

МУНИЦИПАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ВТОРАЯ НОВОСИБИРСКАЯ ГИМНАЗИЯ

Кафедра инженерных компетенций



ЛИНЕЙНЫЙ ЗВУКОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР

**Руководители проекта:**

Червоненко А.П.

Кузнецов Э.В.

**Выполнили ученики 10 А класса**

Кабернюк Иван

Кузаков Артём

Никитин Кирилл

Параскун Александр

Румянцев Владислав

Тимохина Диана

Чернов Егор

Новосибирск 2018

## Содержание

1. ОСНОВАНИЯ ВЫБОРА ТЕМЫ ПРОЕКТА .....	3
1.1. Актуальность выбранной темы .....	3
1.2. Звук. Анализ физических процессов .....	4
2. ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ. МОДЕЛИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ.....	6
2.1. Принцип преобразования энергии .....	6
2.2. Резонатор.....	6
2.3. Диффузор.....	8
2.4. Магнитная система .....	9
2.5. Конструкция трехосевой поддержки .....	12
2.6. Выходное преобразование энергии .....	13
3. СБОРКА ПРОТОТИПА .....	14
4. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ.....	29
5. ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ .....	30
5.1. Рабочий диапазон частот .....	30
5.2. Расчет КПД.....	30
6. ВЫВОДЫ .....	33

# 1. ОСНОВАНИЯ ВЫБОРА ТЕМЫ ПРОЕКТА

## 1.1. Актуальность выбранной темы

В настоящее время в условиях ограниченности энергетических ресурсов, в основном определенной добычей полезных ископаемых, мировое сообщество находится в поиске альтернативных источников энергии. На текущий момент хорошо известны и в достаточной степени эффективны устройства, преобразующие в электричество энергию ветра, солнца и воды.

В целом в процессе поиска свободной информации, относящейся к генераторам электрической энергии на основе воздействия звука определено, что вопрос остается и по сей день достаточно малоизученным. Имеющиеся звукоэлектрические генераторы находятся либо на стадии прототипирования, либо используются исключительно в научных исследованиях и не предназначены для использования массовым потребителем в качестве эффективного портативного маломощного источника электрической энергии, как, к примеру, используются мобильные солнечные станции для зарядки мобильных устройств.

Таким образом команда разработчиков Siberian Electrical Engineers (SEE) поставила перед собой задачу разработки прототипа линейного звукоэлектрического генератора, принципиально работоспособного, в первом приближении обеспеченного выходными параметрами близкими к необходимым для зарядки мобильных устройств различных типов.

В процессе разработки использованы САПР для детального проектирования конструкции установки (AutoCad), расчета магнитного поля (Elcut) и расчета КПД установки (MathCad).

При изготовлении деталей конструкции использованы собственные 3D принтер и лазерный станок.

Изготовление магнитной системы осуществлялось на производственном участке компании «АКВАКАТ» с использованием фрезерных станков с ЧПУ по чертежам, представленных в 2.4.

## 1.2. Звук. Анализ физических процессов

Звук — физическое явление, представляющее собой распространение в виде упругих волн механических колебаний в твёрдой, жидкой или газообразной среде.

Как и любая волна, звук характеризуется амплитудой и частотой. Амплитуда характеризует громкость звука. Частота определяет тон, высоту. Обычный человек способен слышать звуковые колебания в диапазоне частот от 16—20 Гц до 15—20 кГц. Звук ниже диапазона слышимости человека называют инфразвуком; выше: до 1 ГГц, — ультразвуком, от 1 ГГц — гиперзвуком. Громкость звука сложным образом зависит от эффективного звукового давления, частоты и формы колебаний, а высота звука — не только от частоты, но и от величины звукового давления.

Звуковые волны могут служить примером колебательного процесса. Всякое колебание связано с нарушением равновесного состояния системы и выражается в отклонении её характеристик от равновесных значений с последующим возвращением к исходному значению. Для звуковых колебаний такой характеристикой является давление в точке среды, а её отклонение — звуковым давлением.

Если произвести резкое смещение частиц упругой среды в одном месте, то в этом месте увеличится давление. Благодаря упругим связям частиц давление передаётся на соседние частицы, которые, в свою очередь, воздействуют на следующие, и область повышенного давления как бы перемещается в упругой среде. За областью повышенного давления следует область пониженного давления, и, таким образом, образуется ряд чередующихся областей сжатия и разрежения, распространяющихся в среде в виде волны. Каждая частица упругой среды в этом случае будет совершать колебательные движения.

В жидких и газообразных средах, где отсутствуют значительные колебания плотности, акустические волны имеют продольный характер, то есть направление колебания частиц совпадает с направлением перемещения волны.

Распространение звука — это процесс перемещения в пространстве и во времени возмущений. Звуковая волна распространяется в веществе, находящемся в газообразном, жидком или твёрдом состоянии, в том же направлении, в котором происходит смещение частиц этого вещества, то есть она вызывает деформацию среды. Частицы среды, участвующие в передаче энергии волны, колеблются около положения своего равновесия. Скорость, с которой частицы колеблются около среднего положения равновесия называется колебательной скоростью. Колебательная скорость частиц изменяется согласно уравнению:

$$V = U \sin(2\pi ft + G),$$

где  $V$  — величина колебательной скорости;  $U$  — амплитуда колебательной скорости;  $f$  — частота звука;  $t$  — время;  $G$  — разность фаз между колебательной скоростью частиц и переменным акустическим давлением.

Амплитуда колебательной скорости характеризует максимальную скорость, с которой частицы среды движутся в процессе колебаний, и определяется частотой колебаний и амплитудой смещения частиц среды:

$$U = 2\pi fA$$

Таким образом, на основе выше представленной информации возможен расчет входной мощности разработанной установки. Также переменное звуковое давление напрямую определяет наличие колебаний в установленном препятствии (диффузоре), размеры которого много больше длины звуковой волны. Следовательно, определяющую роль в формировании энергетической эффективности установки в целом играет выбор материала и формы диффузора, который и является воспринимающей переменное давление частью разработанного генератора.

## 2. ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ. МОДЕЛИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ

### 2.1. Принцип преобразования энергии

Работа установки основана на преобразовании энергии механического возвратно-поступательного движения центральной точки диффузора в электроэнергию при перемещении катушки индуктивности, закрепленной на нем, в поперечном магнитном поле постоянного магнита.

ЭДС наводимая в обмотке движущейся части (якоре) прямо пропорциональна индукции магнитного поля, скорости перемещения обмотки в нем, средней длине одного витка и числу этих витков.

В общем случае, следует учитывать, что ток, который протекает в обмотке якоря, взаимодействуя с полем постоянного магнита будет создавать тормозные силы, которые будут выступать в качестве дополнительного демпфера для диффузора, при этом снижать амплитуду его колебаний а следовательно и выходное напряжение генератора.

Таким образом, генератор является нестабильным по напряжению источником электрической энергии. В дальнейшем необходимо обеспечить стабилизацию напряжения дополнительными средствами.

### 2.2. Резонатор

С целью улучшения энергетических показателей разрабатываемого звукоэлектрического генератора предложено использование резонатора, представляющего собой корпус акустической гитары, модель которого представлена на рисунке 1.

На резонансных частотах система наиболее эффективно расходует энергию на колебания, а не на нагрев.

Акустическое КПД системы принимает наибольшие значения на резонансных частотах, так как на них упругость материала наиболее эффективно поддерживает колебания.

Необходимо отметить, что резонанс будет наблюдаться в случае, если частота возбуждающих его колебаний ниже резонансной частоты и кратна ей в целое число раз, то есть резонансная частота будет являться гармоникой возбуждающей частоты.

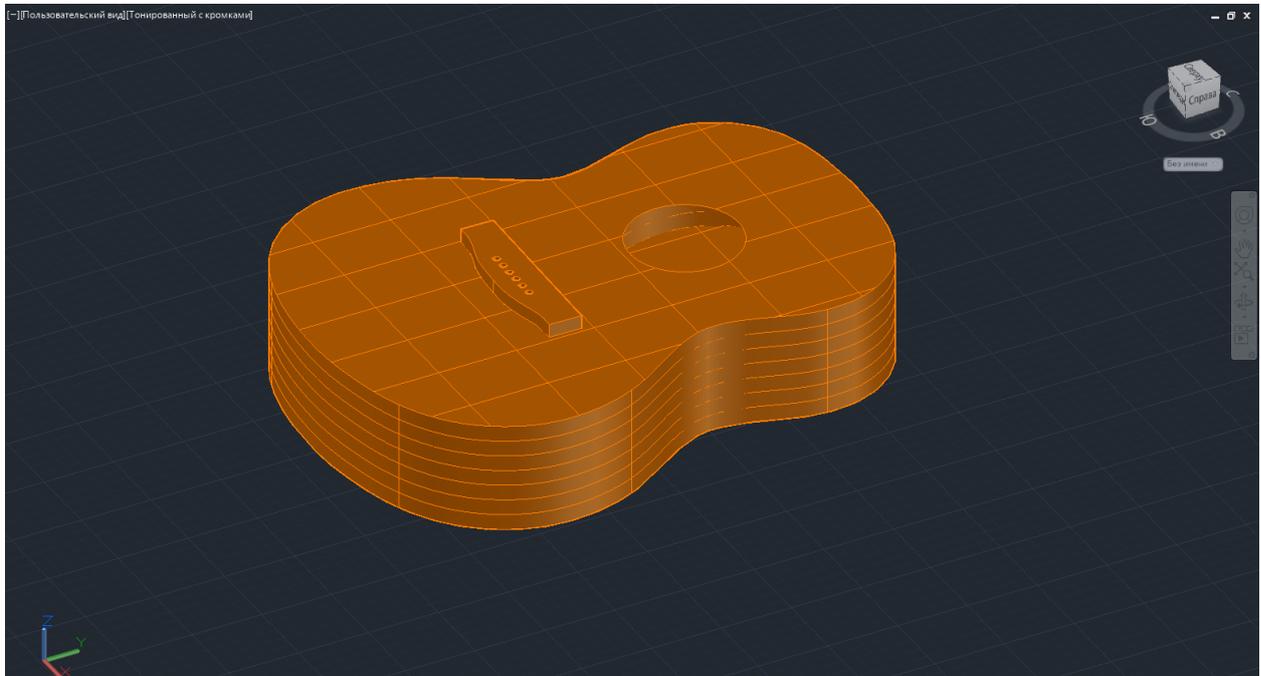


Рисунок 1 – Модель резонатора

Следует отметить, что для используемого резонатора опытным путем был исследован показатель добротности акустической системы, определивший три главных резонансных частоты системы, ориентировочно составляющих 80-100 Гц, 180-200 Гц и 290 - 300 Гц. Что в целом при малой инерции диффузора определяет оптимальный диапазон частот в 80 – 300 Гц.

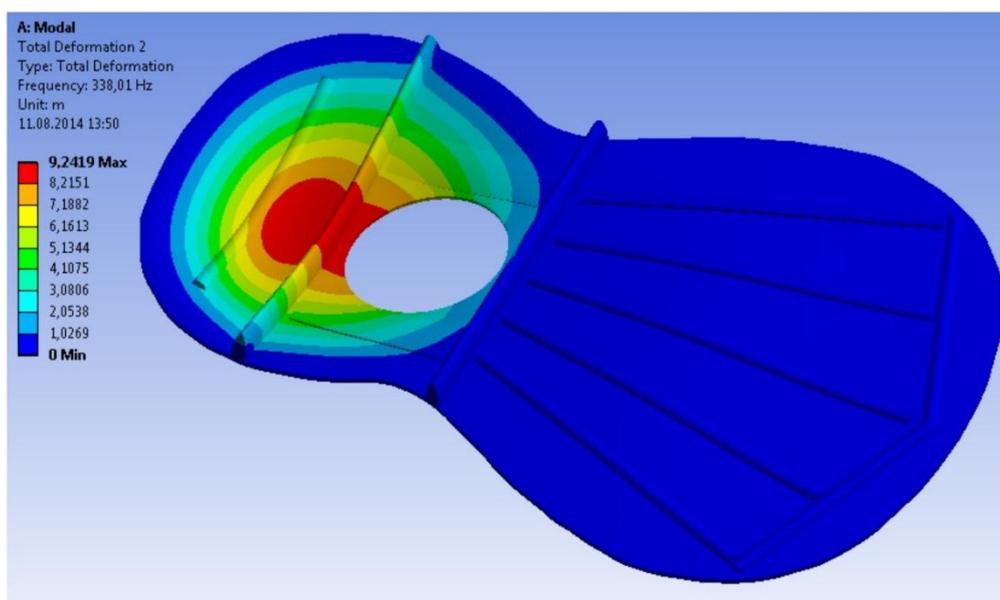


Рисунок 2 – Диаграмма резонанса корпуса гитары

### 2.3. Диффузор

Воспринимающая колебания часть системы – диффузор – должен обладать малой инерцией, которая определяет полосу пропускания частот механической части в пределах достаточных для получения 5 В выходного напряжения при заранее выбранных параметрах магнитной системы и обмотки якоря.

Из всех рассмотренных вариантов наиболее оптимальным с экономической и технической точек зрения был выбран диффузор в виде круга выполненного из пластика малой толщины. Наиболее доступный вариант – пластиковая тарелка. При изготовлении прототипа такой диффузор обеспечивает видимые колебания. В общем случае его масса и коэффициент жесткости могут быть рассчитаны и диапазон воспринимаемых частот может быть расширен. Так как такой расчет принципиально трудоемок, размер и толщина тарелки были подобраны опытным путем.

В модели диффузор представлен упрощенно в виде цилиндра, отражающего габаритные размеры (рисунок 3).

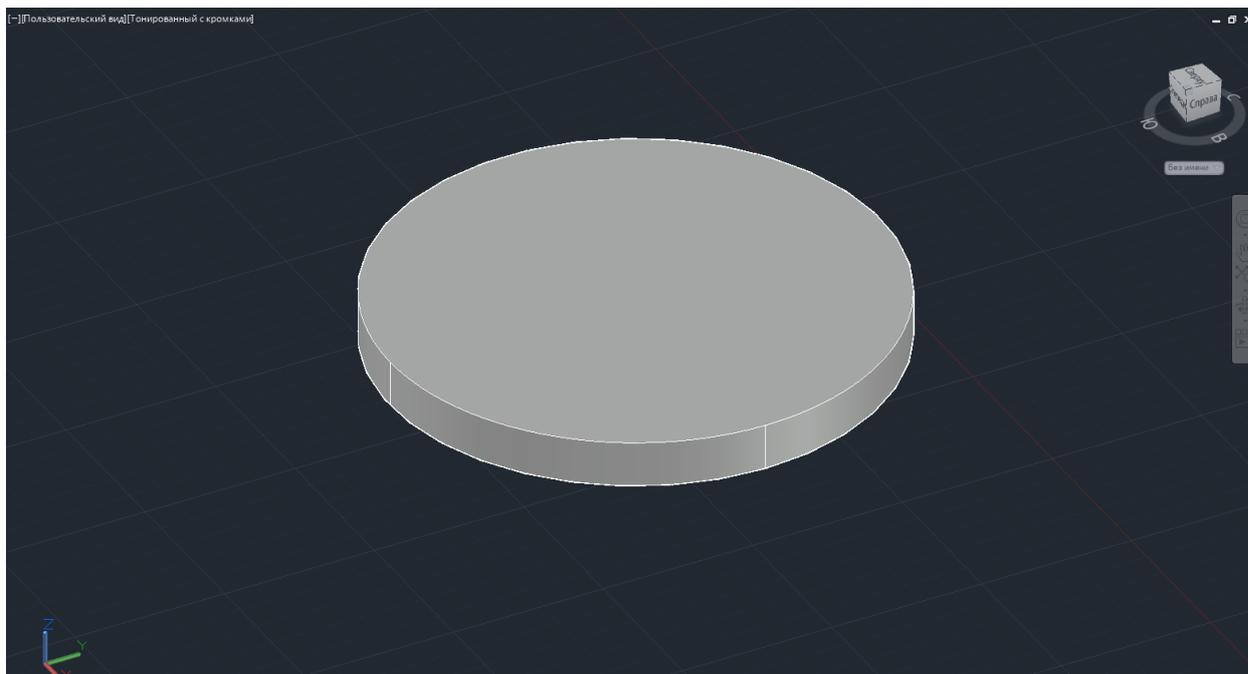


Рисунок 3 – Упрощенная модель диффузора

#### 2.4. Магнитная система

Магнитная система состоит из: постоянного магнита NdFeB, магнитопровода и полюсного наконечника.

Магнитный поток, создаваемый постоянным магнитом, замыкается через стальной магнитопровод и полюсный наконечник, образуя замкнутый контур, в котором присутствует рабочий воздушный зазор 3мм. Таким образом, плотность магнитной энергии в месте движения якоря приближена к максимально возможной.

Постоянный магнит – кольцевой, аксиально намагниченный. Его параметры представлены на рисунках 3 и 4.

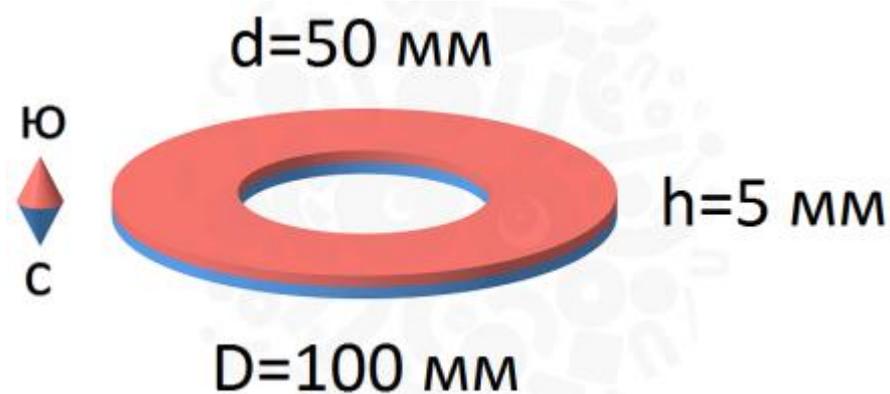


Рисунок 4 – Основные размеры магнита. Тип намагничивания

Остаточная магнитная индукция $B_R$ , КилоГаусс	12.2-12.5
Остаточная магнитная индукция $B_R$ , Тесла	1.22-1.25
Козрцитивная сила $bH_c$ , КилоЭрстед	$\geq 11.3$
Козрцитивная сила $bH_c$ , КилоАмпер/метр	$\geq 899$
Внутренняя козрцитивная сила $iH_c$ , КилоЭрстед	$\geq 12$
Внутренняя козрцитивная сила $iH_c$ , КилоАмпер/метр	$\geq 955$
Магнитная энергия $(BH)_{\max}$ , МегаГаусс-Эрстед	36-39
Магнитная энергия $(BH)_{\max}$ , КилоДжоуль/м <sup>3</sup>	287-310

Рисунок 5 – Основные параметры магнита

Модель магнитной системы с якорем представлена на рисунке 6. Также следует отметить, то якорь представляет собой пластиковое кольцо с бортами, предусмотренными для фиксации обмотки.

При этом обмотка содержит 400 витков медного провода с сечением 0.1 мм, равномерно распределенных по рабочей поверхности опорного кольца.

