около 60% кормовых единиц и около 70% переваримого протеина. Во время пастбищного содержания скота, он дает основную массу продукции. Коровы, например, производят до 60-70% всего удоя молока. Пастбищное содержание оказывает многостороннее положительное влияние на животных. Их организм становится более устойчивым к различным заболеваниям, благодаря чему создаются благоприятные условия для получения здорового приплода, роста и развития молодняка. При пастьбе на хороших пастбищах коровы дают до 20 литров молока и более, а суточный прирост молодняка крупного рогатого скота составляет 800-1000 грамм. Организация хорошего водопоя для коров – одно из главных условий для успешной пастьбы. При недостатке воды или плохом ее качестве животные меньше поедают травы, худеют и снижают продуктивность. В сутки для

молодняка требуется 40-50 л, а для взрослого скота 60-70 л воды. Поят их не менее 3 раз в день в прохладное время и 4 раза в жаркие дни

Опытами ВИК установлено, что при загонной системе пастбы крупного рогатого скота на злаковых пастбищах количество зеленого корма увеличивается на 24 %, а переваримого белка — на 54 %. Благодаря более полному стравливанию пастбищных участков и скашиванию несъеденных остатков травостоя уменьшается обсеменение сорных, вредных и ядовитых трав. При разделении пастбища на восемь загонов можно на одной и той же площади прокормить на 25...30 % животных больше, чем при вольной пастбе. К тому же значительно повышается продуктивность животных, так как этот способ выпаса позволяет систематически стравливать травы в ранней фазе вегетации, вследствие чего увеличиваются их питательная ценность и поедаемость.

Системы ротационного выпаса представляют собой стратегический и эффективный подход к управлению пастбищами, оптимизирующий как питание животных, так и состояние земель. В этой системе домашний скот систематически перемещается по ряду небольших пастбищных участков, или загонов, позволяя земле в каждом загоне восстанавливаться, пока пасется другой. Такая циклическая ротация способствует оздоровлению пастбищ, повышает качество кормов и дает множество преимуществ как для домашнего скота, так и для окружающей среды.

Естественные пастбища Республики являются важным источником производства дешевых кормов. В кормовом балансе их продукция составляет 40%, в том числе они на 80% обеспечивают потребность в зеленых кормах. Размещение пастбищных угодий по стране неравномерно – есть районы, где пастбища в избытке, поголовье скота на которых размещено с низкой плотностью на единицу площади, есть районы, где пастбищ не хватает, и нагрузка скота превышает нормативы. Большой проблемой является отсутствие налаженной системы управления пастбищного животноводства, которая позволит эффективно использовать пастбища, даст толчок для роста численности поголовья и продуктивности сельскохозяйственных животных. Во многих странах мира, информацию о состоянии пастбищных угодий получают с применением дистанционных методов, позволяющих своевременно иметь полный объем информации о состоянии пастбищных экосистем. В этой связи, вопросы управления пастбищными ресурсами Казахстана с использованием цифровых технологии является в настоящее время актуальной задачей, решение которой возможно на основе проведения научных исследований.

## **1. Разработка конструкции автоматических ворот**

Автоматические ворота, интегрированные в электрическую систему ограждения пастбища для крупного рогатого скота, служат ценным инструментом для улучшения управления скотом и обеспечения его безопасности. Ниже приведены достоинства применения технологии электрического ограждения.

**Повышенная безопасность:** Электрические ограждения - это высокоэффективное решение для обеспечения безопасности и благополучия вашего скота[1]. Легкий удар током, производимый электрическим ограждением, является мощным сдерживающим фактором, отбивающим у скота желание прорваться через ограждение. Оно также обеспечивает безопасность, отпугивая потенциальных хищников и сводя к минимуму риск кражи скота или нападения на него[2].

**Экономичность и долговечность:** Электрические ограждения являются экономически выгодной альтернативой традиционным методам ограждения[1]. Оно требует минимального количества материалов, что делает его экономичной альтернативой другим вариантам ограждений[3].

**Простота установки и обслуживания:** Электрическая провод или бечевка, независимо от того, используется ли он в качестве временного ограждения или дополнительного усиления основной конструкции, прост в установке. Простота использования, безусловно, является фактором, влияющим как на трудозатраты, так и на время, потраченное на установку и обслуживание ограждения[3].

**Гибкость:** Электрические ограждения отличаются гибкостью. Его можно использовать как самостоятельное решение для ограждения, так и в качестве усиливающего механизма на существующих линиях полевого ограждения[3].

**Улучшенное управление пастбищами:** Электрические ограждения позволяют разделить пастбища на несколько участков или загонов, безопасно разграничивая зоны для выпаса и роста пастбищ. Это открывает доступ к чистым, незагрязненным, более плотным пастбищам, что означает большее количество травы и большую несущую способность[4].

Данной диссертационной работе были рассмотрены следующие концепции автоматических ворот, приведенные на рисунках 1-4 и проанализированы их преимущества и недостатки в таблице 1.

Концепт автоматических ворот с вертикальным пружинным подтягивателем на перекладине. Принцип работы заключается в наматывании и разматывании бечевки на барабан привода при приложенном усилии пружины на перекладине конструкции. Данная пружина устраняет препятствие в виде бечевки при ее разматывании, то есть открывает ворота. При закрытии ворот, или наматывании бечевки,

приводе необходимо преодолеть сопротивление пружины. Концепт №1 приведен на рисунке 1.

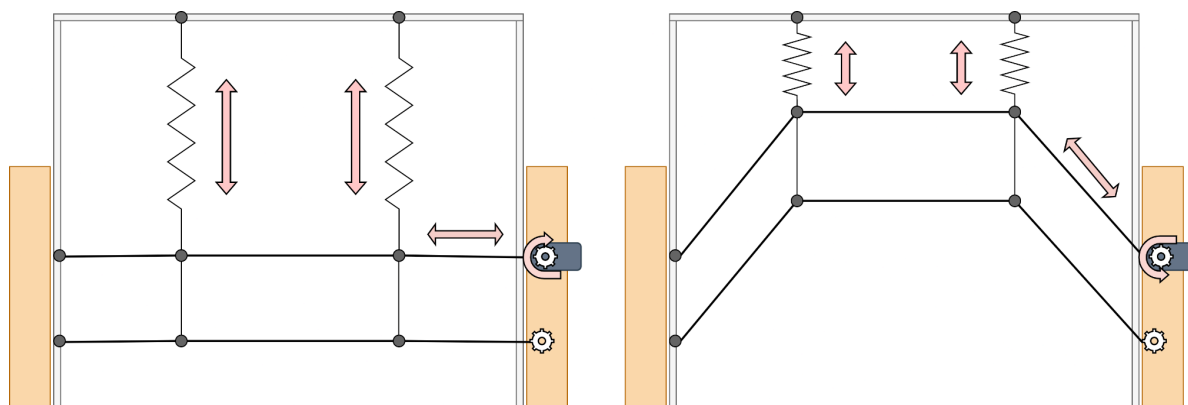


Рисунок 1. – Концепт автоматических ворот №1

Концепт автоматических ворот с наматывающей перекладной. Принцип работы заключается в наматывании вертикальной бечевки которая в свою очередь поднимает нижнюю жесткую проволоку. Боковые штанги конструкции устроены таким образом, чтоб обе жесткие проволоки находились на одном пути, но с разными свободно подвижными концевыми наконечниками по обе стороны проволоки. Данная особенность обеспечивает захват верхней проволоки при продвижении нижней вверх. Так же при опускании нижней проволоки, конструкция штанги позволяет верхней проволоке оставаться на определенном расстоянии от нижней. Концепт №2 приведен на рисунке 2.

