

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЛАЗЕРНОЙ АРФЫ

Новоселова А.Д., Родионова А.В.

г. Тобольск, МАОУ СОШ № 9 с углубленным изучением отдельных предметов, 10 «А» класс

Руководитель: Ечмаева Г.А., к.п.н., доцент кафедры физики, математики, информатики и методик преподавания ТПИ им. Д.И. Менделеева

Современные цифровые технологии изменили буквально все – от нашего быта до искусства, в любом его проявлении. Деревянная рама, струны, смычковый звук – первая ассоциация, возникающая при упоминании слова арфа. Но что если представить перед собой не один из древнейших щипковых инструментов, а инструмент, который работает по современным технологиям и издает музыку при движении рукой в воздухе? Все кажется непонятным и интригующим. К идее создания такого инструмента нас натолкнуло световое шоу французского композитора Жана-Мишель Жарра. Следует сказать, что электронные музыкальные инструменты появились еще в конце 70-х годов 20 века, такие как электронные гитары, синтезаторы, ударные установки. Первые технологии использования лазерного луча для создания музыкальных инструментов появились в прошлом десятилетии. К сожалению, на сегодняшний день они еще не получили широкого распространения. Причинами этого являются высокая стоимость данного устройств и отсутствие российского производства.

Объект исследования: процесс проектирования и создания электронных музыкальных инструментов;

Предмет исследования: использование лазера как технологической основы работы электронных музыкальных инструментов;

Цель проекта: создание музыкального инструмента – арфы, принцип работы которой основывается на использовании технологии лазерного луча;

Задачи исследования:

1. Изучить и обобщить информационные источники по теме исследования;
2. Проанализировать рынок подобных устройств;
3. Разработать прототип и спецификацию электронных компонентов лазерной арфы;
4. Смоделировать и изготовить дизайн данного устройства;
5. Осуществить сборку, комплектацию, программирование и тестирование прибора;
6. Выполнить технико-экономическое обоснование проекта и разработать рекомендации по его применению.

Методы исследования: изучение и систематизация информации, проектирование, компьютерное моделирование, кодирование (программирование), тестирование

1. Исторический аспект проекта

Арфа – один из древнейших музыкальных инструментов человечества (рис. 1). Она произошла от лука с натянутой струной, которая мелодично звучала при выстреле. Позже звук тетивы стали использовать как сигнал. Человек, впервые натянувший на лук три-четыре тетивы, которые из-за своей неодинаковой длины издавали звуки разной высоты, и стал создателем первой арфы. Даже на египетских фресках 15 века до нашей эры арфы еще напоминают лук. А эти арфы не самые древние: древнейшую арфу археологи нашли при раскопках шумерского города Ура в Месопотамии – она была изготовлена четыре с половиной тысячи лет назад, в 26 веке до нашей эры.

В древности на Востоке, в Греции и в Риме арфа оставалась одним из самых распространенных и любимых инструментов. Часто ей пользовались для сопровождения пения или игры на других инструментах. Рано появилась арфа и в средневековой Европе: здесь особым искусством игры на ней славилась Ирландия, где народные певцы – барды – пели под ее аккомпанемент свои саги.



Рис. 1

В XX веке, в связи с появлением цифровых технологий была изобретена лазерная арфа. Впервые лазерная арфа была использована на китайском концерте JMJ еще в 1981 и произвела большое впечатление на зрителей. Более сложная – двухцветная лазерная арфа – была изобретена и изготовлена в 2008 году Маурицио Карелли. Итальянский инженер по программному обеспечению и электронной аппаратуре создал портативную двухцветную лазерную арфу под названием «КромаЛАЗЕР КЛ-250». Она базировалась на слабых (всего 80-100 mW) лазерных лучах, ведь это был всего лишь прототип существующей в настоящее время Лазерной Арфы. После этого Карелли разработал окончательную и более мощную версию Лазерной Арфы под названием «КромаЛАЗЕР КЛ-450». Характерной чертой данного инструмента являлась сконфигурированная полная октава с зелёными лучами для любых диатонических нот и красными лучами для любых хроматических нот. Во второй половине 2010 года Маурицио Карелли также разработал полную цветовую версию лазерного устройства, не зависящую от дневного света автономную модель с 1W лазером под названием «КромаЛАЗЕР КЛ-ПРО», а также другую версию лазерной арфы, способную управлять лазерными сканерами ИЛДА, используя синий/голубой цвет для реализации первого многоцветного лазерного регулятора: «КЛ-Контроль» (KL-Kontrol), прототипом которого был «КЛ-ИЛДА».