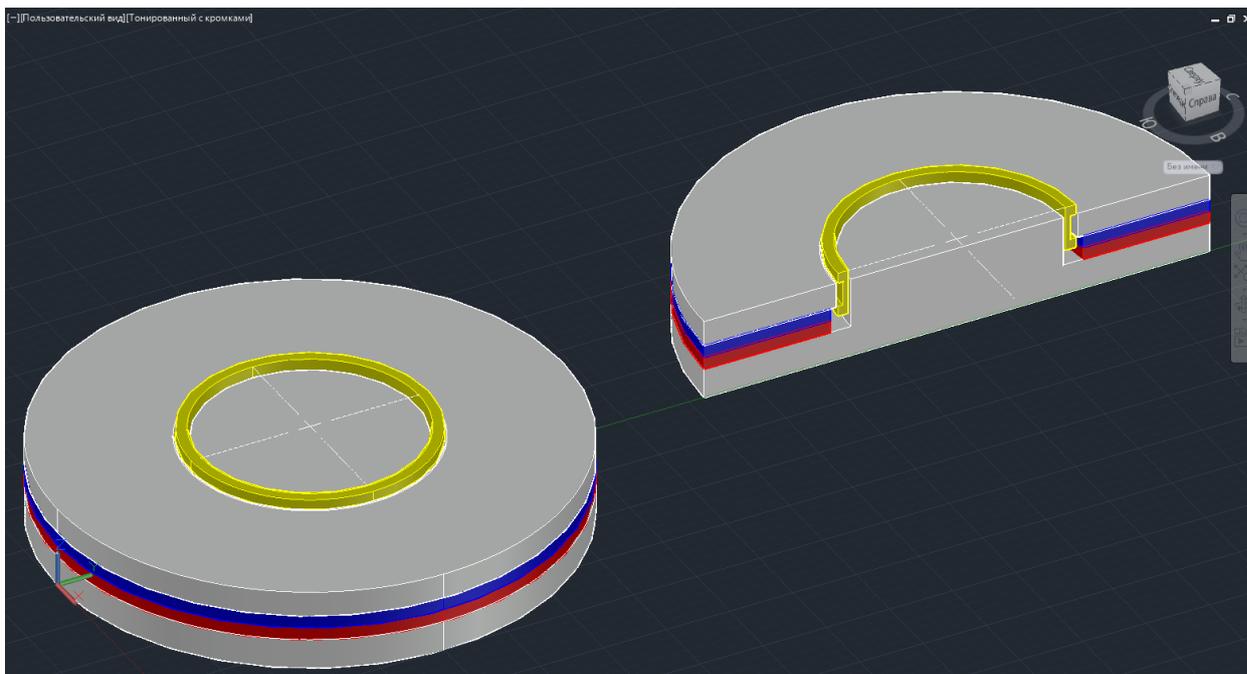


Рисунок 6 – Модель магнитной системы цельная и отсеченная половина

Также, были рассмотрены два варианта длины рабочего воздушного зазора – 3 и 4 мм. По результатам оценочного расчета 4 мм оказалось недостаточно для обеспечения индукции более 1,2 Тл. Поэтому, выбор сделан в пользу 3мм воздушного зазора. Расчет магнитного поля в воздушном зазоре при осесимметричной задаче в программном комплексе Elcut представлен на рисунке 7. В соответствии с рисунком 5, используя значение внутренней коэрцитивной силы была получена индукция 1,612 Тл.

Следует отметить, что зазор между якорем и полюсным наконечником составил 0,5 мм. Таким образом, следует предпринять меры для обеспечения точной установки магнитной системы над диффузором с закрепленным якорем. С этой целью командой была разработана конструкция трехосевой поддержки.

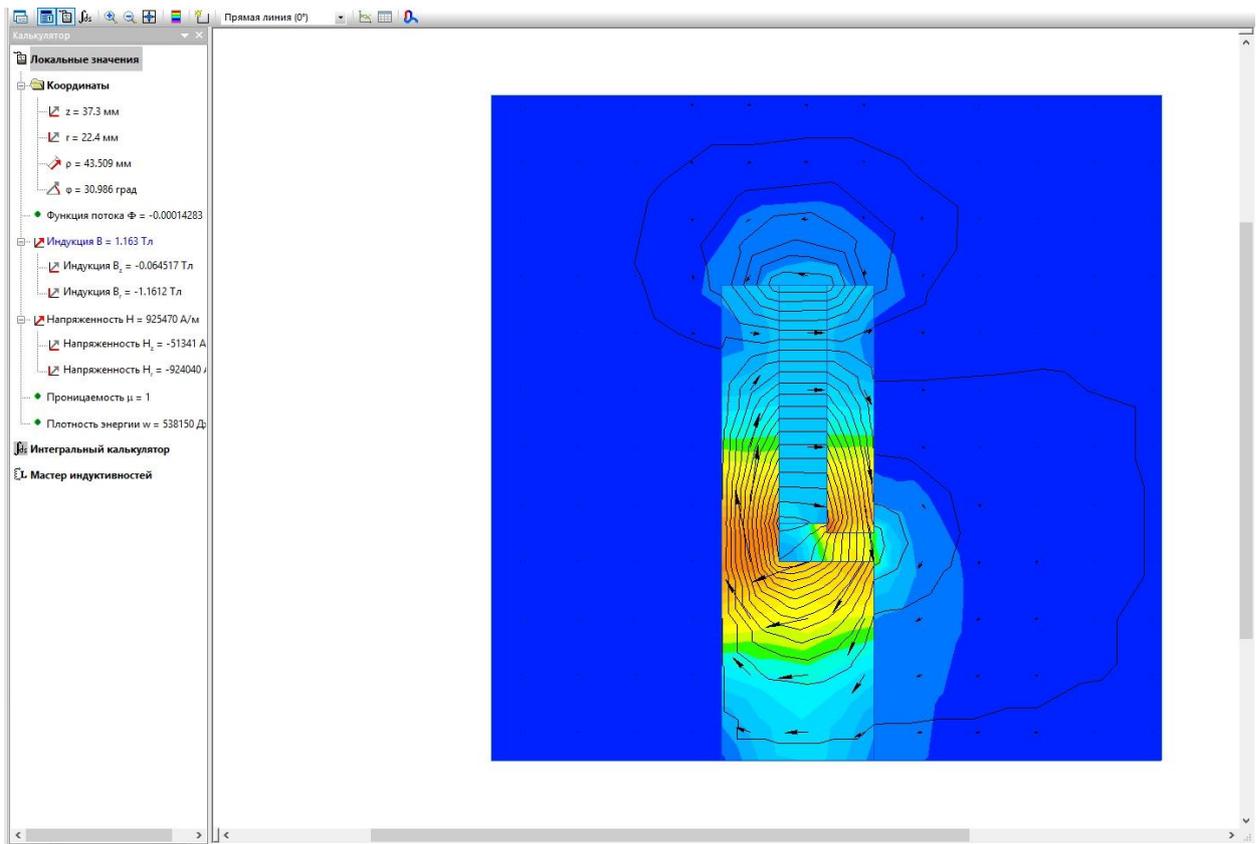


Рисунок 7 – Оценочный расчет индукции в воздушном зазоре при его длине 3мм

## 2.5. Конструкция трехосевой поддержки

Рассматриваемая часть звукоэлектрического генератора представляет собой каретку с закрепленной магнитной системой, которая может быть перемещена вдоль трех осей в пространстве. В плоскости параллельной диффузору – с помощью направляющих и вдоль вертикальной оси – с помощью системы винт-гайка. Модель конструкции совместно с диффузором и закрепленным на нем якорем представлена на рисунке 8.

Основное условие точной установки магнитной системы над якорем является обеспечение свободного перемещения направляющих друг относительно друга. Для этого в пазах направляющих предусмотрены зазоры, учитывающие точность изготовления деталей на 3D принтере. Также, предусмотрены крепления, позволяющие установить конструкцию в неподвижном состоянии в конечном отрегулированном положении. Жесткость на изгиб обеспечена шпильками 5мм закрепленных жестко в лапах.

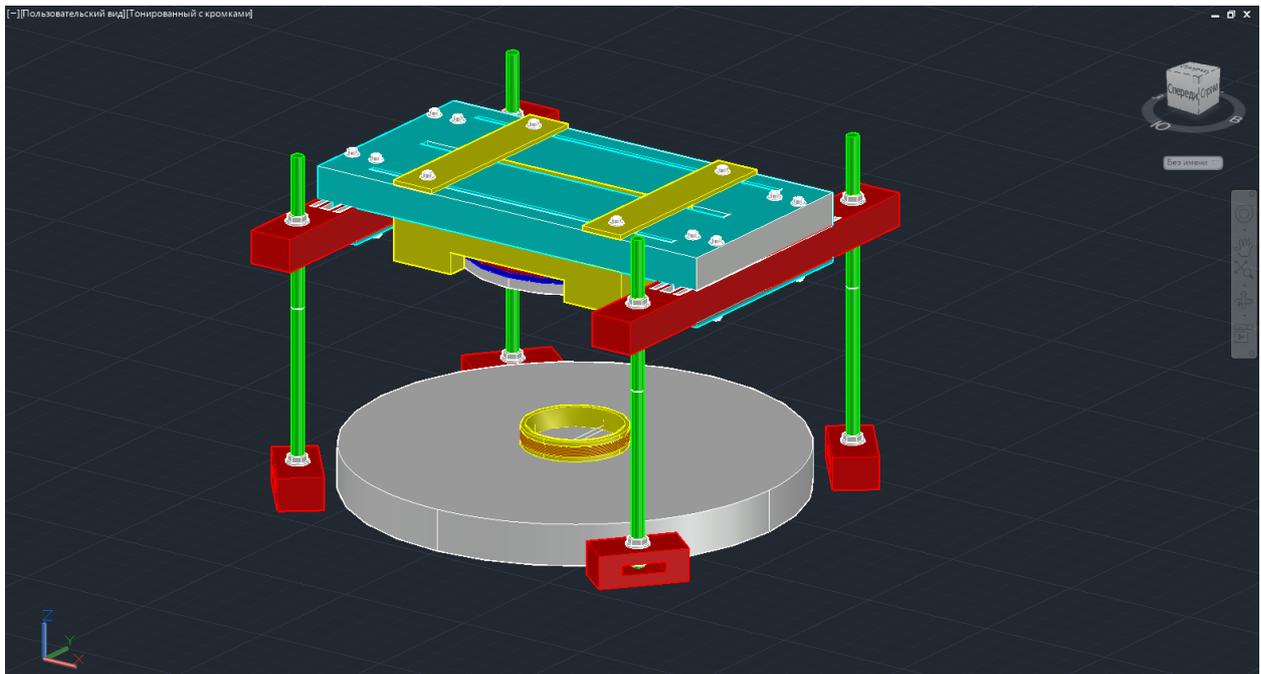


Рисунок 8 – Модель конструкции трехосевой поддержки

## 2.6. Выходное преобразование энергии

Так как якорь совершает возвано-поступательное движение, то, следует полагать, что выходное напряжение – переменное. Для использования генератора в качестве портативного источника энергии для мобильных устройств необходимо преобразовать полученное переменное напряжение в постоянное при помощи диодного моста. Также на выходе выпрямителя установлен фильтрующий конденсатор емкостью 100мкФ с целью сгладить пульсации выходного напряжения. Схема, соответствующая представленному описанию, приведена на рисунке 9.

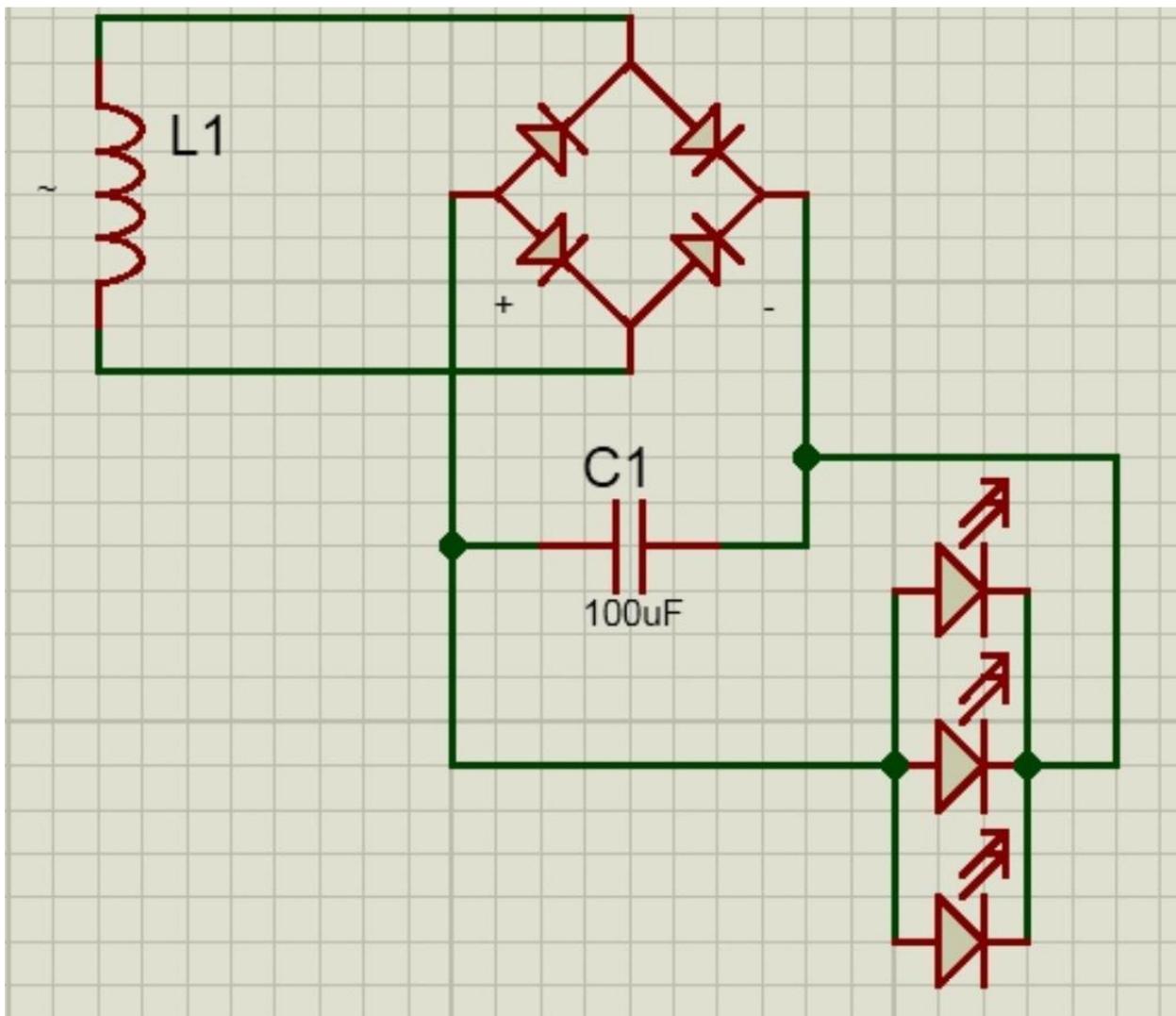


Рисунок 9 – Принципиальная схема подключения силовой части

### 3. СБОРКА ПРОТОТИПА

Сборка прототипа проиллюстрирована рисунками 10 - 24.



Рисунок 10 – Подготовка поверхностей магнитопровода и магнита к сцеплению



Рисунок 11 – Центровка магнита относительно магнитопровода



Рисунок 12 – Установленный полюсный наконечник



Рисунок 13 – Намотка катушки при помощи махового колеса швейной машинки

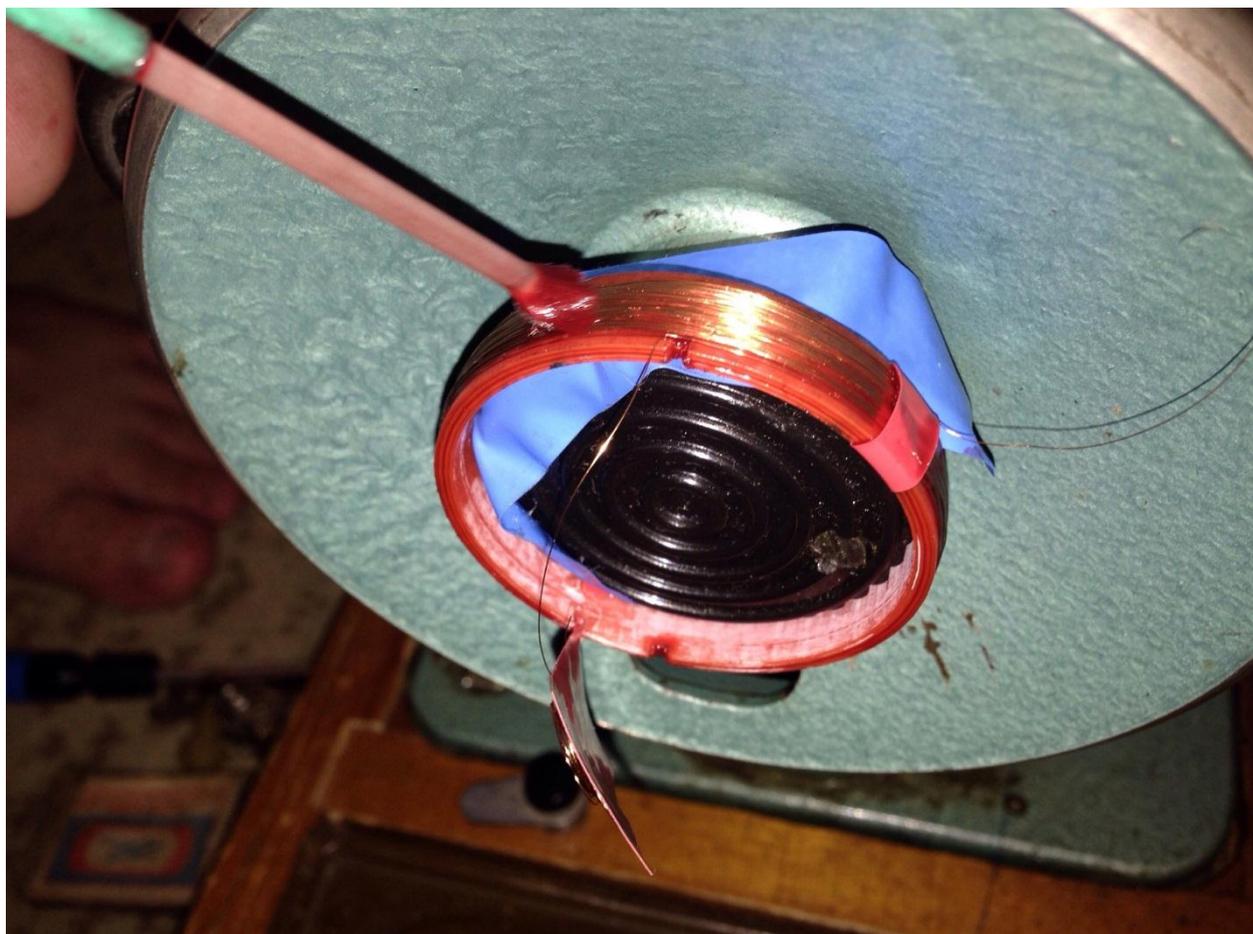


Рисунок 14 – Пропитка обмотки якоря нитроцеллюлозным лаком

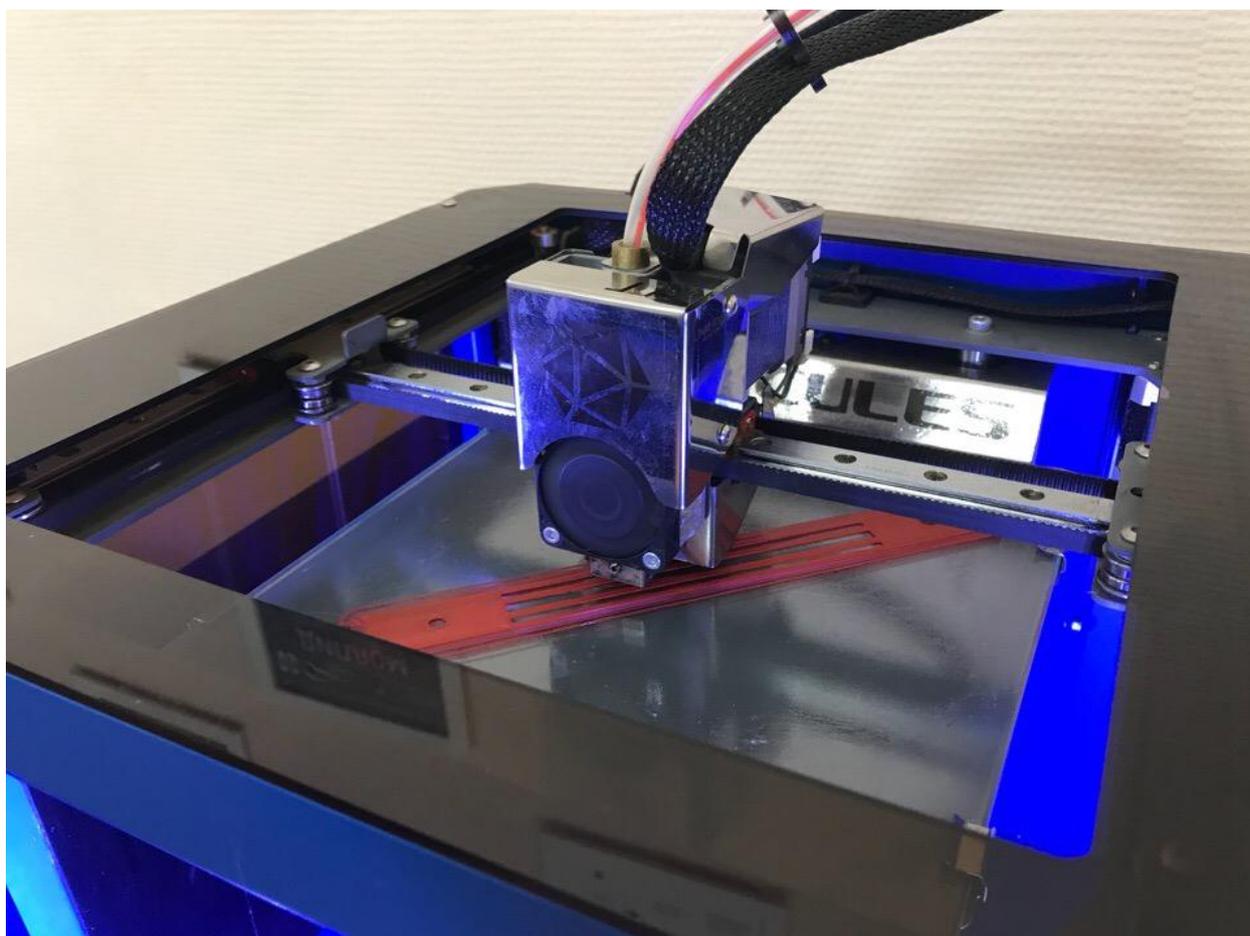


Рисунок 15 – Изготовление деталей конструкции трехосевой поддержки на 3D принтере