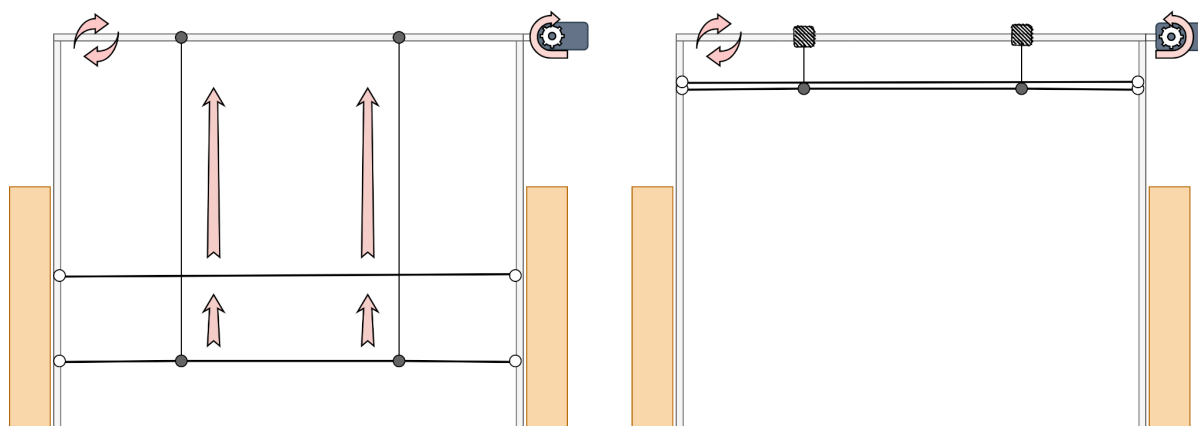


Рисунок 2. – Концепт автоматических ворот №2

Концепт автоматических ворот с наматывающим ведущим барабаном на приводе и ведомым барабаном. Принцип работы заключается в разматывании бечевки таким образом, чтоб она ложилась на землю. Особенность данной концепции заключается в наличии груза в виде свободно движущегося пальца расположенного ближе к приводу и

заклученному в вертикальную штангу конструкции. Второй груз для бечевки жестко установлен в самой бечевке обеспечивая прямоугольное расположение бечевки по контуру порога и опоры. Концепт №1 приведен на рисунке 3.

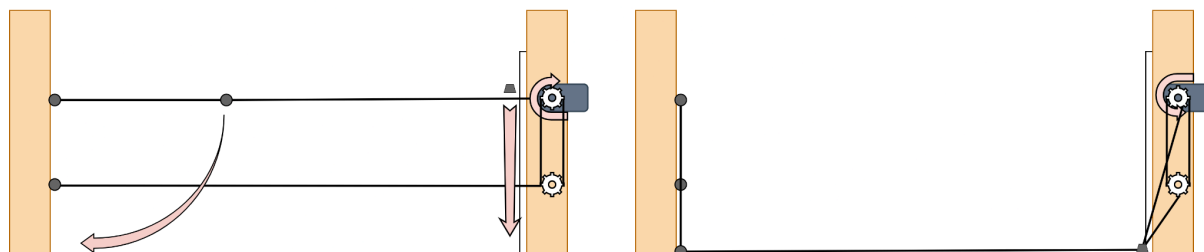


Рисунок 3. – Концепт автоматических ворот №3

Концепт автоматических ворот с реечным механизмом и растягивающей пружиной на штанге. Принцип работы заключается выдвигении зубчатой рейки на конце которой установлена штанга, которая в свою очередь растягивает пружину. Концепт №1 приведен на рисунке 4.

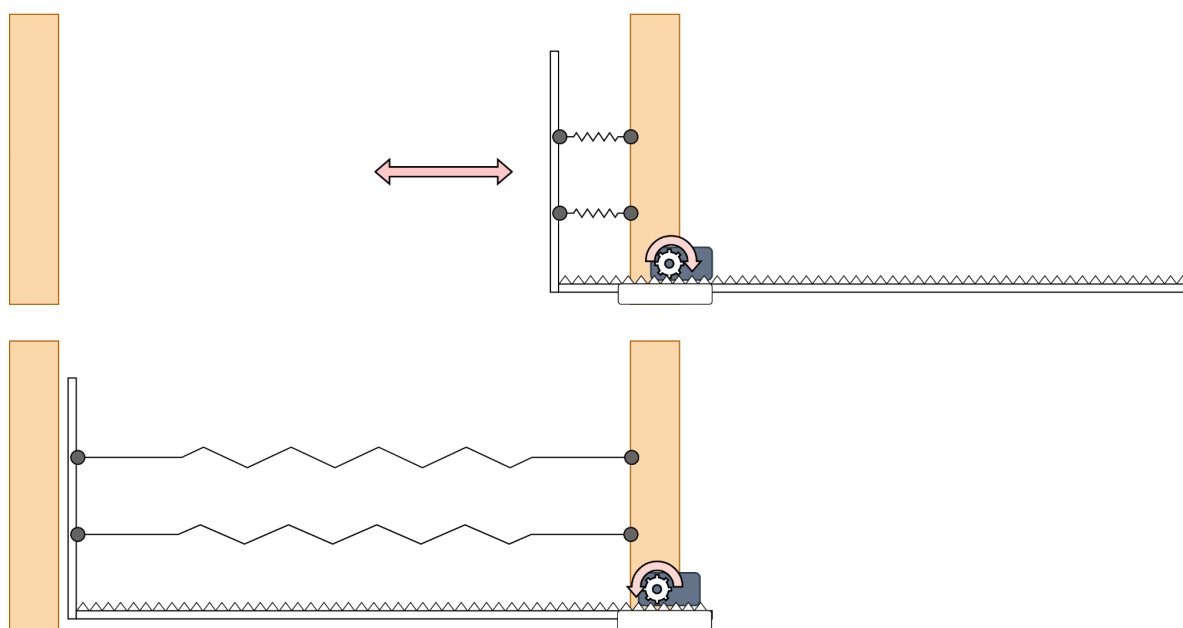


Рисунок 4. – Концепт автоматических ворот №4

Концепт	Преимущества	Недостатки
№1	Низкая материалоемкость. Простота механизма, контроля и конструкции в целом.	Подверженность к ветровым нагрузкам в виду наличия высокой перекладины
№2	Низкая материалоемкость. Простота механизма, контроля и конструкции в целом.	Сложность выполнения механизма штанги. Подверженность к ветровым нагрузкам в виду наличия высокой перекладины
№3	Низкая материалоемкость. Простота установки и обслуживания.	Вероятность заматывания и утапывания бечевки при проходе КРС
№4	Простота механизма, контроля и конструкции в целом	Сложность в изготовлении. Высокий изгиб зубчатой рейки.

Разработанная конструкция автоматических ворот состоит из платформы (1), шагового двигателя (2), червячного редуктора (3), основного профиля ворот (4), основания для крепления основного профиля (5), роликовой вертикальной штанги (6), троса (7), барабана на валу червячного редуктора (8), болта основания для крепления основного профиля (9), шплинта пальца (10), опоры для электроизгороди (11), вала червячного редуктора (12), гайки основания для крепления основного профиля (13), пальца (14), вала шагового двигателя (15), крепления для



основания профиля ворот (16), гайки дополнительной второй ножки основного профиля (17), болта дополнительной второй ножки основного профиля (18), болта дополнительной первой ножки основного профиля (19), гайки дополнительной первой ножки основного профиля (20), дополнительной первой ножки основного профиля (21), дополнительной второй ножки основного профиля (22), ушка препления троса к основному профилю (23), барабана вертикальной штанги (24).

