

Система роботизированной хирургии  
«Павлин»

Тундыков Сергей

10 сентября 2023 г.

# Содержание

<b>1</b>	<b>Теоретический этап</b>	<b>3</b>
1.1	Введение и актуальность проекта . . . . .	3
1.2	Цель и задачи . . . . .	4
1.3	Оценка и анализ аналогов . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Практический этап</b>	<b>6</b>
2.1	Конструкция и механизмы работа . . . . .	6
2.1.1	Выбор САПР . . . . .	6
2.1.2	Механика манипулятора . . . . .	6
2.1.3	Корпус работа . . . . .	6
2.2	Электроника устройства . . . . .	7
2.2.1	Выбор САПР . . . . .	7
2.2.2	Подбор компонентов и модулей . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Заключение</b>	<b>8</b>
3.1	Влияние устройства на окружающую среду при производ- стве, эксплуатации и утилизации . . . . .	8
3.1.1	Производство . . . . .	8
3.1.2	Эксплуатация . . . . .	8
3.2	Утилизация . . . . .	8
3.3	Экономическая оценка . . . . .	9

# 1 Теоретический этап

## 1.1 Введение и актуальность проекта

Роботу уже стали неотъемлемой частью нашей современной жизни и широко распространились практически повсеместно. Робототехнические устройства используются в различных сферах: от производства и сферы обслуживания до различных исследований.

В производственных отраслях роботы выполняют множество функций, включая сборку, перемещения грузов, сварку и обработку материалов. Они обладают точностью и скоростью, которые превосходят человеческие возможности, что позволяет значительно увеличить эффективность и надежность производственных процессов.

В сфере обслуживания робототехника также находит широкое применение. Роботы-помощники могут выполнять различные задачи, такие как уборка помещений, доставка товаров, обслуживание клиентов в отелях и ресторанах. Они способны распознавать и обрабатывать информацию, имитировать поведение и взаимодействие с людьми.

Исследования и разработки в области робототехники также активно продвигаются. Роботы используются в авиации, космонавтике и подводном исследовании. Они могут исследовать опасные или недоступные для человека места, собирать данные и выполнять задачи, которые требуют высокой точности и автономности.

Повсеместное распространение робототехники открывает огромные возможности для увеличения производительности и улучшения условий жизни людей. Однако возникают и этические и юридические вопросы, связанные с использованием роботов, которые требуют обсуждения и регулирования.

Роботы имеют колоссальный потенциал развития в медицинской сфере, однако до сих пор медицина остаётся одной из наименее роботизированной сферой деятельности человека. Это связано с тем, что разработка и ввод в эксплуатацию таких устройств в значительной мере затрещена этическими и законодательными нормами. Также к медицинским устройствам предъявляют повышенные требования к надёжности, что

увеличивает сложность конструкции и повышает затраты на разработку.

Робот хирург — это медицинское устройство, которое используется в хирургических процедурах для помощи хирургу. Робот хирург состоит из роботизированных манипуляторов, которые контролируются хирургом. Большинство таких робот предназначены для малоинвазивных хирургических вмешательств, чаще всего методами лапароскопии. Использование таких методов позволяет снизить травматизацию тканей, по сравнению с открытыми операциями. Послеоперационный период сокращается с 1,5-6 месяцев до 2-3 недель. Такие устройства также позволяют повысить точность действий хирурга.

Особенно актуален данный проект в текущей политической обстановке на западных рубежах РФ. Благодаря таким устройствам можно существенно снизить время до оказания квалифицированной хирургической помощи. Такая технология также обезопасит жизнь и здоровье хирургов, т.к. операции можно проводить на расстоянии с помощью методов телемедицины. Думаю, это также окажет своё влияние на психическое состояние и уровень стресса специалистов.