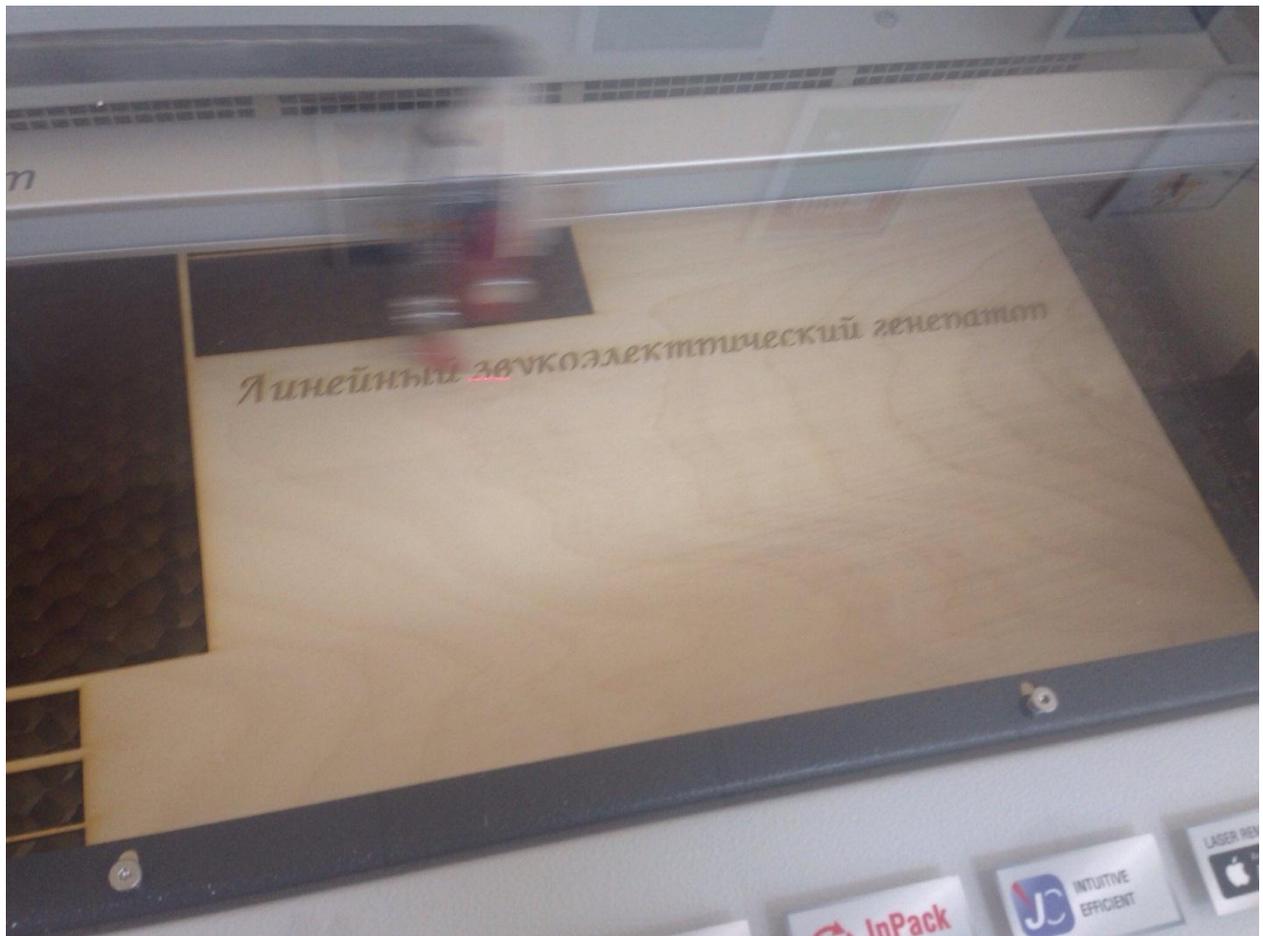


Рисунок 16 – Изготовление накладки на лазерном станке

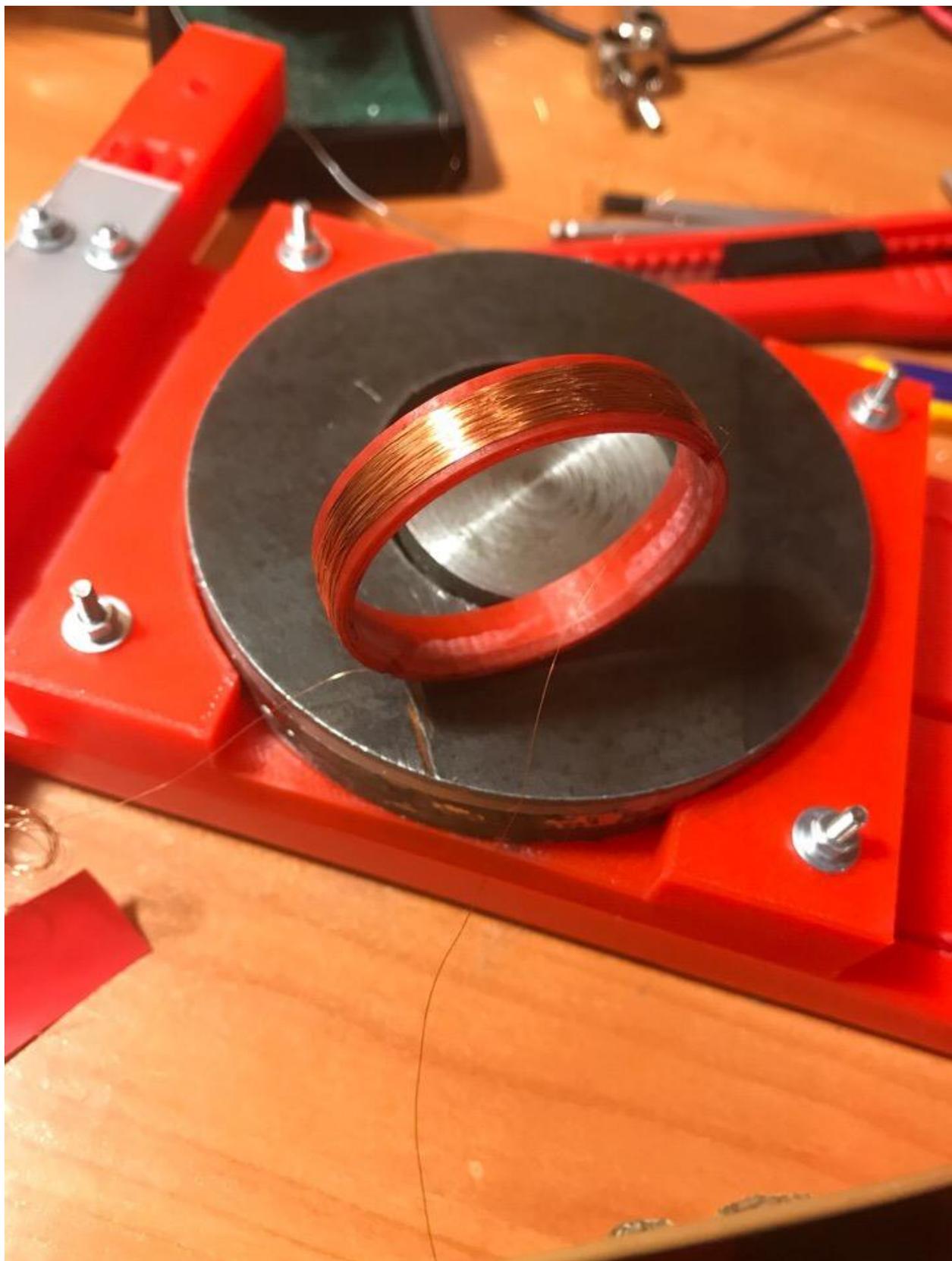


Рисунок 17 – Закрепление магнитной системы в конструкции поддержки

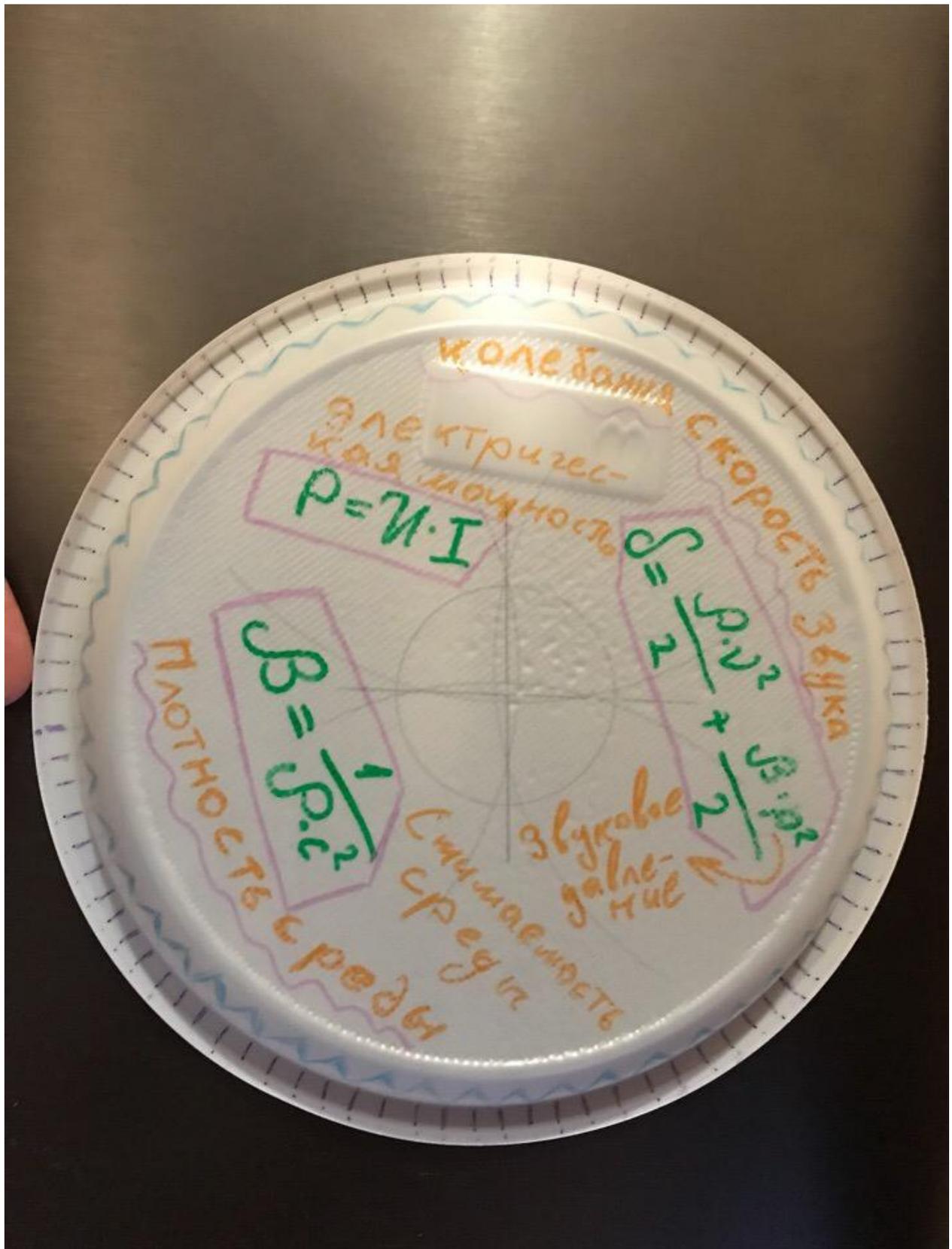


Рисунок 18 – Диффузор с размеченным центром



Рисунок 19 – Закрепление якоря на диффузоре. Центровка



Рисунок 20 – Разметка резонатора для последующего закрепления на нем основной конструкции

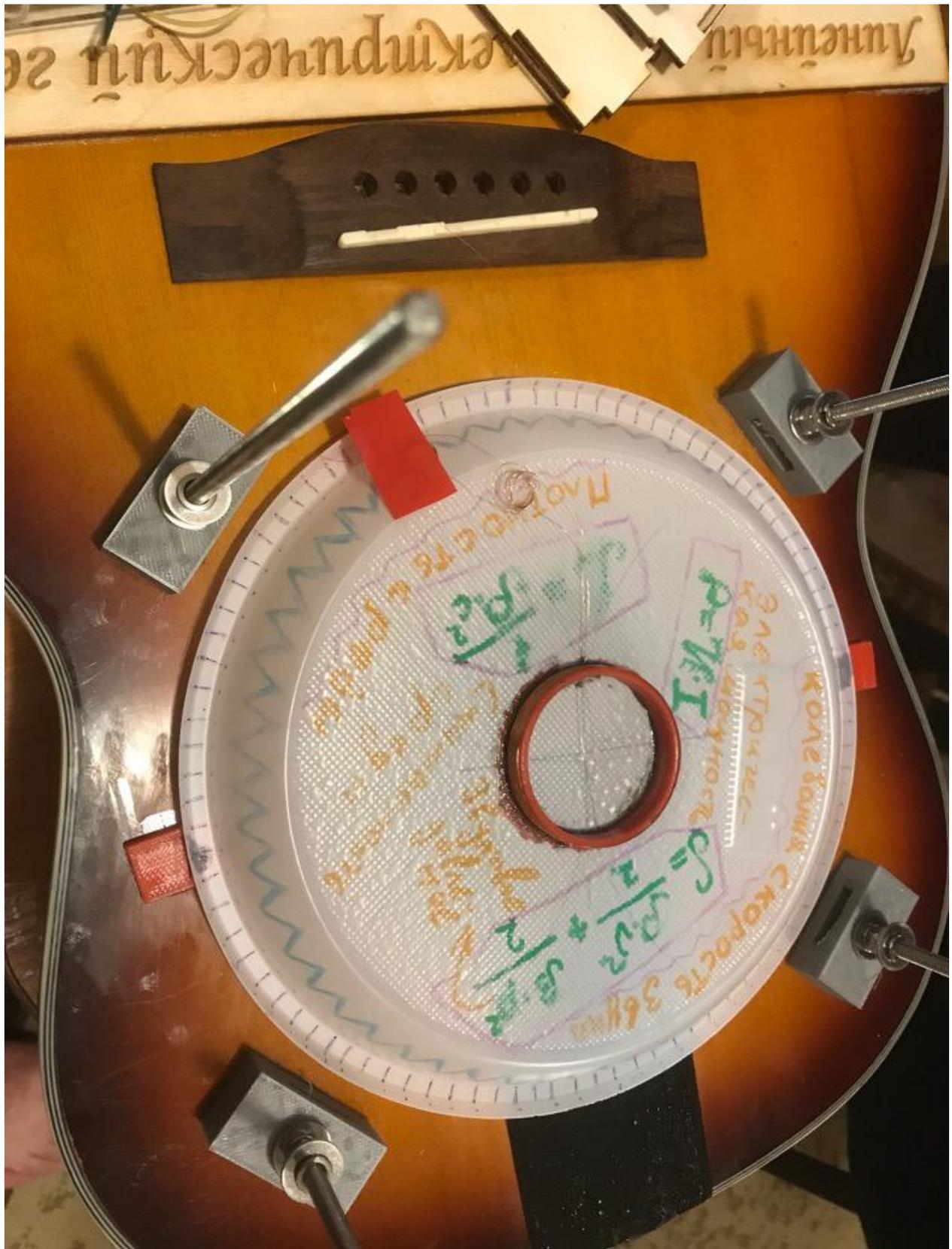


Рисунок 21 – Установка опорных шпилек

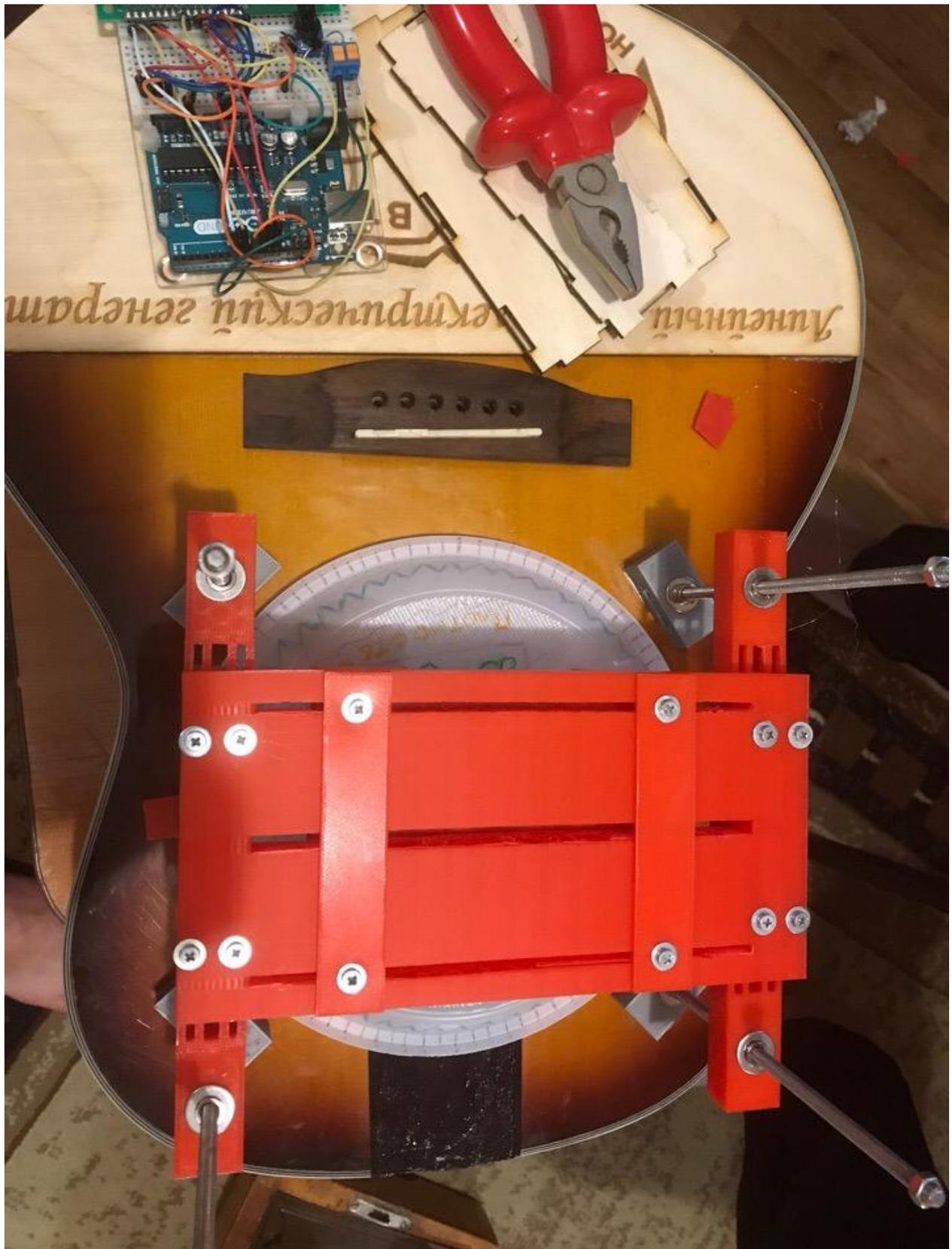


Рисунок 22 – Разводка силовой части установки



Рисунок 23 – проверка принципиальной работоспособности



Рисунок 24 – Установка в сборе

#### 4. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Говоря об экономической эффективности конструкции, можно сказать, что усовершенствованная установка, в которой будут учтены недочеты, обнаруженные при изготовлении данного прототипа, будет эффективна.