Данная конструкция работает по следующему принципу. При определенном количестве вращении вала (15) шагового двигателя (2) в движение приводится вал (12) червячного редуктора (3). При этом основной профиль (4) совершает поднимается в сторону вертикальной штанги (6), а тем временем дополнительные первичный (22) и вторичный (21) профили установленные на основной профиль через соединение болт-гайка (17-18, 19-20) соответственно впадают в пазы основного профиля (4) в силу возможности свободного вращения вокруг осей бол-гайка (17-18, 19-20) и силы притяжения. На валу (3) червячного редуктора установлен барабан (8) на который наматывается трос (7). Трос (7) через свободно вращающийся барабан (24) установленный на вертикальной штанге (6) закреплен на основном профиле (4) посредством ушка (23). Первичный (22) и вторичный (21) дополнительные профили имеют меньшее поперечное сечение по сравнению с основным профилем (4), и все профили выполнены с полым сечением. Характерной особенностью данной конструкции является принцип выполнения основания для крепления (5) основного профиля (4) через концевую деталь основного профиля (16) к платформе. Более детальная установка основного профиля (4) к указанному основанию (5) через концевую деталь основного профиля (16) пошагово показана на рисунке X. Как видно из этого рисунка, основание для крепления (5) концевой детали основного профиля (16) устанавливается посредством наведения соответствующих отверстий имеющихся на обеих деталях и затем пронизывания пальца (14) через специально отведенное отверстие в основании крепления и в конце самого профиля, наконечник палец (14) закрепляется шплинтом (10). Данная особенность предотвращает перекидывание в сторону вертикальной штанги (6) и падение на землю основного профиля (4) при чрезмерном намотывании или разматывании барабана (8) червячного редуктора (3). Отверстие на основании для крепления (5) выполняется таким образом, чтоб угол основного профиля от земли не превышал 90 градусов при открытом состоянии, и не был ниже ~25 градусов при закрытом состоянии. Также данная особенность позволяет в ручную открывать и закрывает автоматические ворота без вмешательства в систему мотор-редуктор (2, 3) посредством снятия вышеуказанных пальца (14) и шплинта (10). При желании основной профиль (4) можно прислонить к вертикальной штанге (6) предварительно сняв пару палец-шплинт (14, 10).