## **1.2 Цель и задачи**

Цель проекта заключается в создании прототипа системы роботизированной хирургии для проведения малоинвазивных вмешательств путём лапароскопии.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Рассмотреть аналоги и сохие устройства
2. Сформулировать техническое задание
3. Подобрать необходимые компоненты и материалы
4. Разработать части конструкции в САПР

5. Изготовить детали, произвести монтаж компонентов, собрать конструкцию
6. Запрограммировать и отладить систему
7. Оценить и представить работу

### **1.3 Оценка и анализ аналогов**

В настоящее время данная отрасль не может похвастаться разнообразием устройств. Безусловным лидером на рынке является американская компания «Intuitive Surgical» со своей линейкой роботов «Da Vinci». По всему миру насчитывается порядка 1500 таких устройств, из них 25 в России. На них в 2022 году было проведено 4463 операции. В качестве преимуществ этого робота специалисты выделяют высокую точность манипуляторов, функцию подавления тремора, эргономичность консоли хирурга, из недостатков – отсутствие тактильной обратной связи. Пациенты жалуются на высокую стоимость таких операций: на обслуживание робота расходуется несколько сотен тысяч долларов.

В последнее время все больше таких устройств появляются на рынке. Поступают сообщения из Ирана, о производстве роботов «Sina».

В марте 2018 года в г. Пенза была проведена операция на свинье Роза с помощью инновационного российского робота хирурга. По заявлениям СМИ стоимость его эксплуатации будет сравнима со стоимостью операции по ОМС. Его особенности, плюсы и минусы оценить не представляется возможным, т.к. все механизмы при демонстрации были закрыты тканью.

## **2 Практический этап**

### **2.1 Конструкция и механизмы робота**

#### **2.1.1 Выбор САПР**

Для проектирования механизмов была использована отечественная САПР «Компас-3D». Данная система обладает всем необходимым функционалом, имеет бесплатную ученическую версию и имеет относительно небольшие системные требования, в основном именно эти факторы определили дальнейший выбор САПР.

#### **2.1.2 Механика манипулятора**

Механизм позиционирования инструмента основан на кинематической системе SCARA. Состоит из двух плечей. Для управления углом первого плеча оно присоединено непосредственно к шаговому двигателю. Вращение второго плеча передаётся через тросиковую систему. Лапароскопический инструмент крепится на каретку двигающуюся по минирельсу, таким образом изменяется глубина погружения инструмента.

Минирельсы MGN12H — это высокоточные рельсовые направляющие, которые обеспечивают плавное и точное перемещение фигур на доске. Эти рельсы имеют очень маленький размер и высокую точность, что делает их идеальным выбором для применения в роботизированных устройствах. К тому же они имеют долгий срок службы и устойчивы к коррозии, этим и обуславливается их выбор.

Все части механизма выполнены из PLA пластиком с применением технологии 3d печати. Такая технология обеспечивает возможность быстрой модификации конструкции, а также обеспечивает достаточную прочность.

#### **2.1.3 Корпус робота**

Корпус устройства изготовлен из трёхмиллиметровой фанеры на фрезерном станке с число-программном управлением. Проектирование корпуса было выполнено в программе Corel Draw.

## 2.2 Электроника устройства

### 2.2.1 Выбор САПР

Для проектирования электронной части применялось несколько САПР: Компас-3D и KiCad.

### 2.2.2 Подбор компонентов и модулей

Для перемещения инструмента были выбраны шаговые двигатели типа NEMA 17, работающие от напряжения 12В. Для управления ими необходимы драйвера шаговых двигателей DRV8825.

«Мозгом» моей доски является микроконтроллер esp-32, мне давно приглянулись эти контроллеры, т.к. в них уже есть встроенные модули Bluetooth и Wi-Fi, и при этом их цена не выше «классической» Arduino UNO при сходных возможностях.

Для управления шаговыми двигателями я использую драйвера на основе микросхемы A4988. Эти драйвера обеспечивают достаточную величину микрошага (1/16 шага), и могут работать без дополнительных компонентов с esp32 у которой логическая единица на выходе – 3.3 В, в отличие от DRV8825 с логической единицей в 5 В.