Безусловно, денежная экономия при этом несущественна, но ее факт очевиден. Стоимость установки, при покупке комплектующих в магазинах и изготовлении деталей на производстве составит 6239 рублей. В нашем случае, с возможностью изготовления деталей в своем учреждении и наличием некоторых комплектующих, сумма затрат составила 3529 рублей. На конечном этапе установка должна заряжать сотовый телефон, находясь в шумном помещении (машинный зал производственного цеха, ночной клуб, перемена между уроками у начальных классов).

Экономический расчёт (из магазинов)			Экономический расчёт (свои детали)		
Наименование материалов	Расход материалов	Цена (руб.)	Наименование материалов	Расход материалов	Цена (руб.)
Гитара	1 шт.	1000	Гитара	1 шт.	0
Тарелка-диффузор	1 шт.	34	Тарелка-диффузор	1 шт.	34
Катушка	1 шт.	100	Катушка	1 шт.	100
Магнит	1 шт.	1600	Магнит	1 шт.	1600
Листовое дерево с гравировкой	1 шт.	150	Листовое дерево с гравировкой	1 шт.	0
Детали из пластика	9 шт.	200	Детали из пластика	9 шт.	0
Провода Arduino	17 шт.	200	Провода Arduino	17 шт.	200
Микроконтроллер Arduino	1 шт.	650	Микроконтроллер Arduino	1 шт.	0
Резистор 10 Ком	1 шт.	10	Резистор 10 Ком	1 шт.	10
LCD экран Амперка	1 шт.	540	LCD экран Амперка	1 шт.	0
Макетная плата Arduino	1 шт.	170	Макетная плата Arduino	1 шт.	0
Диод	1 шт.	15	Диод	1 шт.	15
Переменный резистор	1 шт.	30	Переменный резистор	1 шт.	30
Изготовление металлических деталей	3 шт.	1540	Изготовление металлических деталей	3 шт.	1540
	<b>Итого:</b>	<b>6239</b>		<b>Итого:</b>	<b>3529</b>

Рисунок 25 – Расчет затрат

## 5. ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

В данной главе покажем характеристики и основные технические показатели, такие как рабочий диапазон частот, номинальная нагрузка и приведем расчет КПД.

### 5.1. Рабочий диапазон частот

Нужно отметить, что установка может работать в диапазоне частот, а величина частоты, при которой достигается резонанс, имеет значение около 100 Гц.

Как было оговорено в пункте 2.2, диапазон рабочих частот соответствует полосе усиления резонатора и составляет 80 – 300 Гц.

### 5.2. Расчет КПД

Размышляя над тем, как можно определить коэффициент, нами были найдены два пути решения. Концепция первого из них приведена ниже.

*Интенсивность* – это поток энергии в какой-либо точке среды в единицу времени, прошедший через единицу поверхности ( $1\text{ м}^2$ ), являющейся нормалью к направлению распространения звуковой волны (измеряется в  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ). Интенсивность иначе называют силой звука. Интенсивность определяет громкость звука, которую мы слышим. Мы не можем померить ее непосредственно (особенно в закрытых помещениях), поэтому на практике данную величину связывают с мощностью источника логарифмическим соотношением:

$$I = 10 \lg(J / J_0)$$

где  $I$  – уровень интенсивности звука (дБ),  $J$  – интенсивность исследуемого звука ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ )

$$J_0 = 10^{-12} (\text{Вт} / \text{м}^2)$$

На практике чаще используется не интенсивность, а величина называемая уровень звукового давления (SPL), которую принято связывать с мощностью источника звука в ваттах.

$$P_{\text{дБ}} = 10 \lg (P_{\text{вт}} / P_{\text{оп}})$$

где  $P_{\text{дБ}}$  – зависимость уровня звукового давления (дБ), от мощности источника звука (Вт)  $P_{\text{вт}}$  – мощность источника звука (Вт)  $P_{\text{оп}}$  – опорное значение мощности (Вт).

На практике значение  $P_{\text{оп}}$  принимают равным 1 Вт, следовательно, формулу можно представить следующим образом:  $P_{\text{дБ}} = 10 \lg (P_{\text{вт}})$

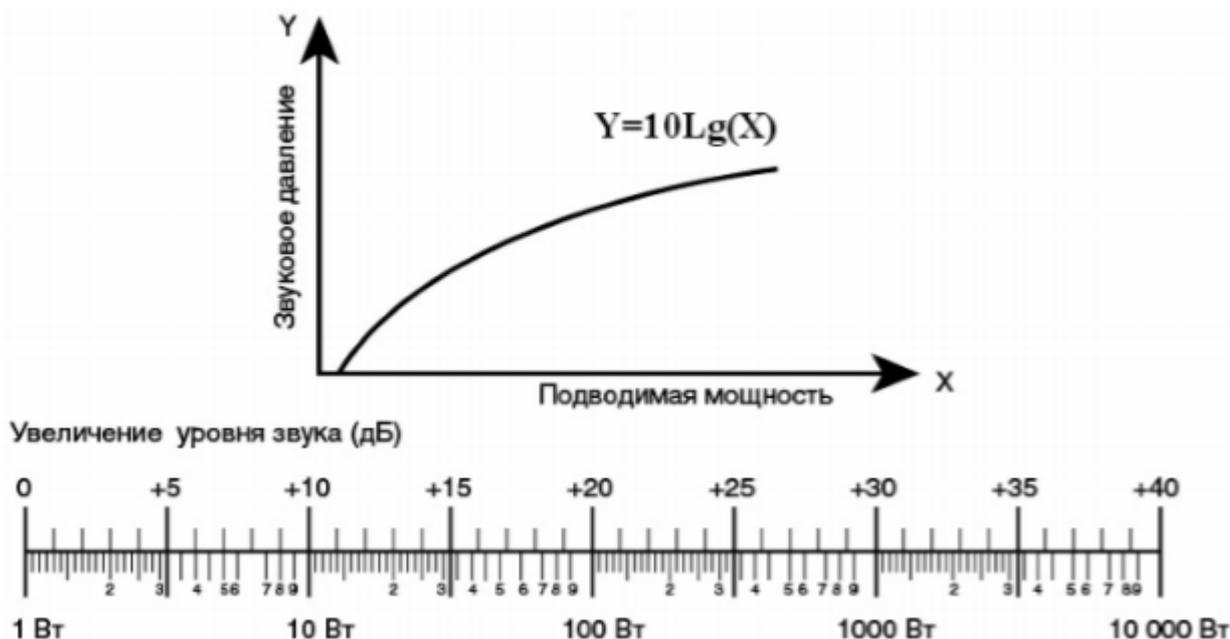


Рисунок 26 – Зависимость звукового давления от подводимой мощности

Интерпретацию данной зависимости называют правилом трех децибел: **каждое удвоение мощности источника звука увеличивает его звуковое давление на 3 дБ.**

По мере удаления расчетной точки (слушателя) от звукового источника, звуковое давление в этой точке, уменьшается по логарифмическому закону.

$$P = 20 \lg (L)$$

где  $P$  – звуковое давление (дБ),  $L$  – расстояние от источника звука до расчетной точки (м).

Интерпретацию данной зависимости называют правилом шести децибел: **при каждом удвоении удаления от источника звука звуковое давление уменьшается на 6 дБ**

Таким образом, исходя из представленного описания, в обратном порядке при наличии шумомера можно определить входную мощность установки.

Второй путь заключается в нахождении КПД через следующие исходные данные: плотность среды, скорость звука и частоту звуковых колебаний. Через значения угловой частоты и амплитуды можно определить колебательную скорость частиц. Давление звука определяется через интенсивность и

сжимаемость среды. Соотнеся энергию звука и электрическую энергию рассчитывается КПД. В нашем случае он составил 9,4% (это его максимальное значение, при максимуме выходных параметров установки; для не резонансной частоты его значение меньше).

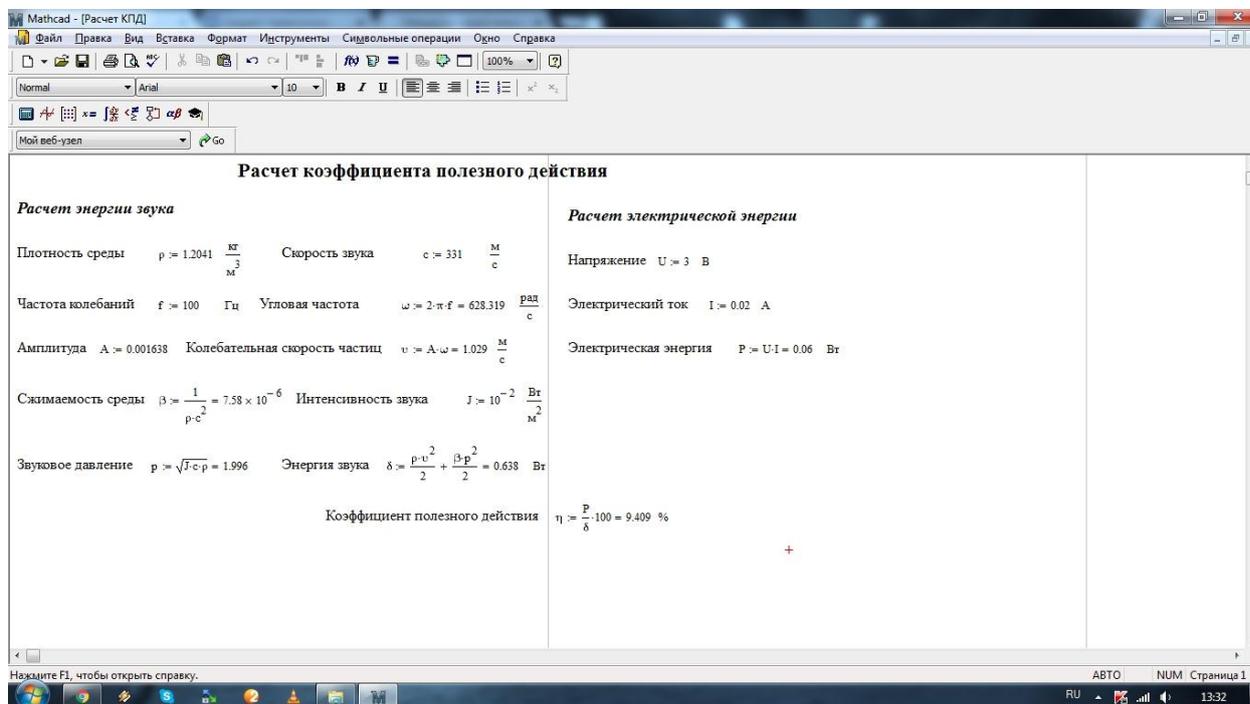


Рисунок 27 – Расчёт КПД в среде Mathcad

Нашей командой уже разработана концепция по повышению коэффициента полезного действия, к реализации которой мы приступим после окончания отборочного тура.

## 6. ВЫВОДЫ

Таким образом, разработанное устройство способно преобразовывать энергию звука в электричество. Безусловно, значения выходных параметров малы для качественного использования высвобожденной энергии. В настоящее время ведутся исследования по повышению выходных параметров и КПД установки в целом. Также рассматривается вариант создания мини-звукоэлектрической станции, в которую будет входить несколько модулей.

МУНИЦИПАЛЬНОЕ АВТНОМНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ВТОРАЯ НОВОСИБИРСКАЯ ГИМНАЗИЯ

Кафедра высокотехнологического конструирования



ПАСПОРТ

по проекту «РОБОТ-МАНИПУЛЯТОР ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ В ТРЕХ  
ПРОЕКЦИЯХ»

Выполнил:

учащийся 9а класса

Параскун Александр

Руководители проекта:

Червоненко А.П.

Кузнецов Э.В.

г. Новосибирск 2018

## АННОТАЦИЯ

Окружающий нас мир, за последние десятилетия стал другим. Наука, особенно прикладная с проектами, моделированием, выдвижением и разработкой гипотез, быстрым решением нетиповых ситуаций – становится популярной сферой деятельности школьников.

Вместе с тем, изменения, которые происходят в производственной сфере современного общества, возросли настолько, что человеку, желающему быть востребованным и успешным приходится осваивать новые приёмы, способы, виды и формы своей деятельности. И всему этому ученик должен научиться в школе.

На протяжении ряда лет происходила смена образовательных технологий, нацеленных на решение задач успешной интеграции выпускников школ в реальную жизнь. Первое поколение образовательных технологий представляло собой традиционные методики; технологиями второго и третьего поколений были модульно-блочные и цельноблочные системы обучения; к четвертому поколению образовательных технологий относится интегральная технология.



Особенностью преподавания предмета «Технология» во Второй новосибирской гимназии является направленность на творческое развитие обучающихся. Главная цель – подготовка школьников к самостоятельной трудовой деятельности, развитие и воспитание широко образованной, культурной, творческой, инициативной и предприимчивой личности. В течение одного учебного года каждый ученик осваивает четыре модуля включенных в предметную область технология, а именно: «Робототехника», «Инженерный дизайн CAD», «Электроника», «Электромонтажные работы».

В специально оборудованных учебных аудиториях, ученики моделируют, конструируют, программируют, подают напряжение к задуманным и описанным ими прототипам.

Особенность работы в рамках нового подхода к преподаванию курса «технология» заключается в том, что ученики, пройдя этап мозгового штурма и защиты технопредпринимательской идеи, приступают к этапу практической реализации идеи, где каждая учебная группа занимается выполнением конкретной задачи:

- созданием модели в программе «Компас»;
- программированием на платформе Arduino
- просчет вариантов подачи питания и подключение модели к электропитанию
- просчет экономической рентабельности продукта и др.

Новый подход к преподаванию курса «технология» не только облегчает усвоение учебного материала школьниками, но и представляет новые возможности для развития их интеллектуальных и творческих способностей:

- повышает мотивацию обучающихся к учению;
- активизирует познавательную деятельность;
- развивает мышление и творческие способности ребёнка;
- формирует активную жизненную позицию в современном обществе.

Предложенный нами вариант освоения курса «технология» рассматривается как гибкая модель организации учебного процесса, ориентированного на творческую самореализацию личности обучаемого путем развития его

интеллектуальных и физических возможностей, волевых качеств и творческих способностей в процессе создания новых товаров и услуг. Результатом проектной деятельности являются учебные творческие проекты, которые могут быть внедрены в производство.

Новые подходы в преподавании курса «технология» – это новые методы общения с учениками, позиция делового сотрудничества с ними и приобщение их к вызовам и потребностям современного общества и рынка труда.

Инновационные методы – это методы, позволяющие нашим ученикам пройти первичные профессиональные пробы, самоутвердиться. А самоутверждение – это путь к правильному выбору своей будущей профессии.

Описанные выше подходы, нашли свое отражение в проекте «РОБОТ-МАНИПУЛЯТОР ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ В ТРЕХ ПРОЕКЦИЯХ», который команда разработчиков Второй Новосибирской гимназии представляет на V Всероссийской конференции «Юные техники и изобретатели».

Целью проекта является разработка робота манипулятора, способного захватывать и перемещать объекты, имеющие малые масса-габаритные показатели.

Нужно отметить, что полученная модель робота-манипулятора является результатом деятельности школьников, осваивающих предмет «технология» по стандартам Juniorskills. Технопредпринимательская идея создания робота манипулятора была представлена учениками 5 классов. Наставником проектной группы пятиклассников выступил ученик девятого класса, чемпион Новосибирской области в соревнованиях worldskills и Juniorskills 2018г. в компетенции «электромонтажные работы» - Параскун Александр. Александром были обобщены и доведены до завершения наработки пятиклассников.

## Содержание

АННОТАЦИЯ .....	36
ВВЕДЕНИЕ .....	40
1. ОСНОВАНИЯ ВЫБОРА ТЕМЫ ПРОЕКТА.....	41
2. ПРОЦЕСС СБОРКИ .....	42
2.1. Подготовка материала манипулятора .....	42
2.2. Установка правого сервопривода.....	42
2.3. Установка левого сервопривода .....	44
2.4. Сборка основания .....	45
2.5. Сборка плеча .....	48
2.6. Сборка локтевой тяги .....	49
2.7. Сборка узлов.....	50
2.8. Сборка локтя.....	51
2.9. Установка локтя .....	52
2.10. Установка локтевой тяги.....	53
2.11. Установка первой кистевой тяги .....	54
2.12. Установка второй тяги руки .....	55
2.13. Сборка кисти .....	56
2.14. Установка кисти.....	58
2.15. Установка и подключение электроники .....	58
3. ВЫВОДЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	63
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИСПОЛЬЗОВАННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ .....	64

## ВВЕДЕНИЕ

Робототехника – современное и актуальное направление в сфере инженерной практики, причем в последнее время она все более расширяется и активное входит в нашу жизнь и в школьные аудитории.

Несмотря на универсальность понятия «робот» и ассоциации, вызываемые этим термином у детей и взрослых, подавляющее большинство роботов, используемых в промышленности, представляют собой манипуляторы, управляемые посредством микропроцессорных контроллеров.

Манипуляционный робот – это техническое устройство, снабженное манипуляторами и способное самостоятельно выполнять различные механические операции в своем рабочем пространстве.

Роботы-манипуляторы – это сложный электромеханический объект, обладающий рядом особенностей. Во-первых, манипуляционные роботы отличаются сложной кинематической структурой, содержащей множество независимых либо взаимосвязанных звеньев. Во-вторых, изменение положения последних в пространстве оказывает влияние на физические силы, действующие на манипулятор. В-третьих, существует необходимость синхронного управления большим числом двигателей.

Для того чтобы соединить воедино назначения робота-манипулятора в школе, на наш взгляд, нужно объединить знания и навыки ребенка из разных предметных областей: физики, математики, электроники, электромеханики, программирования, мехатроники. В нашей гимназии апробируется новая модель преподавания курса «технология» по пяти направлениям: «Робототехника», «Инженерный дизайн CAD», «Электроника», «Электромонтажные работы», «технопредпринимательство». Данная модель позволяет объединять предметные знания и навыки с практическим созданием прототипов и проектированием жизнеспособных коммерчески привлекательных проектов.