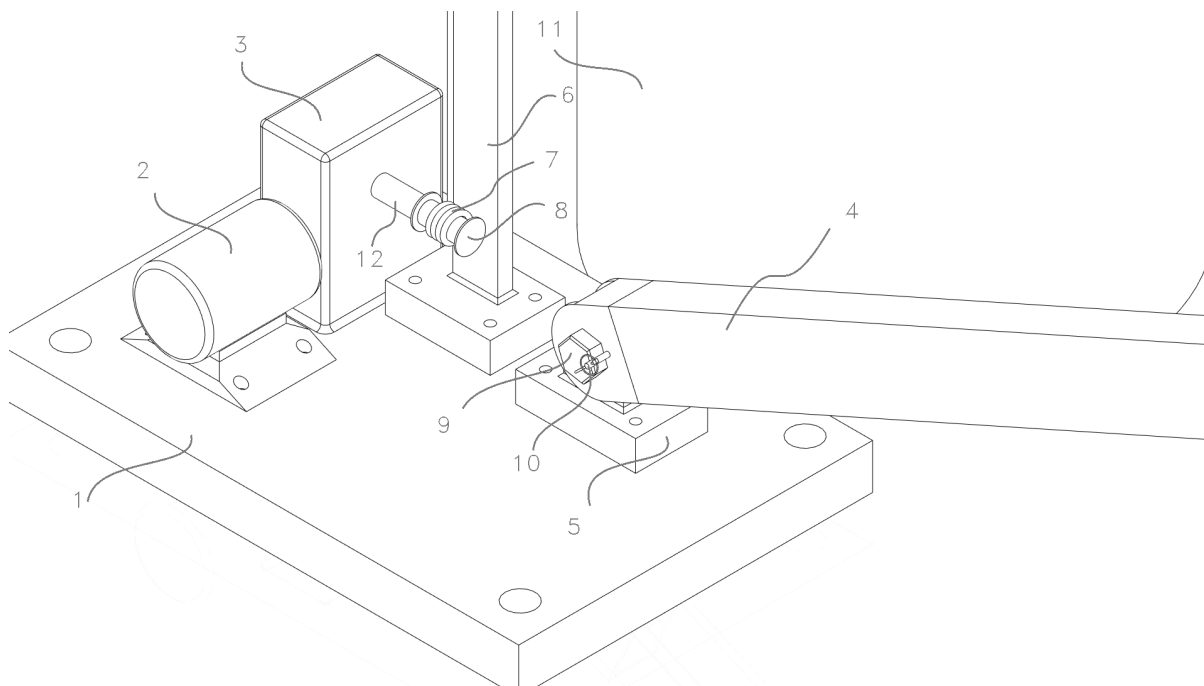


Рисунок 6. – Изометрический вид на платформу автоматическиз ворот

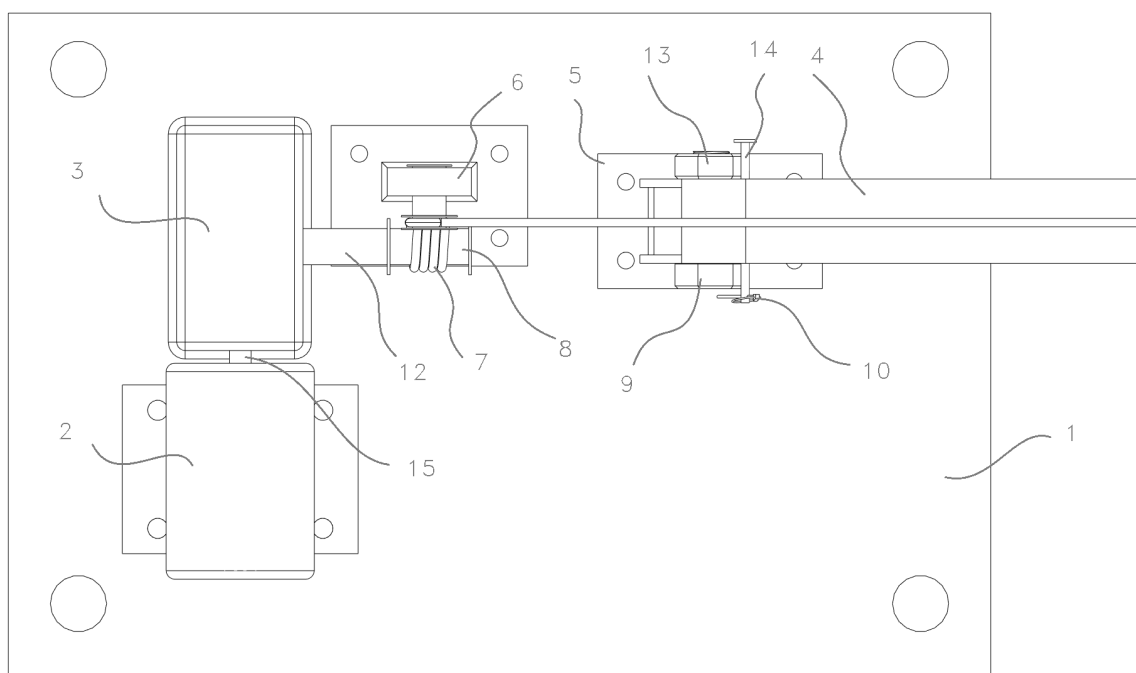


Рисунок 7. – Вид сверху на платформу автоматическиз ворот

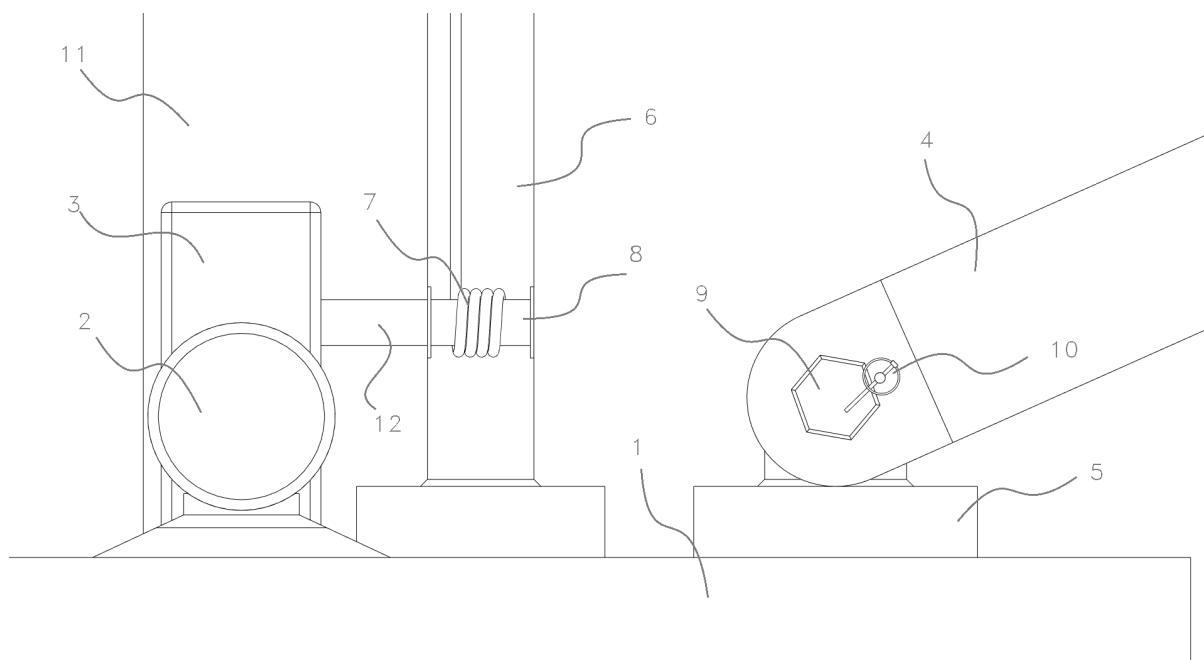


Рисунок 8. – Вид сбоку на платформу автоматическиз ворот

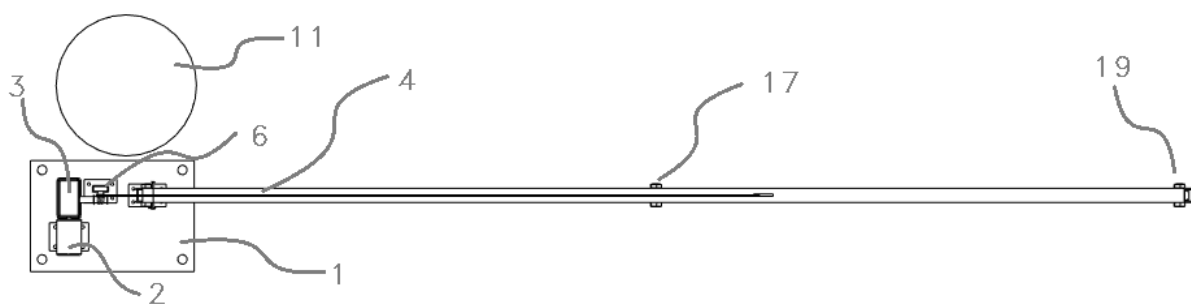


Рисунок 9. – Вид сверху на одну половину автоматических ворот

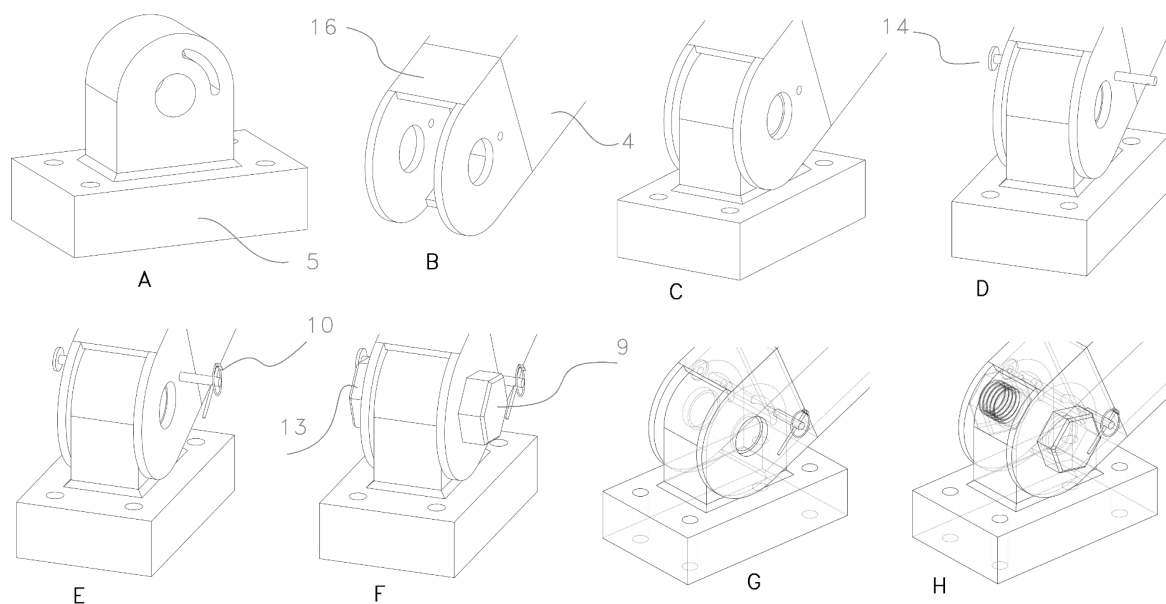


Рисунок 10. – Поэтапный монтаж основного профиля и его основания крепления к платформе

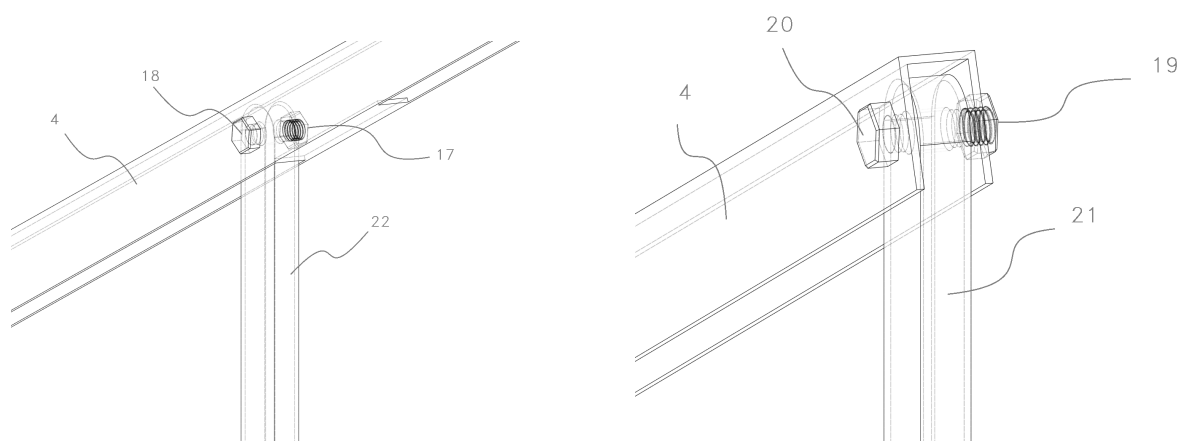


Рисунок 11. – Принцип конструкции и размещение дополнительных первичных и вторичных профилей в пазах основного профиля.