Драйвера шаговых двигателей устанавливаются на платы разработанные и изготовленные самостоятельно на фрезерном станке с ЧПУ.

Медицинская техника требует повышенной точности, поэтому в моём устройстве установлены дополнительные приборы для контроля положения приводов. На каждый шаговый двигатель установлены оптические энкодеры – инфракрасный светодиод и фототранзистор.

## **3 Заключение**

### **3.1 Влияние устройства на окружающую среду при производстве, эксплуатации и утилизации**

#### **3.1.1 Производство**

Для производства устройства необходимо соблюдать множество правил безопасности, чтобы защитить окружающую среду от негативного воздействия различных веществ и материалов. Прежде всего, необходимо убедиться, что использованные материалы не являются токсичными. Кроме того, вся техника должна иметь соответствующие сертификаты качества и соответствовать нормам экологической безопасности. Также необходимо обеспечить эффективное управление и контроль производственного процесса для того, чтобы предотвратить попадание вредных веществ в окружающую среду. И важно проводить постоянный мониторинг качества выпускаемой продукции, чтобы вовремя выявлять возможные производственные отклонения и предпринимать меры по их устранению. Такие меры позволят сделать производство роботизированной хирургической системы безопасным не только для окружающей среды, но и для всех, кто связан с этим процессом.

#### **3.1.2 Эксплуатация**

Благодаря использованию современных экологичных материалов, таких как PLA пластик, древесина и металл, при производстве, риск загрязнения окружающей среды снижается до минимума. Также, из-за их электрической природы такие устройства не создают отходов или выбросов, что делает их продуктом, не оказывающим отрицательного влияния на нашу планету.

### **3.2 Утилизация**

Как и любое электронное устройство, она состоит из нескольких материалов, которые могут быть переработаны. Например, платы с элек-

троной их можно переработать разными способами, включая расплавление, химическую обработку или физическую обработку. Другие материалы, такие как металлические детали или пластиковые части могут быть переработаны в качестве вторсырья, используя различные методы переработки например, измельчение, разделение по типу, обработка термическим способом или рециклирование.

Часть деталей моей системы напечатаны из разлагаемого PLA пластика, поддающегося переработке. Детали будут переработаны в соответствии с ГОСТ Р 54533-2011. Однако, следует учитывать, что переработка PLA отличается от переработки других видов пластика, так как он является биоразлагаемым материалом. Поэтому, необходимо выбирать специализированное оборудование для переработки PLA и учитывать особенности этого материала при применении ГОСТов.

Часть корпуса моего робота изготовлен из фанеры. Эти детали будут переработаны в соответствии с ГОСТ 3916.1-2018.

Важно не забывать об утилизации электроники, ведь ежегодно человечество отправляет на свалки более 50 миллионов тонн вышедшей из строя электроники. Утилизация электроники, сипользующейся в моей СРХ будет производиться по ГОСТ Р 70146—2022. Правильная утилизация электроники играет важную роль в сохранении здоровья и безопасности окружающей среды. Утилизированные неправильно электронные устройства могут быть опасными для человеческого здоровья, поскольку могут содержать токсичные химические вещества и материалы, например ртуть, свинец и кадмий.

### **3.3 Экономическая оценка**

При создании своего устройства я старался максимально удешевить его, при этом, не жертвуя качеством изделия. В таблице представлена подробная экономическая оценка.

Название	Кол-во	Цена за ед. руб	Цена, руб
Микроконтроллер esp32	3	350	1050
Драйвер шагового двигателя A4988	7	50	350
Шаговый двигатель 17HS4023	7	300	2100
Линейная направляющая с ползунком MGN12H	1	900	900
Блок питания	1	600	600
Фанера 3мм 1.5м x 1.5м	1	845	845
Электронный штангенциркуль	2	250	500
PLA пластик, 750 гр	2	2200	2200
Крепежные элементы	-	-	300
Провода	-	-	200
Аренда оборудования	-	-	2000
Рассыпуха	-	-	400
<b>ИТОГО:</b>			11395