**Целью данной проектной работы** является проектирование и изготовление робота-манипулятора, способного захватывать и перемещать грузы в трех плоскостях.

Выполнение данного проекта базируется на знании основ смежных дисциплин, таких как физика, прототипирование, алгебра, геометрия и профессиональных компетенций, изучаемых в рамках программ worldskills и juniorskills, а именно таких как: лазерные технологии, электроника, электромонтажные работы, инженерный дизайн CAD, робототехника, технопредпринимательство.

## 1. ОСНОВАНИЯ ВЫБОРА ТЕМЫ ПРОЕКТА

В настоящее время люди рутинную и однообразную работу все чаще поручают различного рода роботам и манипуляторам и их применением в современном мире уже никого не удивить. Данные устройства способны выполнять самые разнообразные задачи в области медицины, банковского обслуживания, промышленности (промышленные манипуляторы) и даже развлечения [1].

Наша проектная команда-разработчиков создала проект робота-манипулятора способного решать мелкие однообразные производственные задачи, тем самым облегчая работу человека и повышая производительность труда.

Сфера практического применения: 1 (уровень гимназии) – выполнять сложные и опасные работы (наливать химические реактивы, выполнять действия, связанные с электричеством и т.д.) 2 – медицинская сфера (муниципальный, региональный уровень сотрудничества) (сверточные операции).

## 2. ПРОЦЕСС СБОРКИ

В этой главе будет подробно изложен процесс сборки разрабатываемого манипулятора.

### 2.1. Подготовка материала манипулятора

Листовое оргстекло, из которого будут изготавливаться детали манипулятора, имеет защитные пленки, наклеенными на обе стороны поверхности. При лазерной резке эти пленки необходимо оставить, чтобы окалина образовывалась только на них. После резки, когда детали уже изготовлены, защитную пленку нужно удалить с обеих сторон.

В нашем манипуляторе используются детали из листа толщиной 3 мм и 5 мм.

### 2.2. Установка правого сервопривода

Для сборки данной части робота потребуются пластиковые детали и следующий крепеж:

- Сервопривод MG995 — 1 шт
- Диск серводвигателя — 1 шт
- М4х12 винт с головой под в/ш — 4 шт.
- М3х14 винт с головой под в/ш — 4 шт.
- М4 гайка — 4 шт.
- М3 шайба — 4 шт.
- М3 шайба гроверная — 4 шт

Сначала устанавливается и прикручивается сам сервопривод. Посадочное место для него симметричное, поэтому необходимо следить, чтобы привод был установлен именно так, как на фотографии

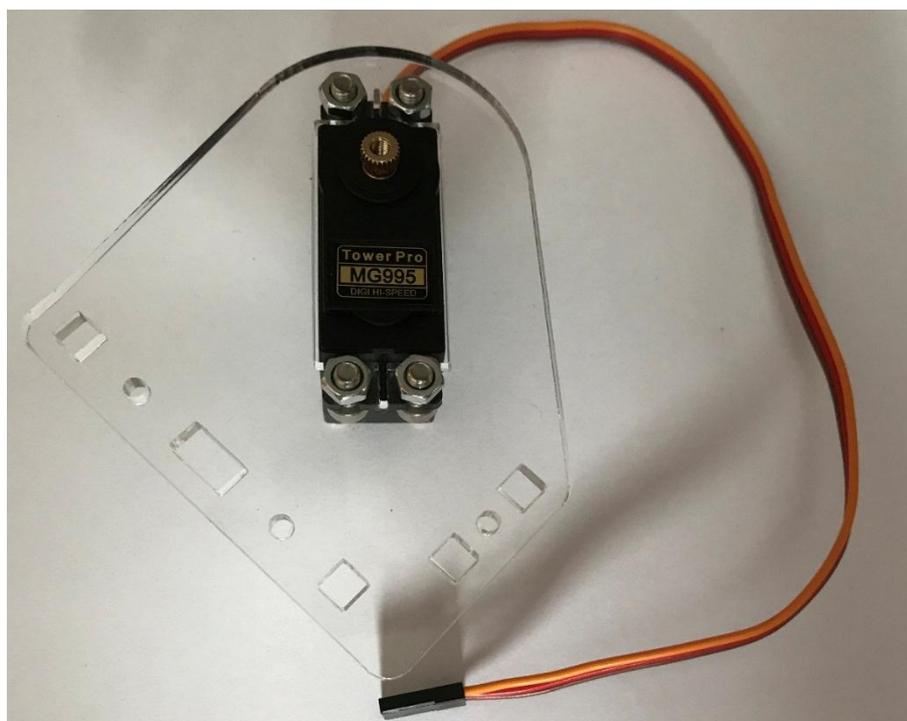
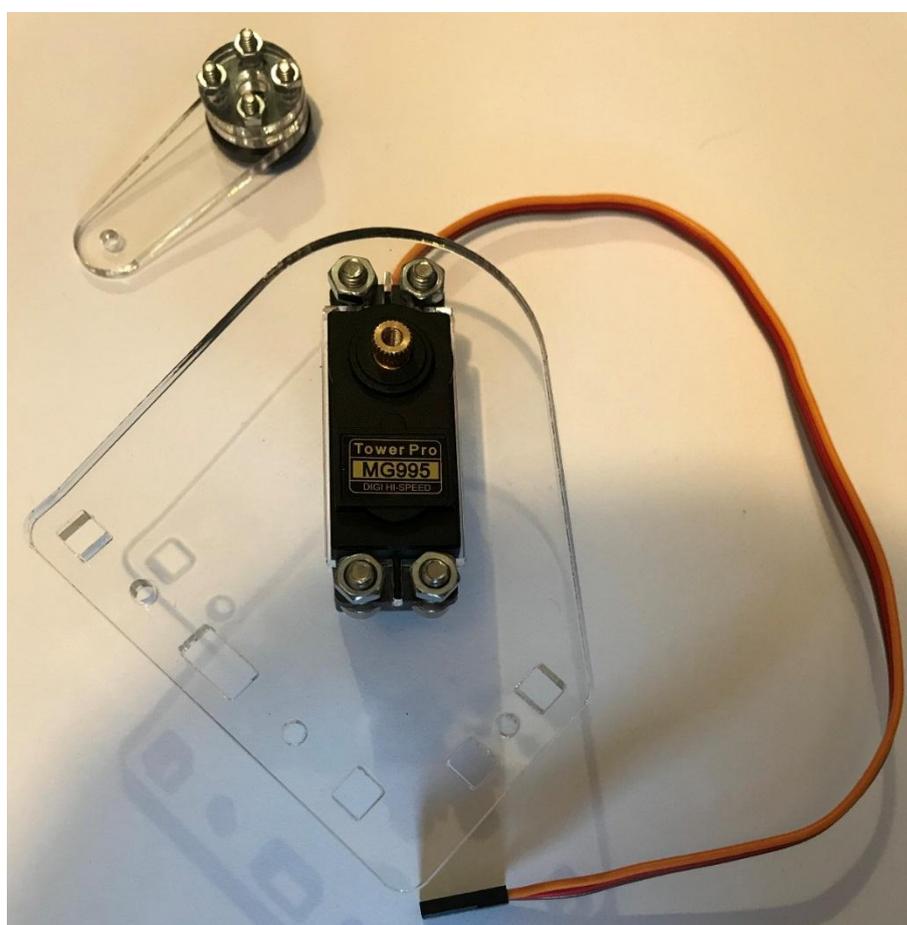


Рисунок 1 – Установленный сервопривод

Затем соединяется диск для вала сервопривода с качалкой.



## Рисунок 2 – Соединение сервопривода с качалкой

Первоначально качалка устанавливается на вал в произвольное положение и сервопривод устанавливается в среднее положение. Затем нужно снять качалку и установить ее в таком же положении, как на рисунке ниже

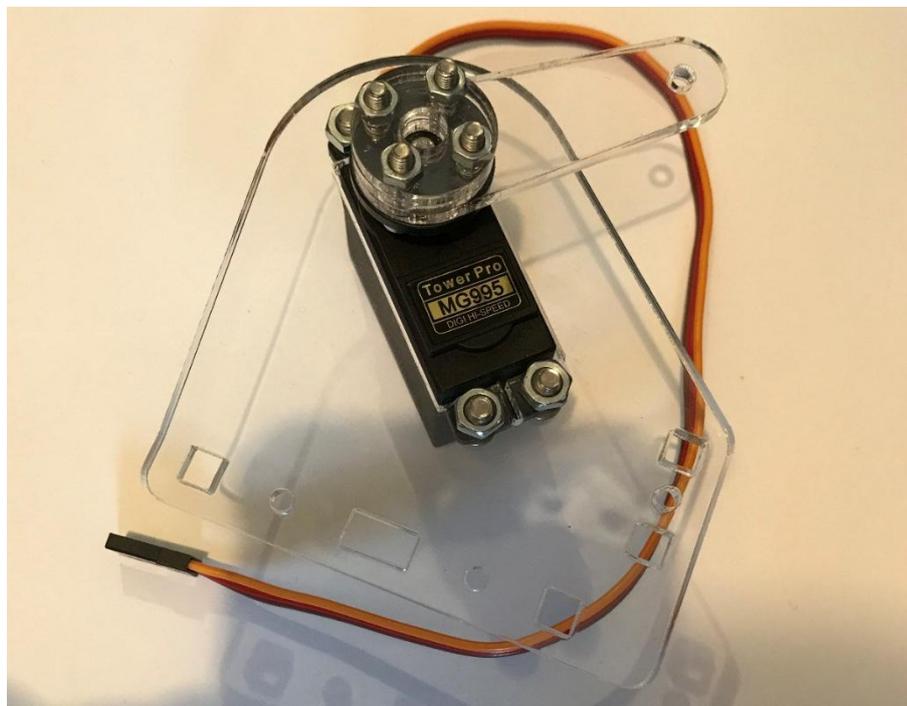


Рисунок 3 – Установка качалки

В таком положении качалка может двигаться на +/- 90 градусов. Это один из важных моментов сборки, непосредственно влияющий на движения руки.

### 2.3. Установка левого сервопривода

Второй привод первоначально устанавливается без качалки. Необходимые комплектующие:

- Сервопривод MG995 — 1 шт
- M4x12 винт с головкой под в/ш — 4шт.
- M4 гайка — 4шт.

Установленный сервопривод изображен на приведенном ниже рисунке

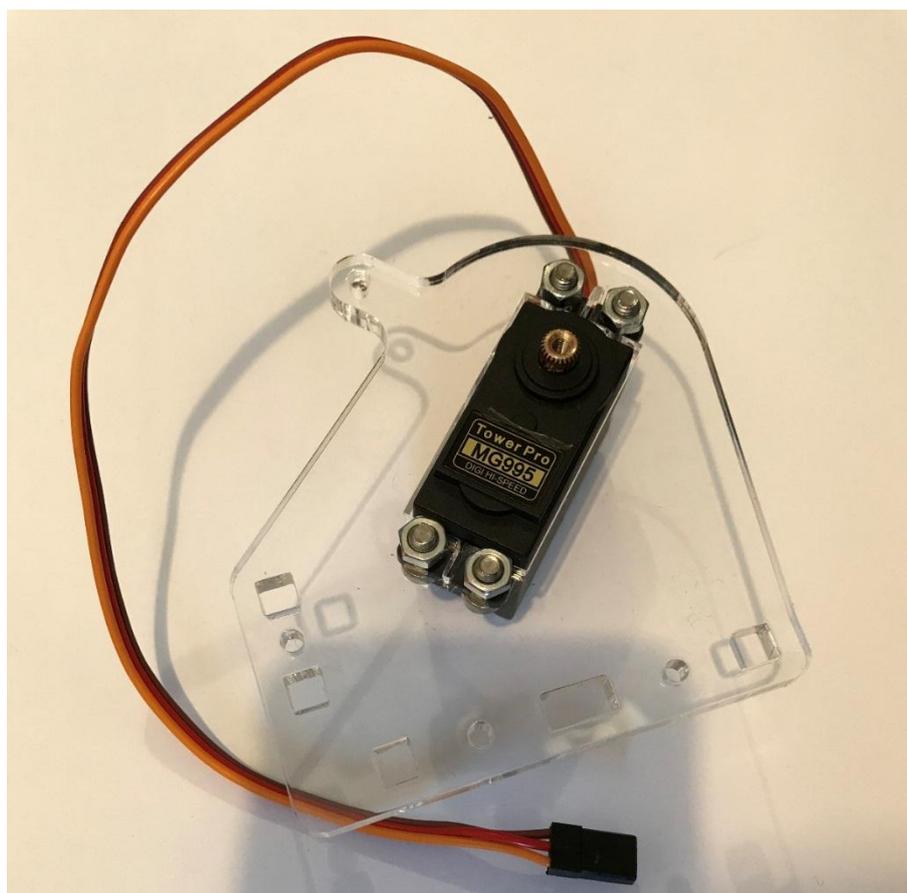


Рисунок 4 – Установленный сервопривод

## 2.4. Сборка основания

Для сборки поворотного основания необходимы следующие комплектующие и крепеж:

- Сервопривод MG995 — 1шт
- Диск сервопривода — 1шт
- Подшипник 30x55x13 — 1шт
- M4x12 винт с головкой под в/ш — 4шт.
- M3x25 винт с потайной головкой — 3шт.
- M3x15 стойка шестигранная латунная мама-мама — 4шт
- M3x14 винт с головкой под в/ш — 4шт.
- M3x10 винт с головкой под в/ш — 9шт.
- M4 гайка — 4шт.
- M3 гайка — 3шт.

- М3 гайка квадратная — 1шт.
- М3 шайба — 19шт.
- М3 шайба гроверная — 7шт.

Первоначально устанавливается опорное кольцо для подшипника и прикручивается диск сервопривода к верхнему диску подшипника. На этом же этапе устанавливается сервопривод к прямоугольной площадке, изображенной на следующем рисунке

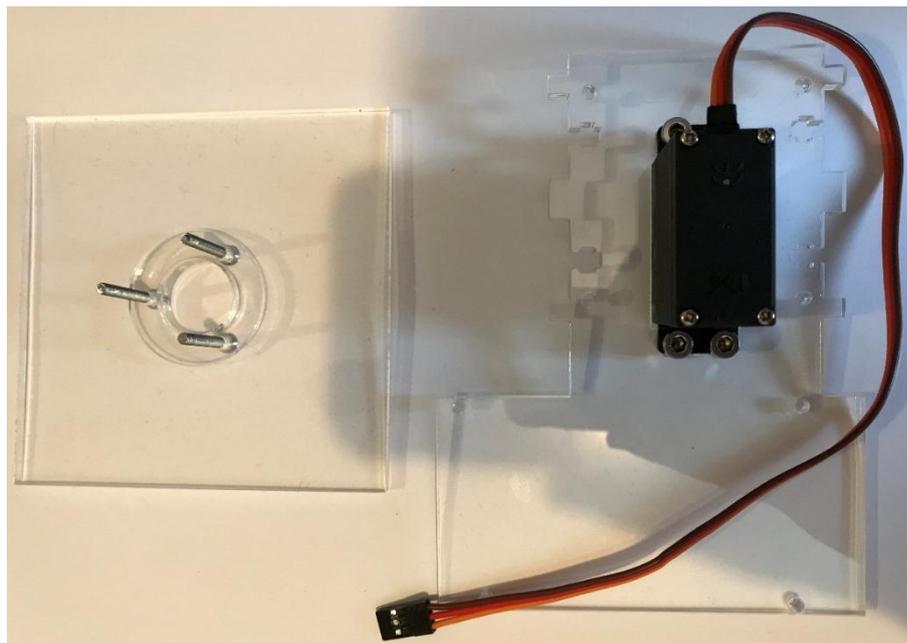


Рисунок 5 – Установка опорного кольца

На следующем этапе устанавливается подшипник. После закручивания трех гаек на винты с потайными головками, внешнее кольцо подшипника свободно вращается.

Одновременно с этим нужно сложить три наружных кольца и скрутить их вместе стойками. При этом замкнутые кольца должны быть на наружных частях. Допуски размеров деталей зависят от конкретных условий производства и может сложиться такая ситуация, что они будут насаживаться на подшипник с большим усилием.

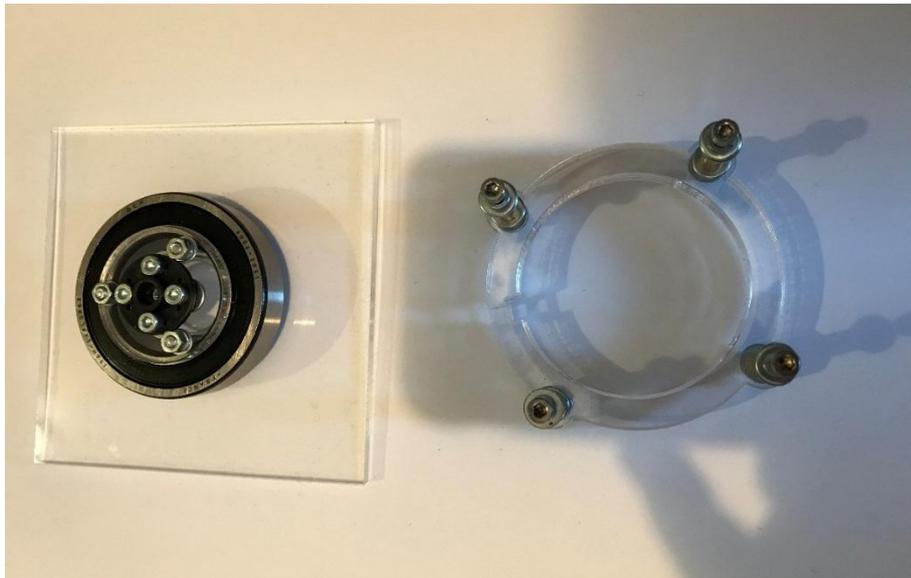


Рисунок 6 – Установка подшипника

Перед установкой внешнего кольца необходимо вставить в паз квадратную гайку и закрутить в нее винт. Это действие необходимо для фиксации кольца

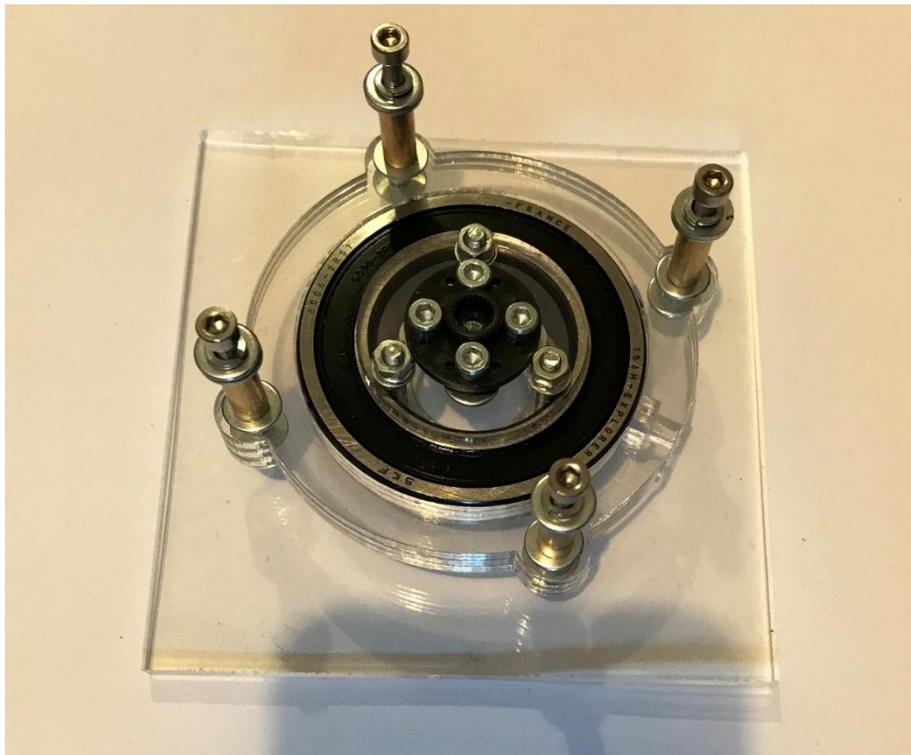


Рисунок 7 – Установка квадратной гайки

После всего описанного выше прикручивается прямоугольная поворотная площадка. Необходимо подобрать глубину установки кольца подшипника такой,