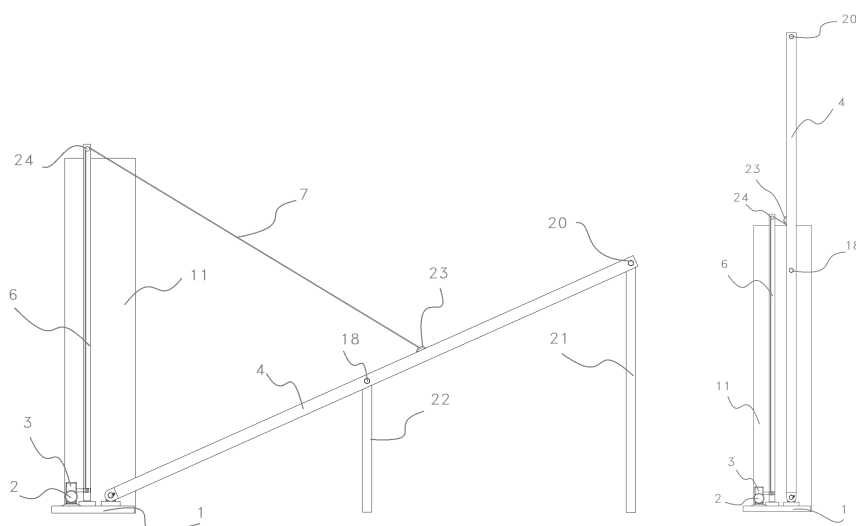


Рисунок 12. – Вид сбоку на два состояния автоматических ворот.  
Закрытый (слева) и открытый (справа)

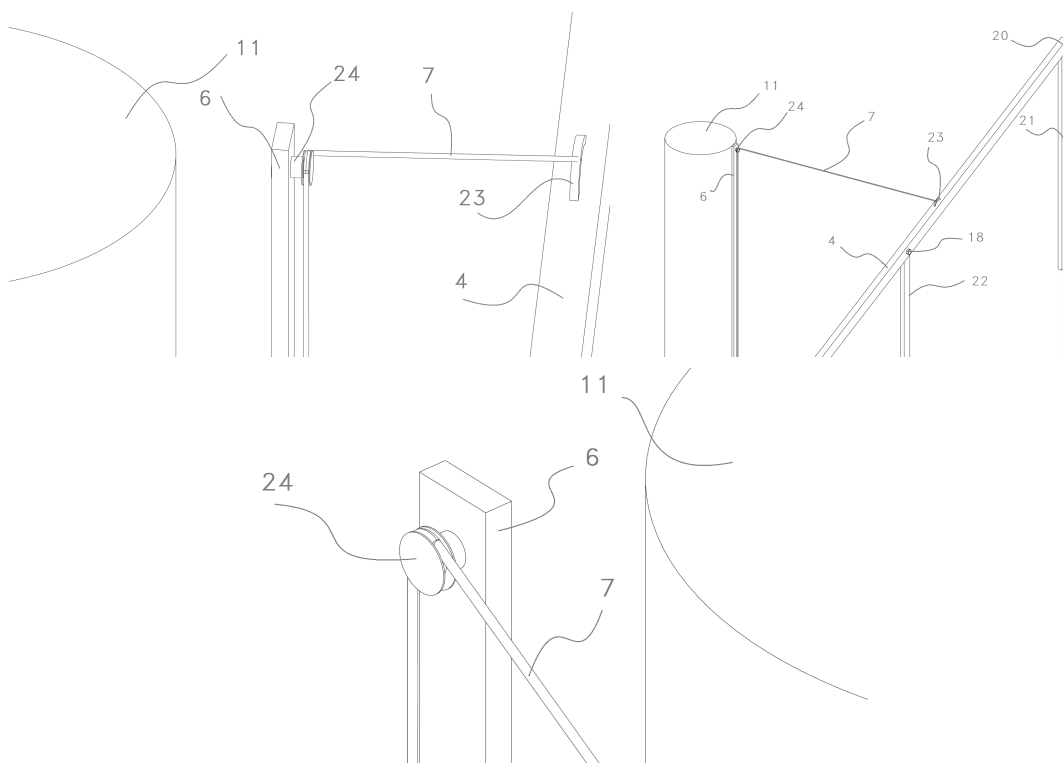


Рисунок 13. – Принцип конструкции и размещение барабана на вертикальной штанге и ушка на верхней части основного профиля.

В данной диссертационной работе предлагается разработанная конструкция автоматических ворот указанная на рисунках 6-13. Для определения основных параметрой разрабатываемой конструкции составлен онлайн калькулятор на базе ПО “Microsoft Excel”. В данном калькуляторе пользователю предлагаются возможность ввести основные переменные в желтые ячейки, затем калькулятор самостоятельно

определил оставшиеся параметры конструкции в зеленых ячейках. Описанный функционал калькулятора мотивирован тем фактом, что в последующих сравнениях конфигурация и размеры основных параметров электроизгороди и автоматических ворот может меняться в зависимости от местности и технологических или биологических требований. Данный калькулятор предлагает решение расчетов на изгиб основного профиля и вертикальной штанги а также на сжатие вертикально штанги. Конфигурация автоматических ворот может быть подобрана индивидуально под определенное техничское или географическое требование составителя.

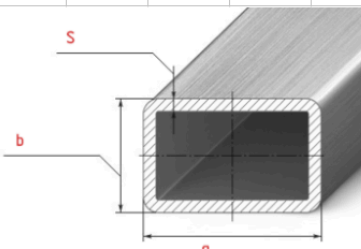
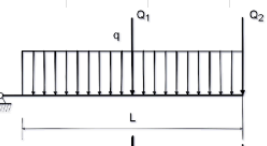
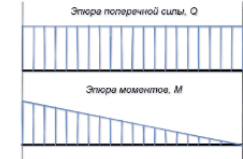
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Вводимые параметры	Единица измерения	Значение параметра	Сслка на источник					
2	Параметры опор								
3	Высота опоры (h)	мм	1500						
4	Расстояние между опорами (M)	мм	4500						
5	Радиус опоры	мм	150						
6	Основной профиль								
7	Материал профиля		Алюминий						
8	Ширина профиля (a)	мм	50	<a href="#">[1]</a>					
9	Высота профиля (b)	мм	30	<a href="#">[1]</a>					
10	Толщина стенки профиля (S)	мм	3	<a href="#">[1]</a>					
11	Расстояние от основания к месту крепления троса (x)	мм	1500						
12	Угол между опорой и основным профилем (бета)	град	66						
13	Длина троса при полном опускании шлакбаума (d)	мм	1634						
14	Угол между тросом и основным профилем (альфа)	град	57						
15	Длина профиля (шлакбаум) (L)	мм	2462	<a href="#">[1]</a>					
16	Плотность материала	кг/м3	2700	<a href="#">[2]</a>					
17	Вес	кг	3						
18	Коэффициент трения		1.15	<a href="#">[3]</a>					
19	Момент инерции по оси Y	мм4	61812	<a href="#">[4]</a>					
20	Момент инерции по оси X	мм4	142132	<a href="#">[4]</a>					
21	Модуль Юнга	ГПа	70	<a href="#">[5]</a>					
22	Профиль-крепление №1								
23	Материал трубы		Алюминий						
24	Ширина профиля	мм	40	<a href="#">[1]</a>					
25	Высота профиля	мм	20	<a href="#">[1]</a>					
26	Толщина стенки профиля	мм	2	<a href="#">[1]</a>					
27	Длина трубы (h2)	мм	1000						
28	Плотность материала	кг/м3	2700	<a href="#">[2]</a>					
29	Вес	кг	1						
30	Профиль-крепление №2								