В рамках нашего исследования был проведен анализ рынка музыкальных инструментов подобного рода, в результате которого было выяснено, что существующие инструменты можно классифицировать по технологии функционирования:

- безрамочная,
- фреймовая,
- по сфере применения:
- кабинетная,
- концертная.

Безрамочная (открытая) лазерная арфа – это обычно ничем не огороженный лазерный «веер», исходящий из лазерного проектора той или иной конструкции. Она потому и называется «открытой», что ни с боков, ни сверху, она ничем не закрыта. При использовании в помещении лучи просто достигают потолка, на открытых же площадках они могут свободно уходить в небо. (рис. 2)

Первые лазерные фреймовые (закрытые) арфы были одноцветными – обычно с зелеными лучами. Связано это с особенностью человеческого зрения: при одной и той же мощности лазерного проектора зеленый свет лазера гораздо лучше виден нам, чем крас-

ный. Но потом стали появляться двухцветные и многоцветные лазерные арфы. (рис. 3)



Рис. 2

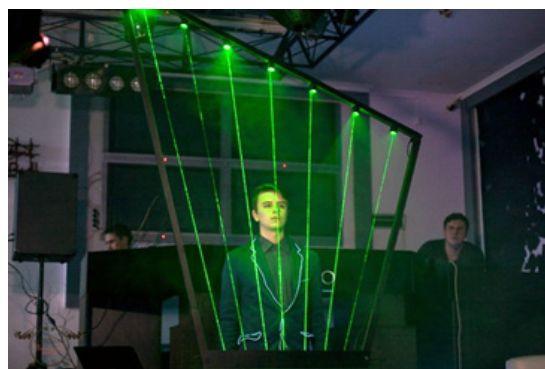


Рис. 3

2. Принцип работы лазерных арф

С точки зрения физических процессов в основе работы лазерной арфы лежит явление фотоэффекта – т.е. способность вещества испускать поток электронов под воздействием света – фотогальванический эффект (рис. 4). Впервые его наблюдал в 1839 году французский физик Антуан Анри Беккерель. В 1888 году Александр Столетов создал первый в мире фотоэлектрический элемент, а в 1905 году Альберт Эйнштейн в своей работе объяснил явление фотоэлектрического эффекта, за что был удостоен Нобелевской премии по физике в 1921 году.

Принцип работы открытых лазерных арф достаточно сложен, и основную роль тут играют специальные сенсоры, распо-

ложенные снизу, у ног исполнителя. Эти сенсоры регистрируют световые вспышки от рук исполнителя: когда музыкант накрывает своей ладонью тот или иной луч, его ладонь вспыхивает ярким светом. По принципу работы этих сенсоров открытая лазерная арфа подразделяется на аппаратную и программно-аппаратную.

В первой – сигналы от фоточувствительных элементов обрабатываются приборами на основе микроконтроллеров, во второй – сенсорами обычно выступают скоростные видеокамеры (от 60 кадров в секунду и выше), изображение от которых обрабатывается специальными программами на компьютерах в реальном времени (рис. 5).