чтобы вал сервопривода максимально вошел в диск. Для указанного сервопривода можно не подбирать среднее положение. После прикручивания нужно проверить, что двигатель свободно вращается, после чего зажать прижимной винт подшипника

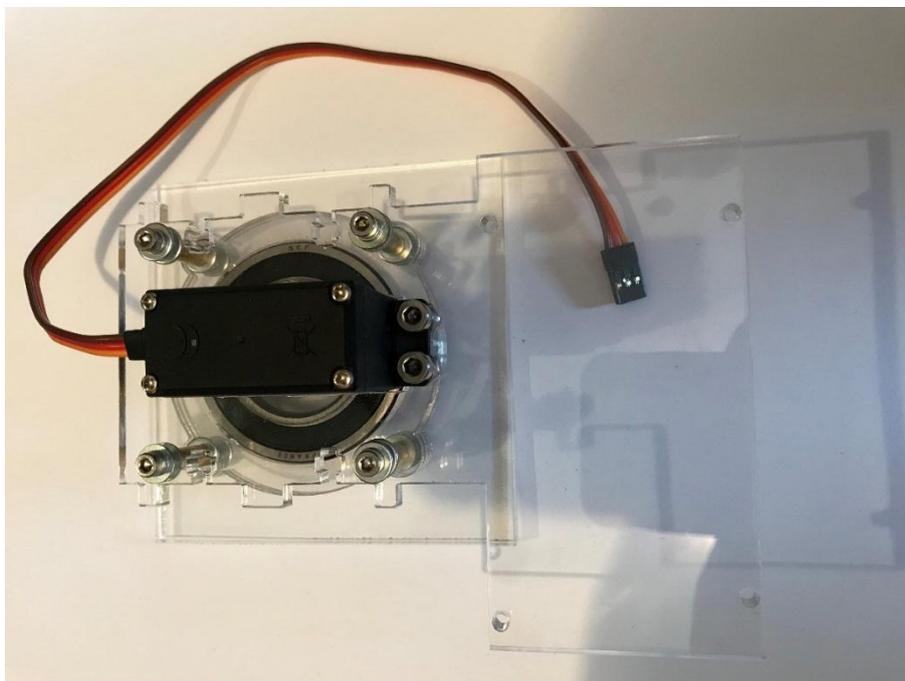


Рисунок 8 – Установка поворотной площадки

## 2.5. Сборка плеча

На данном этапе необходимы следующие комплектующие:

- Диск сервопривода — 1шт
- М3х15 стойка шестигранная латунная мама-мама — 2шт
- М3х14 винт с головой под в/ш — 4шт
- М3х10 винт с головой под в/ш — 4шт
- М3 шайба — 12шт
- М3 шайба гроверная — 8шт

Для начала нужно прикрутить диск сервопривода и стойки. Детали симметричные, поэтому важно, чтобы круглые вставки из оргстекла не оказались на наружной части руки.

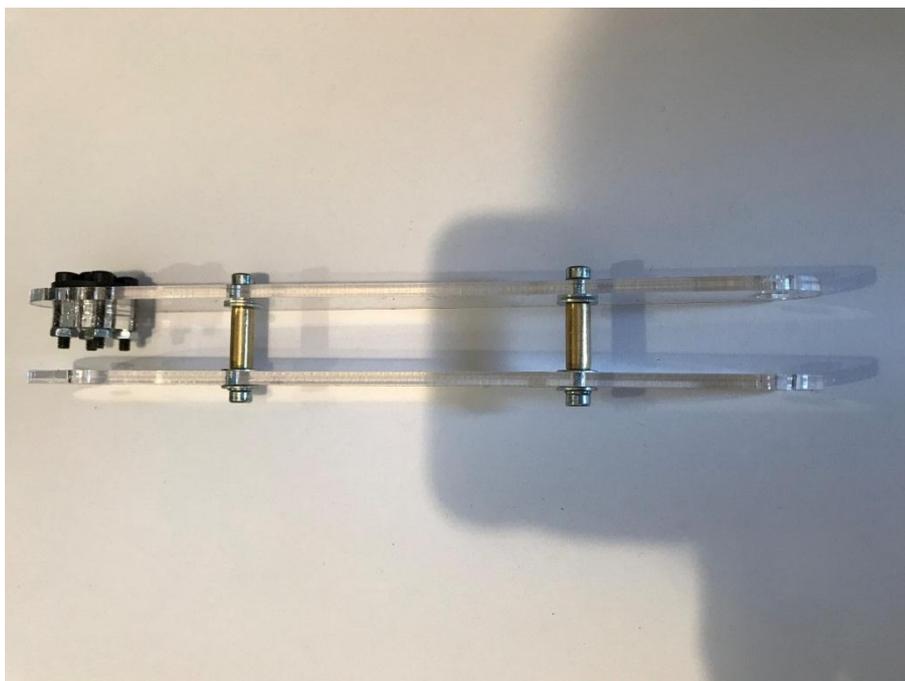


Рисунок 9 – Плечо

## 2.6. Сборка локтевой тяги

Эта тяга передает усилие сервопривода на локоть. Для ее сборки потребуются:

- Подшипник 3x8x3 — 1шт
- Штифт d6мм, длиной 30мм — 1шт
- М3x15 стойка шестигранная латунная мама-мама — 1шт
- М3x14 винт с головкой под в/ш — 4шт
- М3 шайба узкая — 2шт
- М3 шайба — 2шт
- М3 шайба гроверная — 1шт

Это первая деталь с маленьким подшипником. Между подшипниками и деталями руки обязательно должны стоять узкие шайбы М3, которые не блокируют внешнее кольцо. Шайбы из оргстекла устанавливаются в обязательном порядке для того, чтобы исключить соскакивание детали с подшипника. Первоначально вставляется подшипник, а затем комплект необходимых шайб.

После этого прикручивается планка с использованием латунной стойки. После затяжки винта нужно убедиться, что детали имеют свободный ход относительно друг друга.

Далее тяга устанавливается на плечо в следующем порядке: плечо крепится на сервоприводе, вал последнего устанавливается в среднее положение (для этого сначала устанавливается плечо в произвольное положение, затем, передвижениями плеча определяются крайние положения вала, после чего достаточно просто определяется среднее положение). Плечо нужно установить так, как показано на фото.

После этого продевается штифт в отверстие через плечо и локтевую тягу.

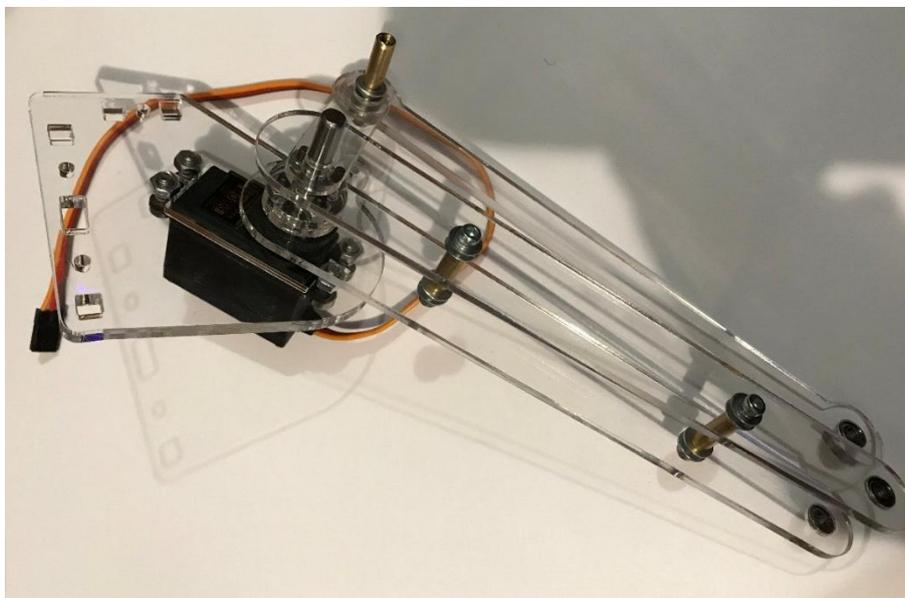


Рисунок 10 – Локтевая тяга

После этого начинается этап крупноузловой сборки.

## 2.7. Сборка узлов

Потребуется следующий крепеж:

- М3х10 винт с головкой под в/ш — 1шт
- М3х12 винт с головкой под в/ш — 6шт
- М3 шайба — 7шт
- М3 шайба гроверная — 7шт

- М3 гайка квадратная — 6шт

На данном этапе сборки используются ранее собранные узлы.

Первоначально необходимо прикрутить качалку сервопривода локтя к тяге.

Следующая операция требует предельной аккуратности – речь идет об укладке квадратных гаек в пазы. Удобнее всего это делать пинцетом при этом закручивая винты.

После того, как деталь будет стянута шестью винтами, собранная конструкция будет выглядеть следующим образом

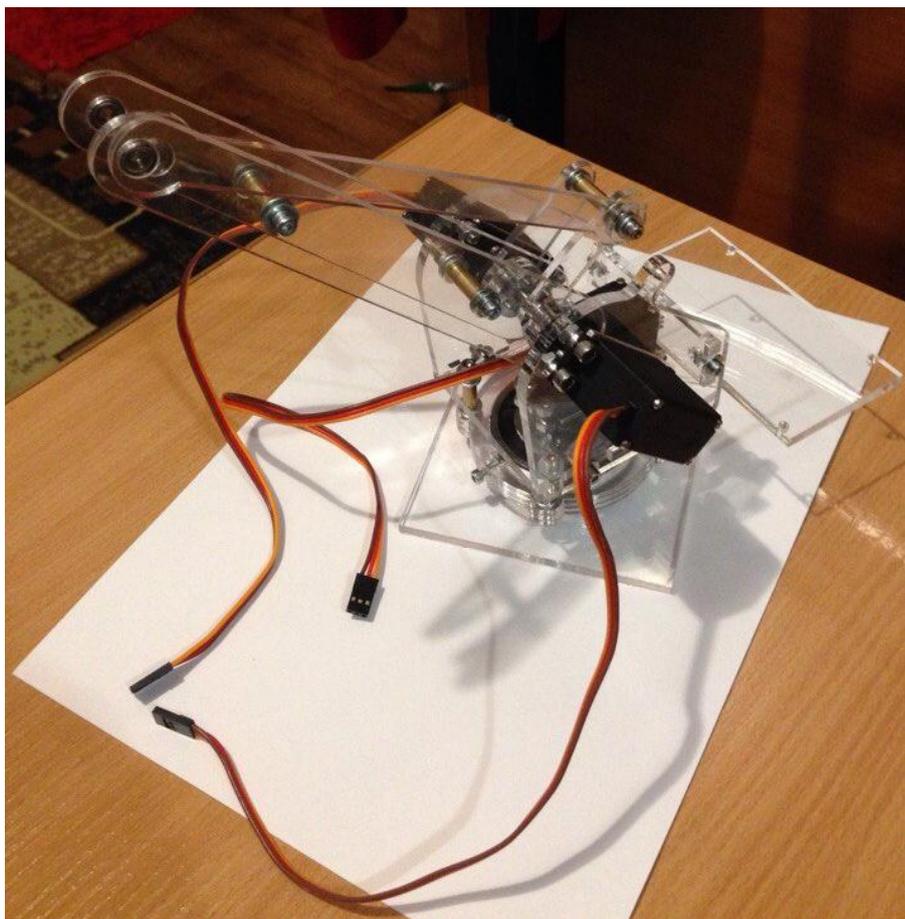


Рисунок 11 – Сборка узлов

## 2.8. Сборка локтя

Для сборки локтя потребуются детали из оргстекла и следующий крепеж:

- М3х15 стойка шестигранная латунная мама-мама — 2шт
- М3х10 винт с головкой под в/ш — 4шт
- М3 шайба — 4шт

- М3 шайба гроверная — 4шт
- Сборка локтя аналогична сборке плеча.



Рисунок 12 – Собранный локоть

### **2.9. Установка локтя**

На этом этапе локоть прикручивается к основной части руки, собранной ранее. Здесь же устанавливается треугольник, удерживающий клешню в фиксированном положении. Для этой операции требуется следующий крепеж:

- Подшипник 3x8x3 — 2шт
- М3x18 винт с головкой под в/ш — 1шт
- М3x14 винт с головкой под в/ш — 1шт
- М3 гайка — 2шт
- М3 шайба — 10шт

- М3 шайба узкая — 4шт
- М3 шайба гроверная — 2шт

Для начала прикручивается левая сторона с подшипником. Подбором количества шайб необходимо сделать так, чтобы во внутренней части руки винт как можно меньше выступал над гайкой.

После этого устанавливается два подшипника на треугольник – один внутрь самого треугольника, а второй для плеча.

Затем устанавливается треугольник – длинная сторона треугольника должна быть ближе к основанию, а короткая – к кисти.

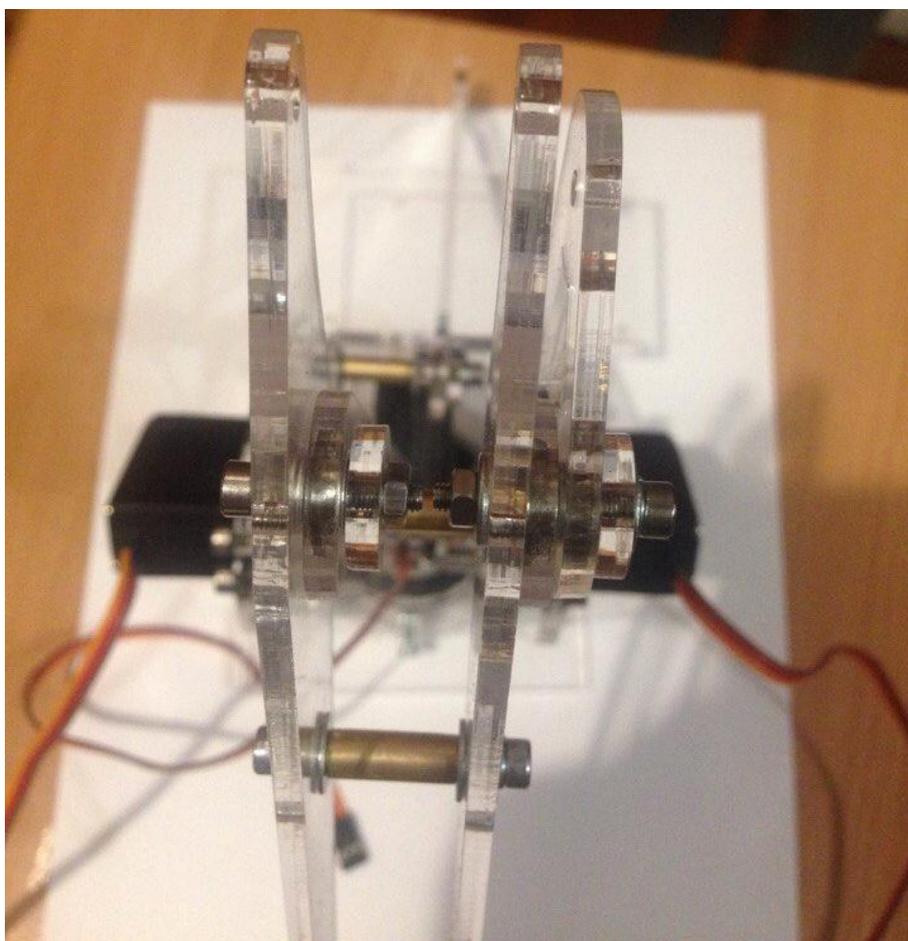


Рисунок 13 – Установленный локоть

### **2.10. Установка локтевой тяги**

На данном этапе потребуются только две шайбы из оргстекла, подшипник и следующий крепеж:

- Подшипник 3x8x3 — 1шт

- М3х18 винт с головой под в/ш — 1шт
- М3 гайка — 1шт
- М3 шайба — 2шт
- М3 шайба узкая — 2шт
- М3 шайба гроверная — 1шт

Очень важно, чтобы тяга локтя была максимально параллельно плечу во всех плоскостях.

Уже на этом этапе можно убедиться, что три основных двигателя двигаются свободно и все движения ограничены только деталями конструкции, а не внутренними ограничителями углов сервоприводов.

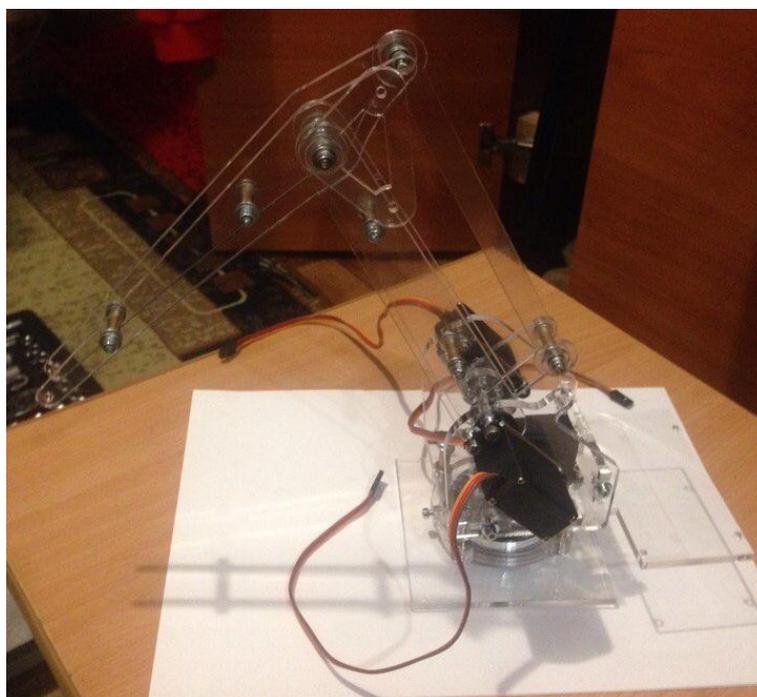


Рисунок 14 – Установленная локтевая тяга

### **2.11. Установка первой кистевой тяги**

Необходима сама тяга и следующий крепеж:

- Подшипник 3х8х3 — 2шт
- М3х14 винт с головой под в/ш — 2шт
- М3 гайка — 2шт
- М3 шайба — 4шт

- М3 шайба узкая — 4шт
- М3 шайба гроверная — 2шт

Эта тяга удерживает треугольник в стационарном положении относительно земли.

Сначала прикручивается одна сторона тяги к ушку на основании руки. С наружной стороны нужно установить шайбу из оргстекла.

После этого прикручивается вторая сторона тяги к треугольнику. Для этого требуется установка дополнительной шайбы, необходимой для максимальной параллельности тяги и плеча.

Головка винта обязательно должна быть с внутренней стороны, иначе она будет цепляться за локоть.