Рисунок 14. – Калькулятор конструкции и действующих сил на автоматические ворота электроизгороди

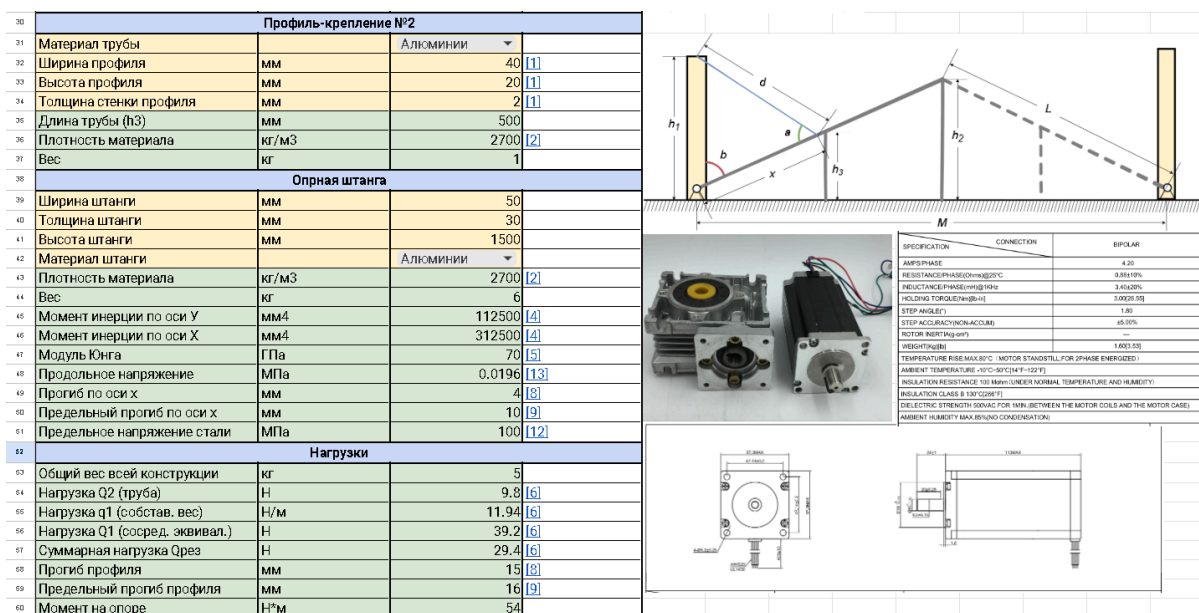


Рисунок 15. – Калькулятор конструкции и действующих сил на автоматические ворота электроизгороди

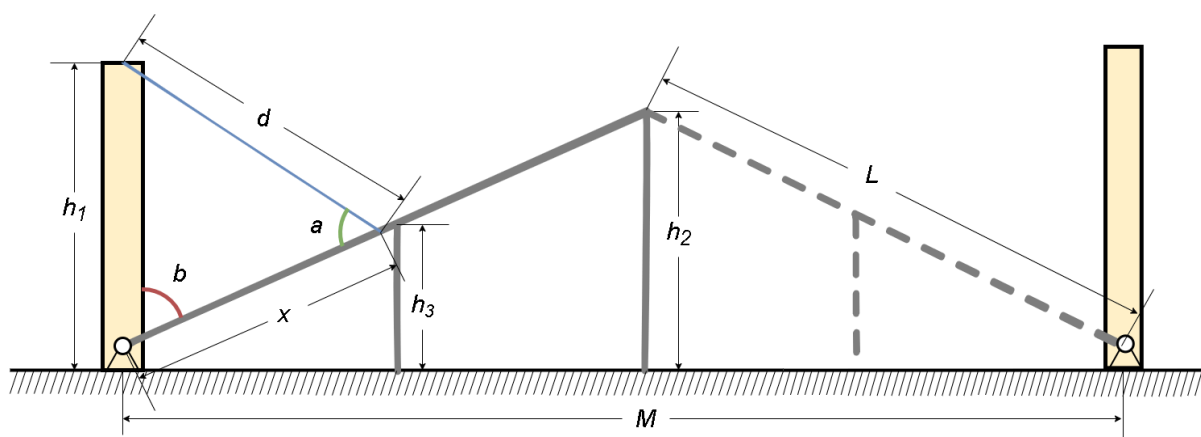


Рисунок 16. – Принципиальная схема автоматических ворот и ключевые обозначения основных параметров рассмотренных в калькуляторе.

По результатам проведенных расчетов на разработанном онлайн калькуляторе, момент который необходимо преодолеть для поднятия ворот составил 54 Нм. В данной работе рекомендуется использовать шаговый мотор NEMA23 (57HS11242A4) и червячный редуктор Worm Gearbox NMRV30 с соотношением в 1:20. Приведенные устройства вкупе позволяют получить момент на выходном валу в 60 Нм. Более того, червячные редукторы обладают уникальными свойствами такие как: самоторможение и реверсивность вращения вала при определенных углах зубьев червяка. Основные характеристики выбранного шагового двигателя приведены на рисунке 17.

SPECIFICATION	CONNECTION	BIPOLAR
AMPS/PHASE		4.20
RESISTANCE/PHASE(Ohms)@25°C		0.88±10%
INDUCTANCE/PHASE(mH)@1KHz		3.40±20%
HOLDING TORQUE(Nm)(lb-in)		3.00[26.55]
STEP ANGLE(°)		1.80
STEP ACCURACY(NON-ACCUM)		±5.00%
ROTOR INERTIA(g-cm²)		—
WEIGHT(Kg)(lb)		1.60[3.53]
TEMPERATURE RISE:MAX.80°C (MOTOR STANDSTILL;FOR 2PHASE ENERGIZED)		
AMBIENT TEMPERATURE -10°C~50°C[14°F~122°F]		
INSULATION RESISTANCE 100 Mohm (UNDER NORMAL TEMPERATURE AND HUMIDITY)		
INSULATION CLASS B 130°C[266°F]		
DIELECTRIC STRENGTH 500VAC FOR 1MIN.(BETWEEN THE MOTOR COILS AND THE MOTOR CASE)		
AMBIENT HUMIDITY MAX.85%(NO CONDENSATION)		

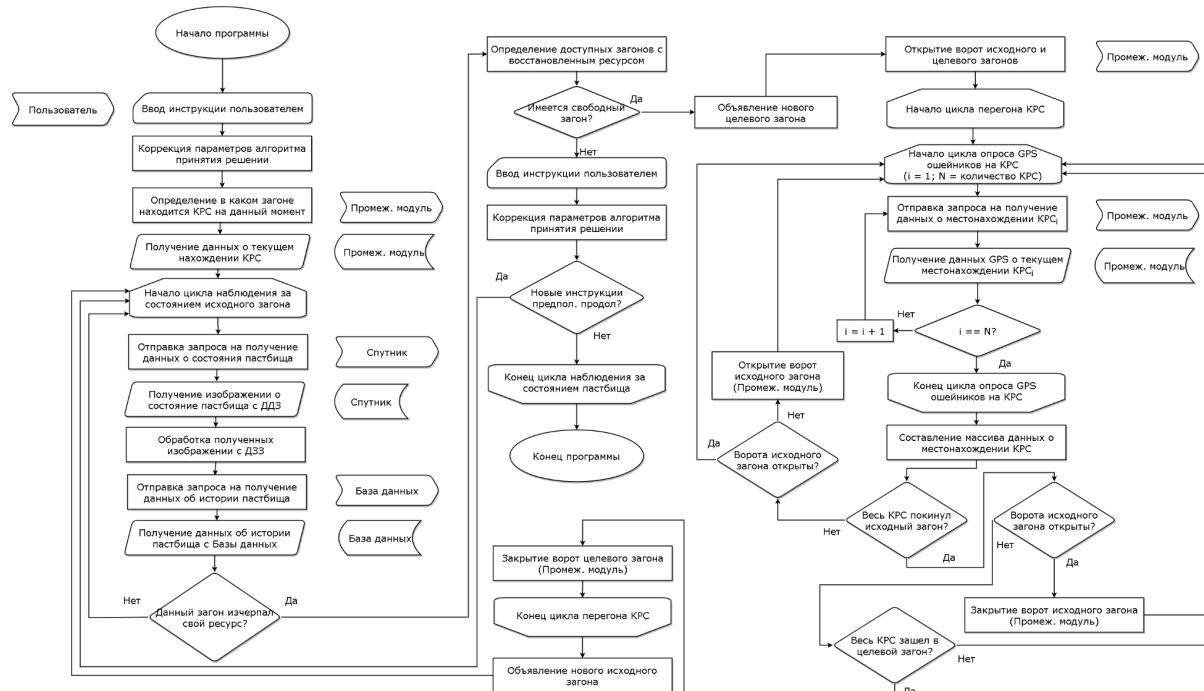
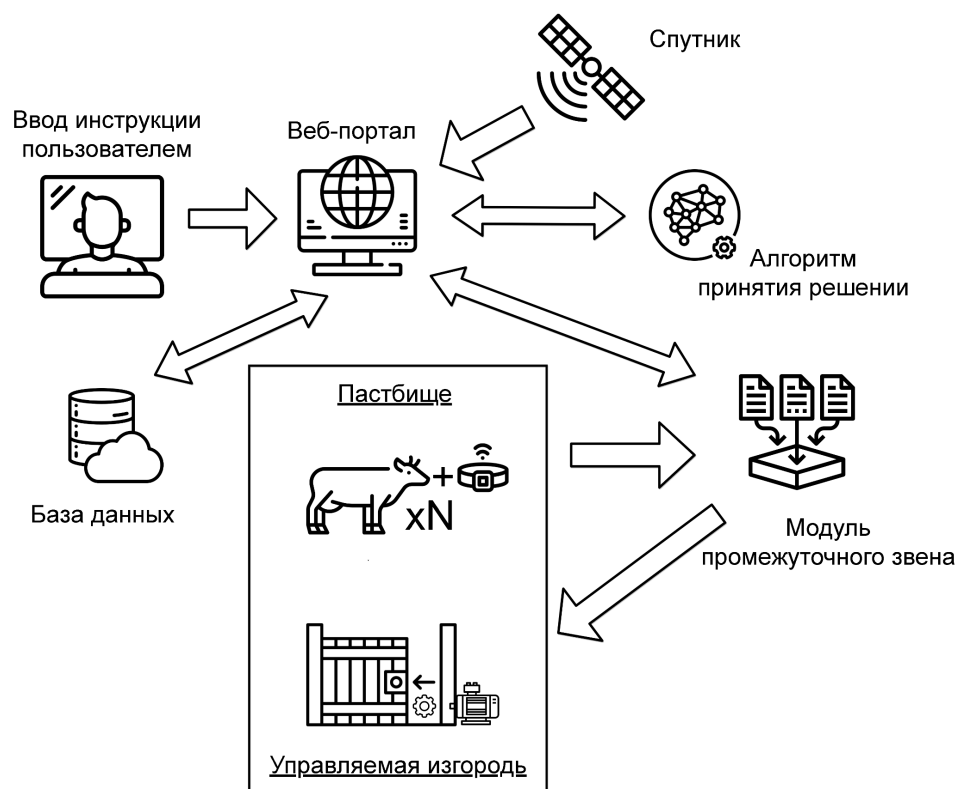
Рисунок 17. – Основные характеристики шагового двигателя NEMA23 57HS11242A4 и червячного редуктора Worm Gearbox NMRV30

Так как данная разработка является одним из ключевых компонентов всей системы контроля выпаса и ресурса пастбища появляется необходимость внедрения разработанной конструкции автоматических ворот в систему электроизгороди. Мероприятия по выработке схем и программных решения были рассмотрены в данной диссертационной работе с применением технологии, так называемых “Интерната вещей” (Interten of Things) сокр. “IoT”.



## **2. Разработка системы управления автоматическими воротами**

Разработанная в данной диссертационной работе система интеллектуальной платформы работает следующим образом. Веб-портал (или мобильное приложение) получает запрос/инструкции от пользователя. Далее, веб-портал отправляет запрос в базу спутниковых данных и получает ответ в виде изображения в соответствии с введенным запросом от пользователя. Затем алгоритм приняты решения принимает решение на основе имеющихся данных (зависимости от доступности того или иного изображения на определенную дату) производит оценку биоресурса пастбища и строит кривую прогноза истощения ресурса пастбища. Система производит рекомендательные решения о переводе пасущегося скота в другой неистощенный загон и после подтверждения пользователем начинает процесс перегона. В модуль-ошейник каждой коровы встроен GPS трекер и модуль передачи данных который отправляет данные о координатах коровы на головной модуль, который в свою очередь, компонует все данные в один массив и отправляет на Веб-портал. Монтажные схемы GPS трекера и промежуточного модуля системы приведены на рисунках X и X. Веб-портал отслеживает процесс перегона до завершения полного перехода стада с одного загона на другой. Также головной модуль отвечает за открытие и закрытие ворот электроизгородей посредством отправки команд через нативный протокол ESP-NOW, на модуль ворот. Таким образом, веб-портал осуществляет взаимодействие с пастбищем посредством промежуточного (головного) модуля. Более наглядное представление приведены на блок-схеме с алгоритмом исполнения на рисунке 19. Основные компоненты на проиллюстрированы на рисунке 18.



### 3. Разработка схемных решений по управлению

Система модулей управления представляет собой сложную сборку компонентов, тщательно разработанных для обеспечения контролируемого содержания скота и управления им. Каждый составляющий элемент служит определенной цели, в совокупности способствуя общей функциональности системы. Эта комплексная система, включающая разработанные модули на базе микроконтроллеров, электрическое ограждение и исполнительные механизмы, обеспечивают модульность, компактность и адаптивность, необходимые для современного подхода к содержанию скота и управлению пастбищами. Основные компоненты системы содержания скота могут быть в следующем составе представленном ниже:

1. Головной модуль (промежуточный). Состав: Микроконтроллер ESP32, радио модуль LoRa SX1278 AS32-TTL-100, OLED дисплей 128x64.
2. Модуль ворот. Состав: Микроконтроллер ESP32, драйвер шагового двигателя A4988, Шаговый двигатель NEMA17 17HS4401S.
3. Модуль ошейника КРС. Состав: Микроконтроллер ESP32, радио модуль LoRa SX1278 AS32-TTL-100, GPS модуль Ublox NEO-M8N,

Каждый из этих компонентов вносит свой вклад в общую эффективность и функциональность системы содержания скота. На рисунке 20 приведена схема электрической изгороди и автоматических ворот. На рисунках 21-23 показаны принципиальная и монтажная схемы разработанных в данной диссертационной работе модулей управления.