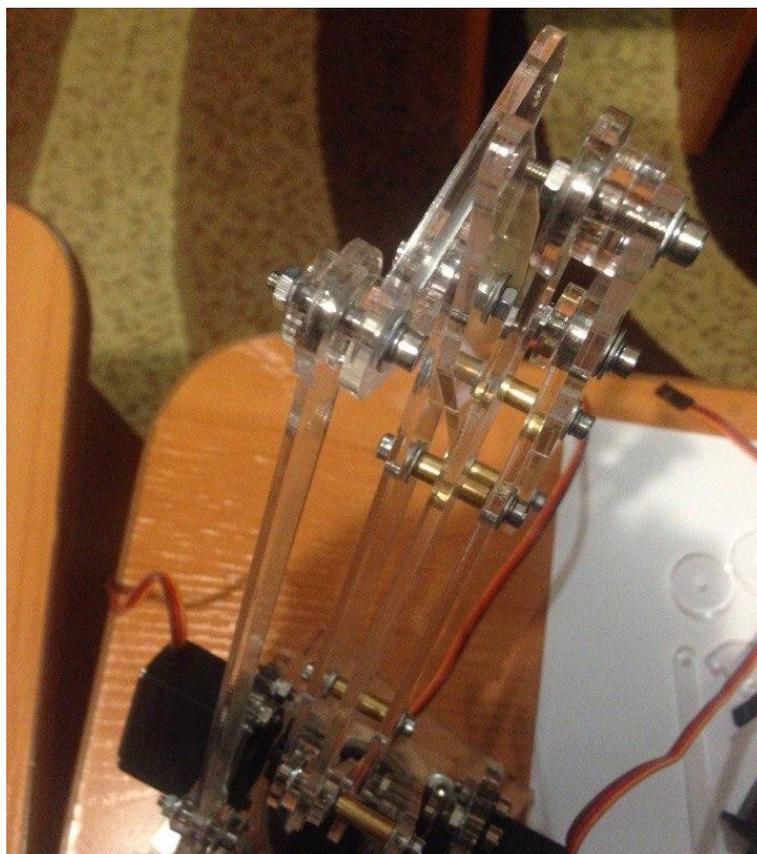


Рисунок 15 – Установленная первая кистевая тяга

## 2.12. Установка второй тяги руки

Для установки тяги потребуются:

- Подшипник 3x8x3 — 1шт

- М3х14 винт с головой под в/ш — 1шт
- М3 гайка — 1шт
- М3 шайба — 2шт
- М3 шайба узкая — 2шт
- М3 шайба гроверная — 1шт

Вся сборка сводится к установке тяги к треугольнику.

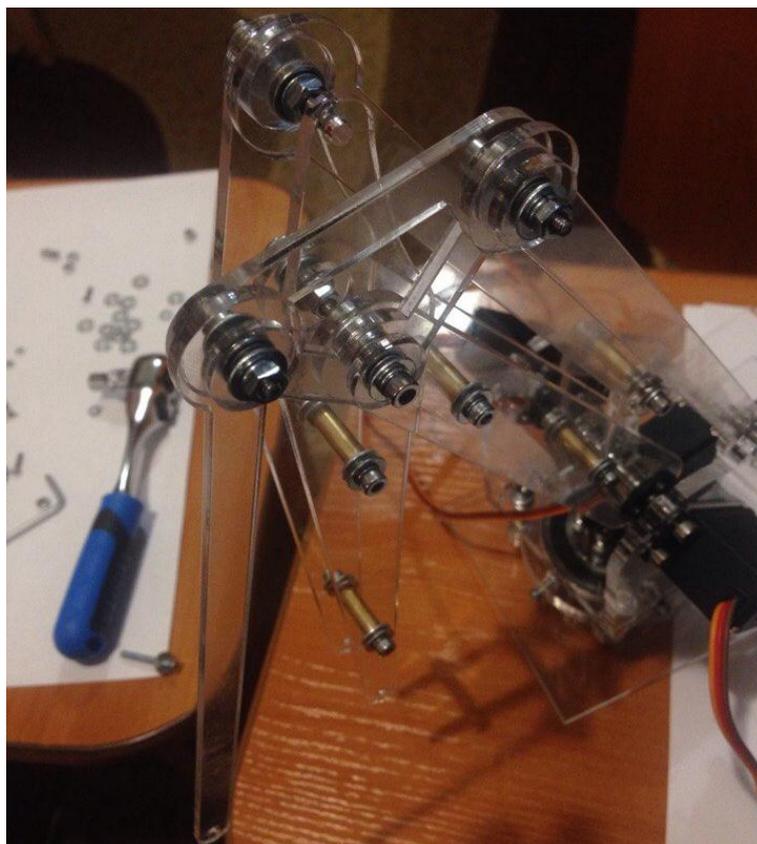


Рисунок 16 – Установленная вторая тяга руки

### 2.13. Сборка кисти

Для сборки захвата понадобятся детали из оргстекла и следующие комплектующие:

- Сервопривод MG90S — 2шт
- М2х10 винт — 4шт
- М2 гайка — 4шт
- М3х10 винт с головой под в/ш — 2шт
- М3х18 винт с головой под в/ш — 2шт

- М3х25 винт с головкой под в/ш — 1шт
- М3 шайба — 8шт
- М3 шайба гроверная — 7шт
- М3 гайка — 3шт

Для начала винтами устанавливаются сервоприводы.

Затем осуществляется установка треугольных деталей кисти и свободного "пальца" захвата. Захват устанавливается с прокладкой из трех шайб, причем усилие закручивания должно быть достаточно слабым, поэтому используется гайка с нейлоновой вставкой. Он должен двигаться максимально свободно и при этом с минимальным люфтом. Специальная гайка во время движения предотвратит отвинчивание крепления.

Далее прикручивается винтами качалки сервоприводов. Перед этим необходимо установить сервоприводы в среднее положение. Важно отметить, что соответствующие зубцы клешни должны быть совмещены. После установки нужно убедиться, что все валы вращаются свободно, а клешня закрывается и открывается.

На заключительном этапе необходимо соединить описанные выше части.

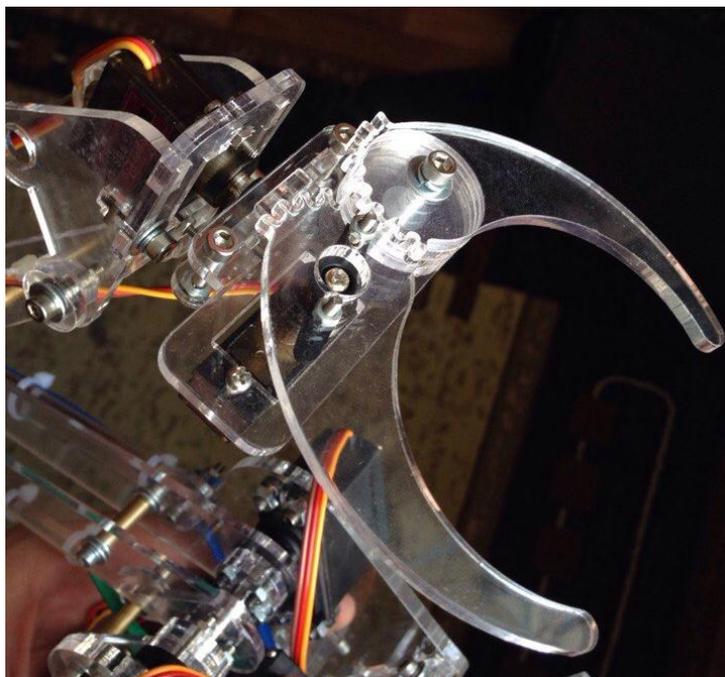


Рисунок 17 – Собранная кисть

## 2.14. Установка кисти

Для установки кисти на манипулятор потребуются четыре шайбы из оргстекла и перечисленный ниже крепеж:

- Подшипник 3x8x3 — 2шт
- М3х14 винт с головой под в/ш — 3шт
- М3 шайба — 6шт
- М3 шайба узкая — 6шт
- М3 шайба гроверная — 3шт
- М3 гайка — 3шт

После того, как нижние соединения собраны можно прикрепить верхнюю тягу.

На этом этапе вся механическая часть руки собрана.

## 2.15. Установка и подключение электроники

Рука собрана на основе платы EduBoard и специального коммутационного шилда для подключения сервоприводов. Сама плата прикручена к основанию манипулятора при помощи стоек и винтов.

Сверху платы устанавливается шилд с разъемами для сервоприводов.

Чтобы подключить сервоприводы кисти потребуются дополнительные удлинительные провода.

На этом сборка манипулятора закончена.

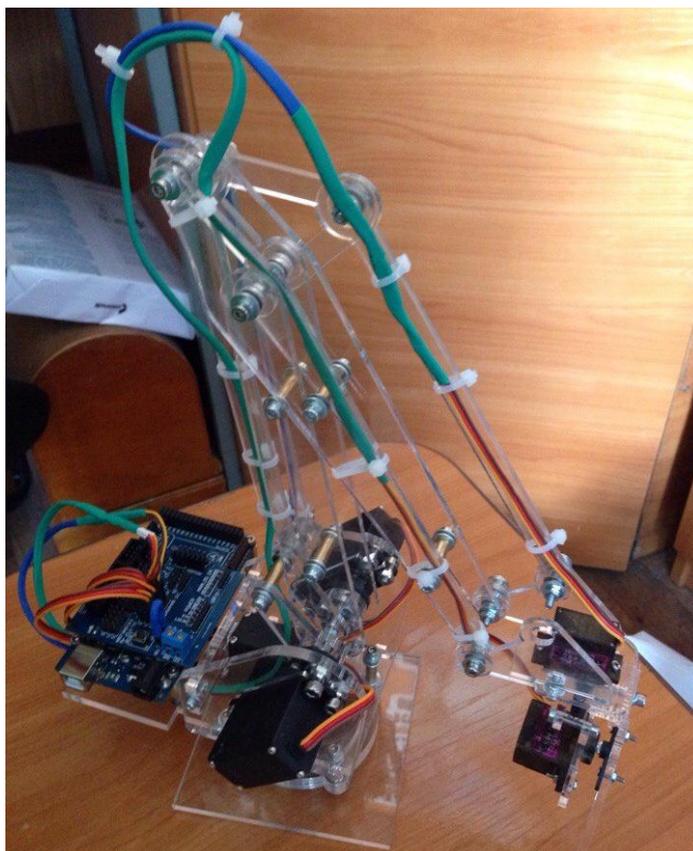


Рисунок 18 – Собранный манипулятор

Далее приведены сводные таблицы всех комплектующих, применяемых в проекте.

Таблица 1 – Сводная таблица крепежных изделий, применяемых в проекте

N	Наименование	Количество
1	Штифт диаметром 6мм и длиной 30мм	1
2	M4x12 винт с в/ш	15
3	M4 гайка	20
4	M3x25 винт с головкой под в/ш	1
5	M3x25 винт с потайной головкой	3
6	M3x18 винт с в/ш	5
7	M3x15 стойка латунная мама-мама	9
8	M3x14 винт с в/ш	25
9	M3x12 винт с в/ш	10

10	М3х10 винт с в/ш	25
11	М3 шайба	100
12	М3 шайба-гровер	50
13	М3 шайба узкая	20
14	М3 гайка	20
15	М3 гайка квадратная	10
16	М2х10 винт	4
17	М2 гайка	4

Таблица 2 – Подшипники, применяемые в проекте

N	Наименование	Количество
1	Подшипник 30х55х13	1
2	Подшипник 3х8х3	11

Таблица 3 – Электронные компоненты

N	Наименование	Описание	Количество
1	Сервопривод MG995	Цифровой сервопривод Tower Pro MG995 Вес - 55г Угол - 180°, 4.8/7.2В Усилие - 8,5 кг/см (4.8В), 10 кг/см (6В)	3
2	Сервопривод MG90S	Цифровой сервопривод TowerPro MG90S Редуктор-металл Вес-13.4г, 4.8В/6В Усилие: 1.8кг.см/2.2кг.см	2
3	Блок питания 5V 3A		1

4	1,0 kOhm Потенциометр 3323P 10%	GEMBIRD (СПЗ-19А)	5
5	Arduino Sensor Shield	Arduino Sensor Shield V5.0 (подключения датчиков, модулей, сервоприводов)	1
6	Стекловолокно FR-4, толщина 1,6мм	Макетная плата односторонняя 50x70мм	1
7	VW-1 TUBE	Термоусадка	1
8	Arduino Nano V3.0	Увх.: 5~12V, ATmega328 (CH340)	1
9	ESP-03	Встраиваемый Wi-Fi модуль на базе чипа ESP8266	1

### 3. ВЫВОДЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Захват манипулятора может быть установлен как перпендикулярно рабочей поверхности, так и параллельно ей. То или иное положение удобно в разных конкретных случаях и протестировано нами в ходе работы над проектом.

Для этого не потребуется никакого дополнительного крепежа. Для начала нужно просто снять клешню с шарниров, а затем установить обратно, изменив направление. Модифицированный манипулятор может легко ухватить, к примеру, стакан.

Безусловно, захват в виде клешни имеет недостатки, связанные с невозможностью надежного захвата определенных типов предметов. Поэтому в настоящее время идет работа по модернизации захвата. Мы, как разработчики склоняемся к тому, чтобы во второй версии нашего манипулятора появился полноценный пятипалый захват.

В настоящее время спроектированный и собранный нами манипулятор проходит тестовые испытания в лабораториях Центра инженерного образования и технопредпринимательства. Так, при смешивании химических растворов четкость, планомерность, действий робо-руки позволяет добиться безопасной работы с реактивами и точности в выполнении действий, заданных программой.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Робототехника это – современное и актуальное направление в сфере инженерной практики.

Создание описанного в работе манипулятора представляет собой первоначальные шаги к серьезным промышленным роботам и манипуляторам, решающим сложнейшие задачи.

Выполнимость таких сложных конструкторских задач стала возможной и достижимой в условиях образовательного процесса благодаря тому, что во второй Новосибирской гимназии реализуется новая модель преподавания предмета «Технология». В течение одного учебного года каждый ученик осваивает четыре модуля включенных в предметную область технология, а именно: «Робототехника», «Инженерный дизайн САД», «Электроника», «Электромонтажные работы».

В специально оборудованных учебных аудиториях, ученики моделируют, конструируют, программируют, подают напряжение к задуманным и описанным ими прототипам.

Особенность работы в рамках нового подхода к преподаванию курса «технология» заключается в том, что ученики, пройдя этап мозгового штурма и защиты технопредпринимательской идеи, приступают к этапу практической реализации идеи. Для нас, учеников, очень ценно, что практическое применение наших идей и разработок лежит в поле потребностей нашей гимназии. А если наши проекты нужны нашим сверстникам, учителям, наставникам, значит они обязательно будут востребованы обществом и государством!

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИСПОЛЬЗОВАННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. ROBOSAPIENS. Применение роботов в современном мире [Электронный ресурс] / ROBOSAPIENS. – Режим доступа: <https://robosapiens.ru/stati/primenenie-robotov-v-sovremennom-mire/>. – Загл. с экрана;
2. Custom electronics. Информационно-учебный блог о разработке электроники. Робо-рука [Электронный ресурс] / Custom electronics. Информационно-учебный блог о разработке электроники. – Режим доступа: <http://www.customelectronics.ru/robo-ruka-chast-1-opisanye/>. – Загл. с экрана;
3. Программная аппаратно-программных средств Arduino;
4. Система автоматизированного проектирования и черчения Autocad;
5. Программное обеспечение лазерного станка.

Ленинский район

МАОУ Вторая Новосибирская Гимназия

Секция Физики

Параскун Александр Григорьевич

10 «А» класс

Телефон: 8-983-323-56-12



Исследовательская работа

**Исследование принципа действия и динамических  
зависимостей униполярного двигателя**

Научные руководители:

Киппа Василий Иванович (*учитель физики в.к.к.*)

Шанина Наталья Ивановна (*учитель физики в.к.к.*)

Голубев Сергей Рюрикович (*учитель физики в.к.к.*)

г. Новосибирск, 2018 год

**Содержание:**

1.	
<b>Введение</b> .....	стр. 4
1.1. Цели и задачи исследования.....	стр. 4
<b>2.Основная часть</b> .....	стр. 5
2.1. Ход работы.....	стр. 5
<b>3. Заключение</b> .....	стр. 6
3.1. Вывод.....	стр. 6
3.2. Источники информации.....	стр. 7

## **1. Введение**

На сегодняшний день самым экологически чистым и относительно дешевым является электротранспорт – электромобили, трамваи, электропоезда. В 1822 году, П. Барлоу разработал униполярный электрический двигатель- колесо Барлоу. Мне стало интересно, как работает данный тип двигателя, есть ли у него будущее в нашей транспортной инфраструктуре, а также исследовать, от чего зависят его кинематические показатели, такие как скорость и ускорение.

### **1.1. Цели и задачи исследования**

Вращение колеса Барлоу обеспечивается силой Ампера, которая возникает при взаимодействии магнитного поля постоянного магнита и электрического тока, проходящего от оси вращения двигателя к скользящему ртутному контакту. Цель моего исследования состоит в том, чтобы самому создать видоизмененную модель колеса Барлоу, не используя ртуть, а также исследовать зависимость скорости и ускорения колесной пары от таких показателей как: напряжение в цепи, масса и диаметр неодимового колеса, сопротивления участка цепи. Исследовать механизм увеличения силы тяги в модели униполярного двигателя.

### **Задачи проекта:**

1. Определить влияние силы Ампера на движение колеса Барлоу.
2. Разработать модель униполярного двигателя Барлоу.
3. Исследовать от чего зависит скорость колесной пары
4. Определить силу тяги колесной пары
5. Исследовать механизмы увеличения силы тяги в модели униполярного двигателя Барлоу.

## **2.Основная часть**

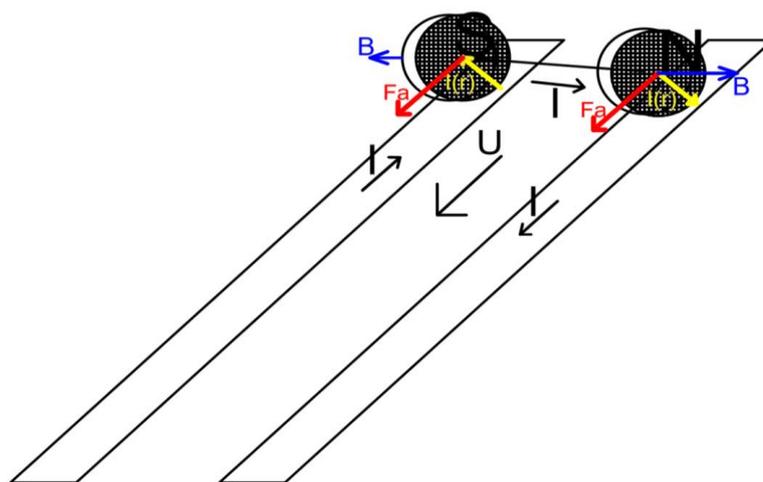
Данную тему я выбрал потому что в настоящее время потребность в двигателях источником энергии в которых является электричество наиболее высока, а униполярный двигатель представляет собой достаточно новый, не очень хорошо освоенный материал. На примере колеса Барлоу, можно исследовать от чего зависит движение униполярного двигателя, а также может ли он быть примененным в качестве альтернативы двигателю внутреннего сгорания (ДВС) или использоваться в замен обыкновенных двигателей постоянного тока.

### **2.1. Ход работы**

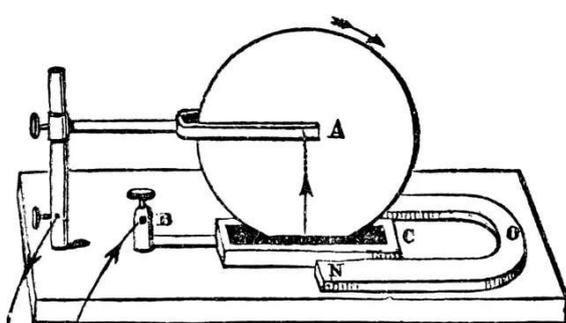
2.1. Я изучил материалы, в которых изложена теоретическая информация по исследуемой теме. Из них я узнал, что сила Ампера – это сила, с которой магнитное поле действует на проводник с током помещенный в него. Направление этой силы определяется по правилу левой руки. А также то, что униполярный двигатель -это двигатель, принцип работы которого основан на

действии силы Ампера, которая возникает при взаимодействии проводника с током и постоянного магнита, который является частью цепи.

2.2. Исходя из наших требований, я составил чертеж опытной установки, а также план эксперимента, в ходе которого можно будет наблюдать наглядно действие силы Ампера, возникающей в исследуемом объекте.



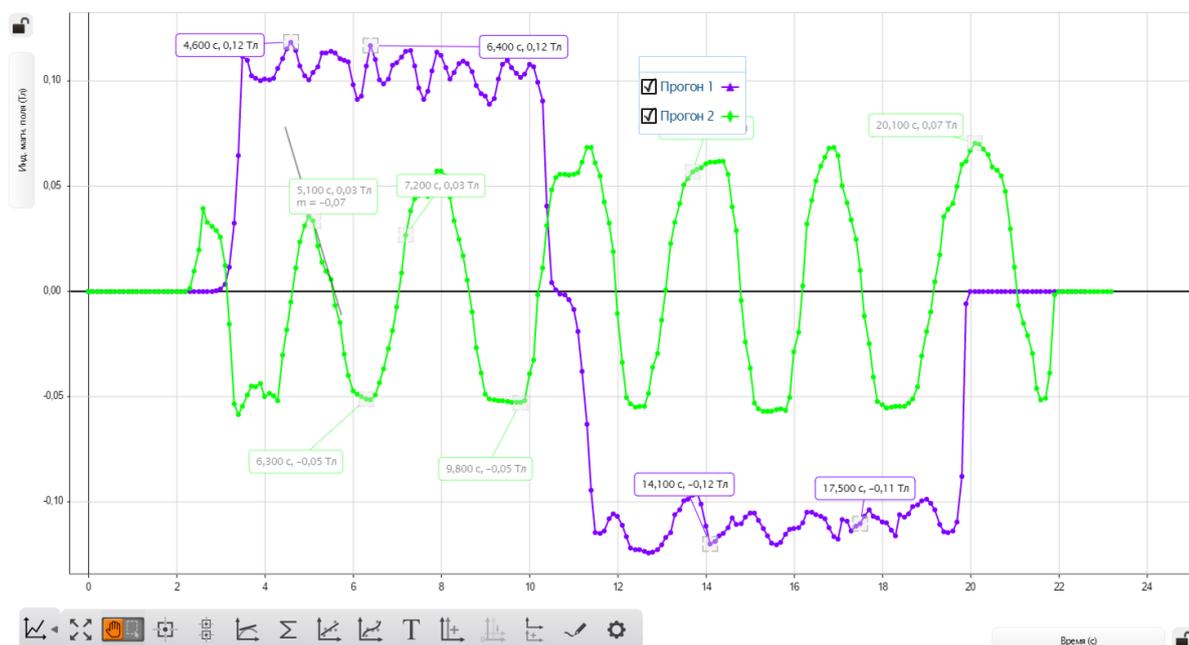
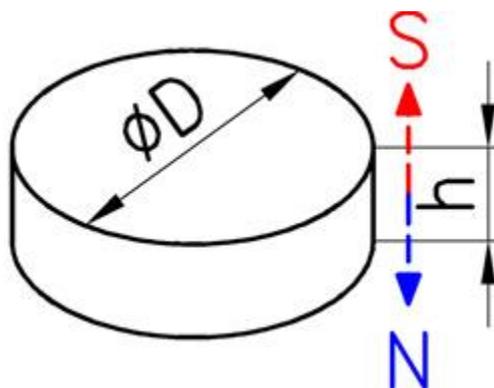
2.3. Громоздкость конструкции, предложенной самим Барлоу, а также использование в ней ртути не позволяют создать её в условиях школьной лаборатории. Поэтому пришлось искать варианты создания несколько видоизмененной модели, работающей на тех же принципах.



Такая модель была найдена в журнале по физике. Ртутный контакт в этой схеме заменен неподвижными алюминиевыми рельсами, а в качестве ротора используется не один диск, а пара неодимовых магнитов, насаженных на одну ось. Неодимовые магниты используются потому что они проводят электрический ток. Когда по системе рельсы – шасси течет ток, то при его

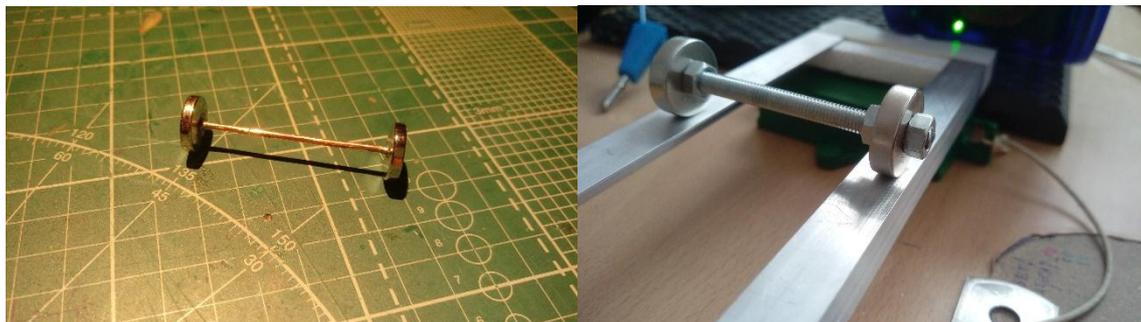
протекании по радиальным участкам колес возникают силы Ампера, направленные так что колеса, приходят в движение.

2.3.1 Неодимовые магниты являются незаменимым решением для данной системы. Во первых они проводят электрический ток, во вторых, они обладают самой большой остаточной индукцией. Зависимость остаточной индукции от точек на плоскости магнита приведена на графике, созданном в цифровой лаборатории Pasco Scientific.

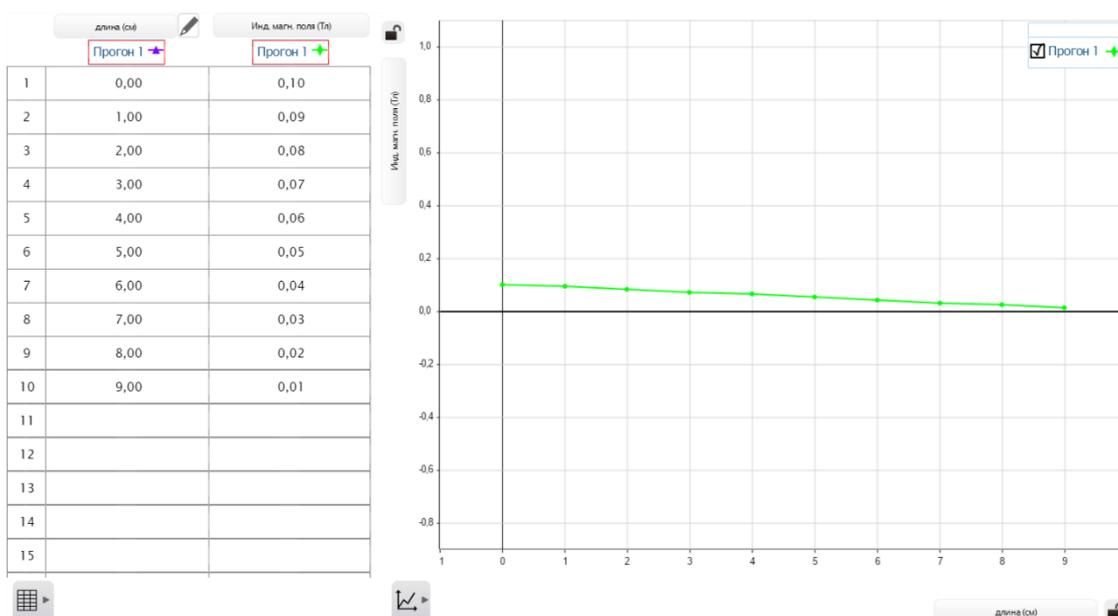


2.3.2. Единственным недостатком неодимового магнита является то, что он теряет свои магнитные свойства при нагревании. Первый вариант создания колесной пары заключался в том, что на медную ось напайвались магниты, узнав, что магниты размагничиваются пришлось искать другие варианты

исполнения колесной пары. Я решил использовать стержень с резьбой, на концах которого с помощью гаек крепились магниты.



2.3.3. Также очень важно чтобы расстояние между магнитом и рельсами было как можно меньше, ведь остаточная индукция уменьшается по мере отдаления от магнита. Данная зависимость видна на созданном в Pasco графике:



2.4. Теперь нужно было точно измерить силу тяги колесной пары. Для этого нужно решить простую задачу, но чтобы решить её самому, я принял колеса, за бруски. Задача решалась в двух случаях: когда в системе течет ток (Приложение 3.2), а также когда он отсутствует (Приложение 3.3). При неизменном угле наклона  $F_{тр.}$ -неизменна. Запишем II закон Ньютона для движения в отсутствии тока:

т.к сила тяги отсутствует, а система имеет два колеса, уравнение примет вид  $-2m_1 \cdot a_2 = 2m_1 \cdot g \cdot \sin \alpha - 2F_{\text{тр}}$  Также запишем этот закон для движения в присутствии электрического тока:  $2m_1 \cdot a_1 = 2F + 2m_1 \cdot g \cdot \sin \alpha - 2F_{\text{тр}}$  (F- сила тяги действующая на одно колесо)

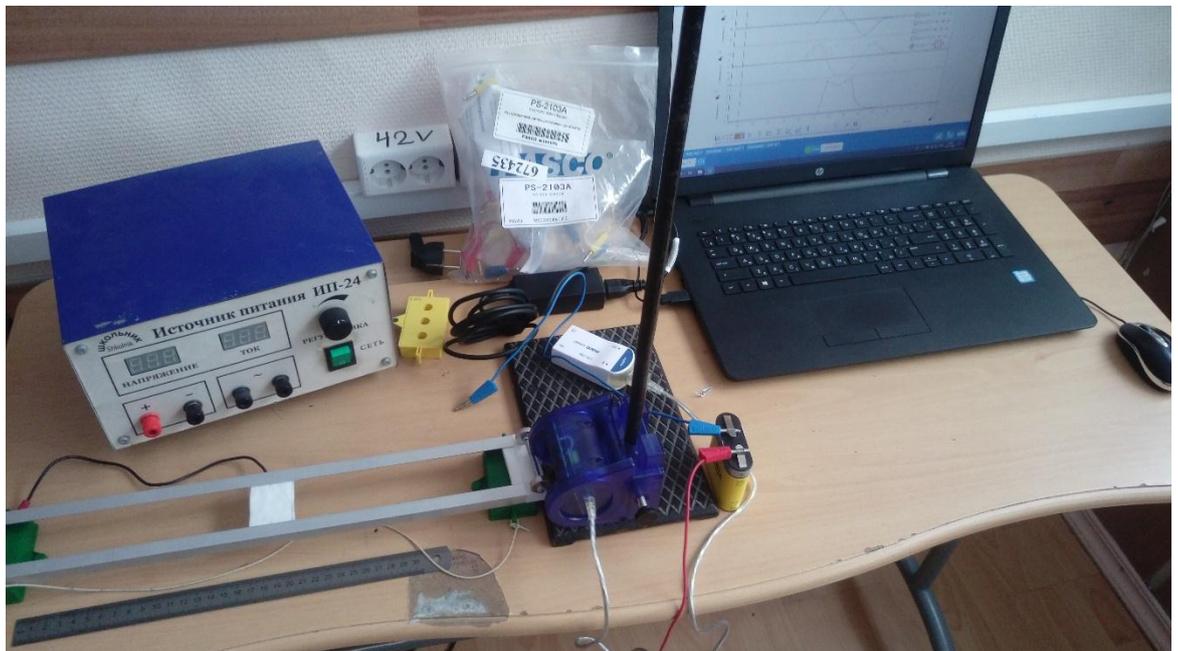
2.5. Теперь запишем уравнения кинематики колесной пары в обоих случаях:

$$s_1 = \frac{a_1 \cdot t_1^2}{2} \quad s_2 = \frac{a_2 \cdot t_2^2}{2}$$

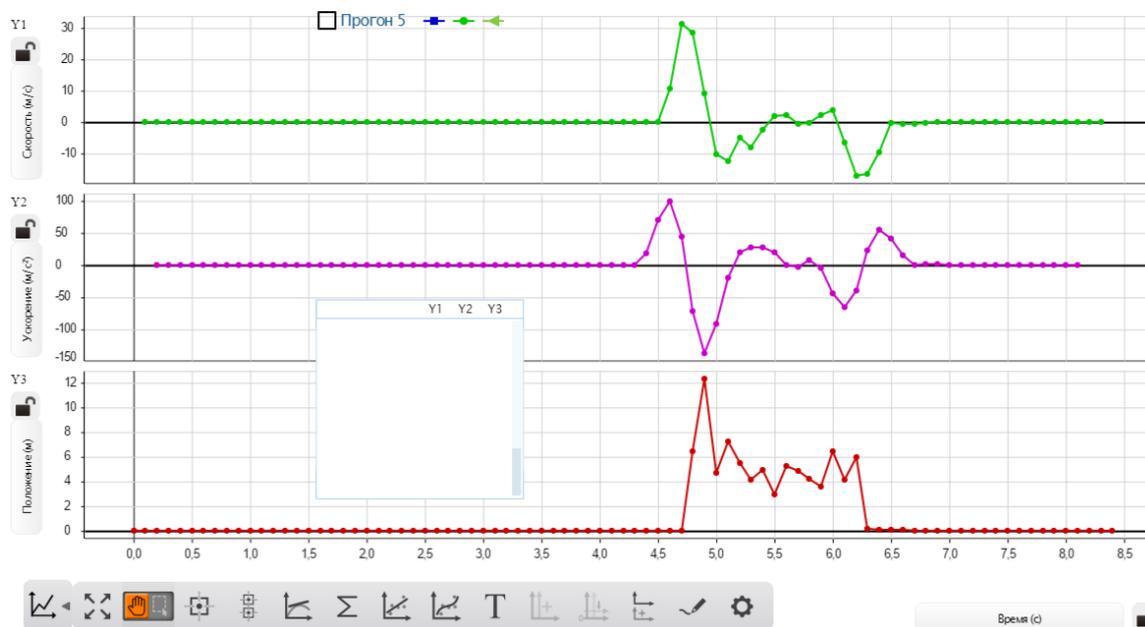
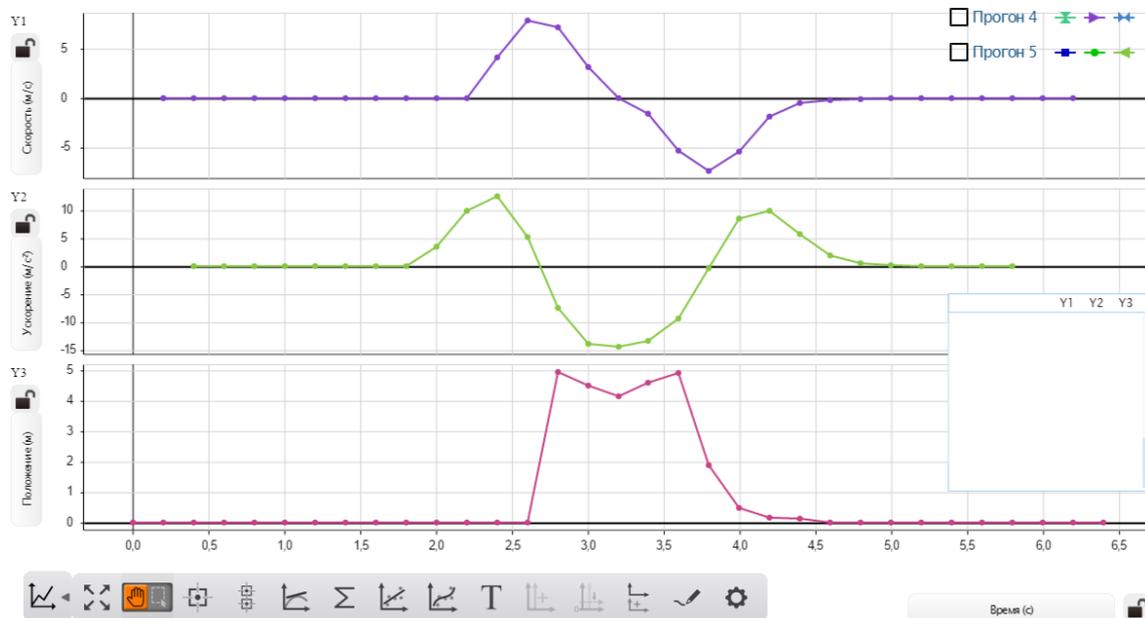
Приняв  $s_1 = s_2$ , получаем формулу для расчета силы тяги, действующей на одно колесо:

$$F = 2m_1 s \left( \frac{1}{t_1^2} - \frac{1}{t_2^2} \right)$$

2.5.1. Для исследования зависимости кинематики колесной пары от числа колесных пар, а также от массы и диаметра магнитов был использован ультразвуковой датчик Pasco. Нужно было собрать опытную установку.



2.5.2. По построенному графику можно отследить зависимость скорости и ускорения на разных участках пути, это важно, ведь чем дальше колесная пара от места подключения напряжения, тем больше сопротивление цепи.



2.6. После проведения расчетов и постановки опытов, стало ясно, что сила тяги колесной пары очень мала, даже при использовании магнитов массой 6г. А также при использовании одной колесной пары появляются внешние факторы, которые не позволяют им двигаться под углом, как это рассматривалось в теории. Решение этой проблемы нашлось в научной

литературе. Если использовать несколько колесных пар, то теоретически сила тяги должна возрастать пропорционально их количеству. При неизменном напряжении сила тока в случае одной колесной пары равна  $I = \frac{U}{R}$ , а в общем случае N колесных пар при параллельном подключении равна:

$$R_{\text{общ}} = \frac{R}{N}, I = \frac{U}{R/N} = \frac{NU}{R}$$

Это уравнение подтверждает гипотезу о том, что сила тяги возрастает пропорционально количеству используемых колесных пар. В случае использования одного магнита массой 6г., сила тяги равна  $F = 11 \text{ мН}$ , при силе тока в 7 А.

2.7. Также нужно было исследовать изменение скорости и тяги колесной пары без увеличения числа колесных пар, но путем увеличения диаметра колеса, а также его ширины (площади соприкосновения колеса с неподвижной поверхностью). Для этого исследования были взяты различные магниты: кольцевой магнит с диаметром 15мм и шириной 3мм (Приложение 4.1.), а также дополнительные диски того же диаметра для увеличения ширины магнита путем наращивания его с боковой стороны (Приложение 4.2), кольцевой магнит с диаметром 18 мм и шириной 5 мм (Приложение 4.3.), а также кольцевой магнит с внутренним диаметром 11 мм, в который я хотел вставить подшипник для проведения опыта при минимальном трении. (Приложение 4.4.).

2.8. В ходе проведения эксперимента стало ясно, что добавляя на готовую колесную пару по одному диску с каждой стороны, мы получаем увеличение скорости примерно в 2,3 раза, а также увеличение тяги колесной пары. В этом случае одна колесная пара уже могла утянуть за собой небольшой пластиковый брусок, чего не удавалось добиться используя одну колесную пару.

### **3. Заключение**

#### **3.1. Вывод**

Мне удалось самому исследовать действие силы Ампера на движение униполярного двигателя Барлоу. Имея готовую модель, мы провели некоторые опыты, благодаря которым исследовали принцип его работы, и возможность увеличения силы тяги, путем увеличения числа колесных пар в системе. Я исследовал принцип работы различных механизмов, которые совершают работу под действием силы Ампера.

#### **5.2. Источники информации**

1. Гурский И. П. Элементарная физика. М.: Физматлит, 1996
2. Кабардин О.Ф. Справочник по физике. М., Наука, 2016
3. Перышкин А.В., Гутник Е.М. Физика. 9 класс. М.: Дрофа, 2005
4. Роджерс Эрик. Физика для любознательных, 3 том. М.: Физматлит, 1982.
5. Элементарный учебник физики. Под ред. Ландсберга Г.С. Москва, Физматлит, 2015.
6. Журнал Первое сентября (Физика), №2(950), 2013 г.