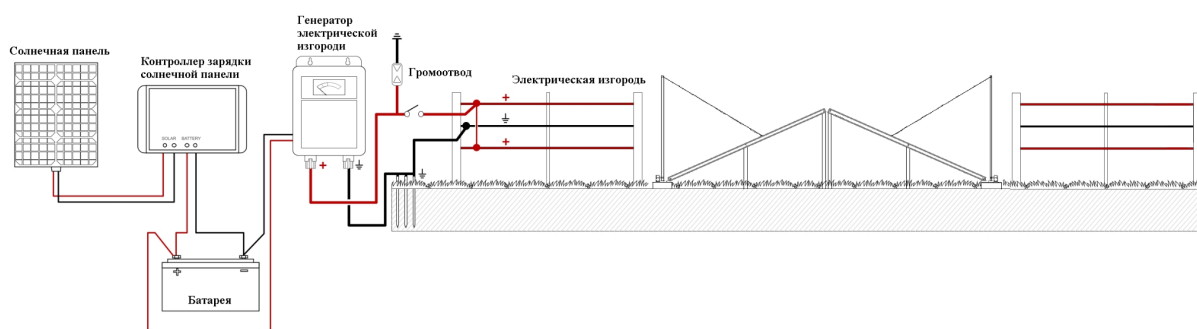


Рисунок 20. – Монтажная схема основных компонентов электроизгороди и разработанных автоматических ворот.

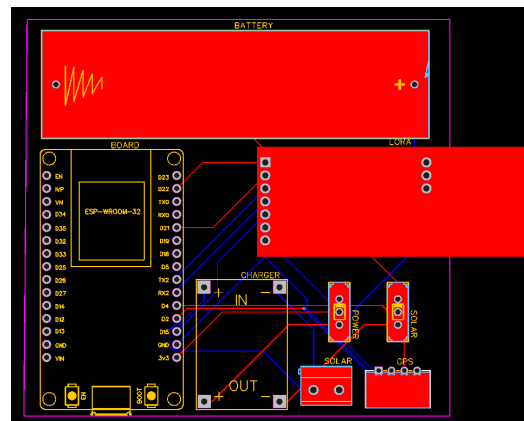
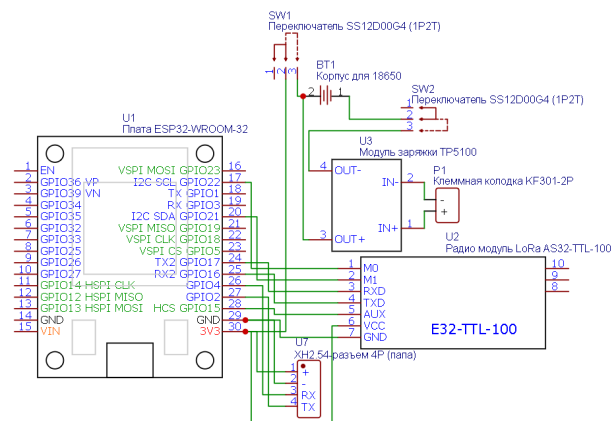


Рисунок 21. – Принципиальная и монтажная схемы основных компонентов GPS ошейника КРС.

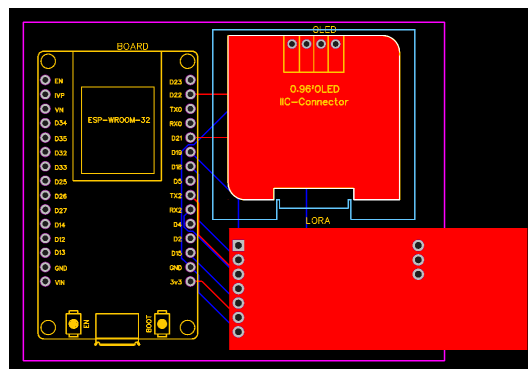
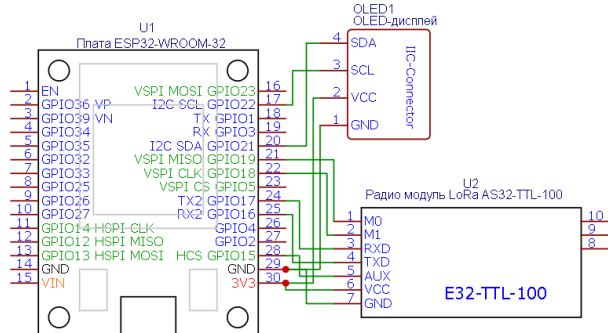


Рисунок 22. – Принципиальная и монтажная схемы основных компонентов головного модуля системы автоматических ворот.

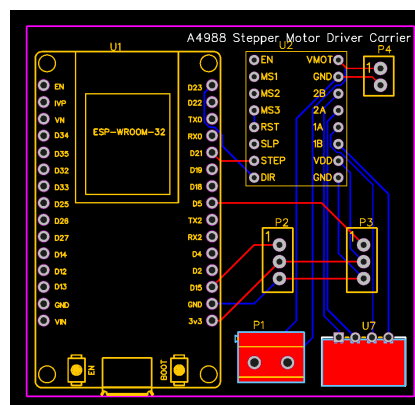
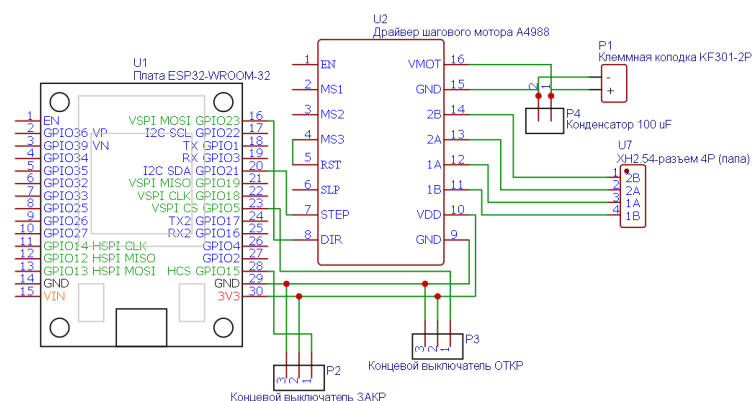


Рисунок 23. – Принципиальная и монтажная схемы основных компонентов модуля ворот системы автоматических ворот.

Предложенные в этой главе технические решения позволяют добиться поставленных в данной диссертационной работе целей, при этом обеспечивают низкую себестоимость (~17 тыс. тенге для одного GPS ошейника) и материалоемкость, низким энергопотреблением (~45 мА для одного GPS ошейника) а также отличаются простотой обслуживания.

Стоит отметить что вышеуказанные технические решения мотивированы тем фактом, что конфигурация пастбища часто претерпевает изменения в виду смены места стравливания и т.д. Именно поэтому, в данные решения отличаются модульностью и относительно простой конструкцией для более быстрого и простого монтажа и демонтажа.

#### **4. Выводы**

Таким образом, представленные в этой главе разработки, способствуют реализации целей, изложенных в данной диссертации, обеспечивая экономическую эффективность, минимальные требования к материалам и простое техническое обслуживание. Важно подчеркнуть, что вышеупомянутые технические решения обусловлены динамичным характером конфигураций пастбищ, часто изменяющихся под воздействием таких факторов, как изменение мест кормления. Следовательно, эти решения отличаются модульной конструкцией и относительно несложной конструкцией, направленной на ускорение процессов сборки и разборки.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Goliński, P.; Sobolewska, P.; Stefańska, B.; Golińska, B. Virtual Fencing Technology for Cattle Management in the Pasture Feeding System—A Review. *Agriculture* 2023, 13, 91. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010091>
2. Rakestraw, D. (2022, December 21). The benefits of using electric fence with cattle. The Cattle Site<sup>3</sup>.
3. (n.d.). Benefits Of Electric Fencing For Cattle - Secure, Cost-Effective, And ... Rustic Roots Living<sup>1</sup>.
4. (n.d.). Electric Fencing - Advantages and Livestock Containment. Chemvet<sup>4</sup>.