В рамках своего проекта мы выбрали фреймовый вариант технологии. Арфа в этом случае представляет собой замкнутую конструкцию, у которой идущие вертикально лучи лазера попадают на фотоэлементы, как в системах лазерной сигнализации или в турникетах метро. Фотоэлементы в свою очередь в зависимости от яркости светового потока вырабатывают электрические сигналы определенного уровня, которые затем преобразуются в звуки (рис. 6).

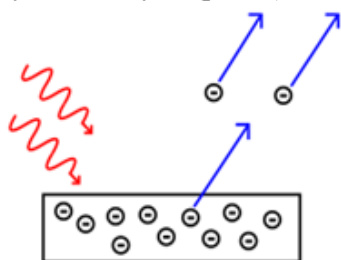


Рис. 4

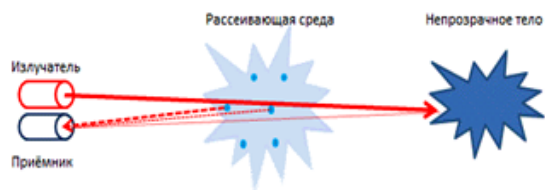


Рис. 5

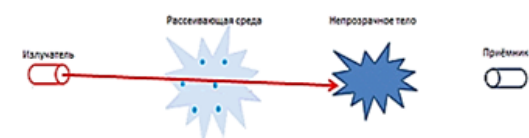


Рис. 6

3. Экономическое обоснование актуальности проекта

В рамках данного исследования нами был проанализирован рынок музыкальных инструментов с целью выяснения стоимости современных лазерных арф. По результатам анализа были получены следующие данные:

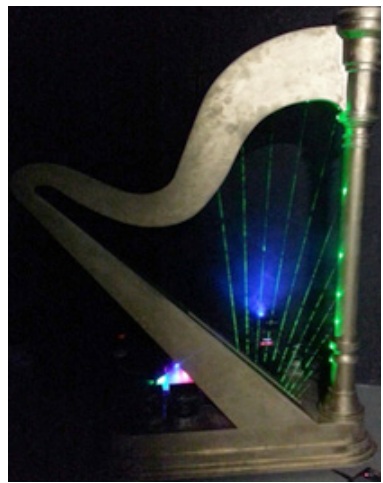
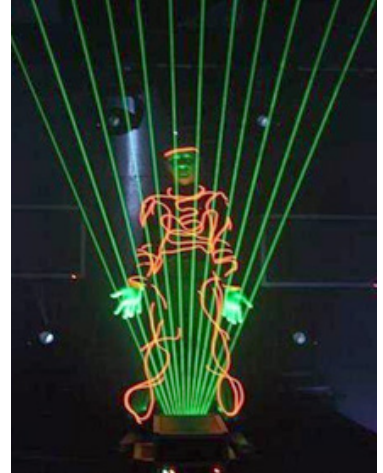
- минимальная цена за закрытую арфу составляет 270 долларов (18500 руб.) на китайском сайте (Aliexpress).
- самая высокая цена за инструмент составляет 490 тысячи рублей.

Проанализировав рынок подобных музыкальных устройств, мы делаем вывод о том, что в магазинах музыкальных инструментов лазерные арфы большая редкость, а в России они вообще отсутствуют. Ниже представлены сведения о различных моделях лазерных арф (таблица 1):

Таблица 1

Характеристики лазерных арф

Фотография арфы	Цена, производитель	Название и характеристика
	150000 руб., Китай	Винтажная лазерная арфа. – Лазеры: полупроводник, 100, 150, 200 мВт; – Струны: количество струн-лазеров по выбору; – Габариты: бокс ~ 30x40x45 мм, рама ~ 120x90 мм, вес ~ 7 кг; - Питание: U=3В, A= 5А, питается от сети 220 В; - Интерфейс: USB (Virtual midi) - Разъемы: USB.

	<p>700000 руб., Китай</p>	<p>Классическая лазерная арфа (компьютерное устройство). комплектация: - Компьютер; - Звуковая карта; - Специализированное ПО; - Мощный лазер; - Сборно-разборная конструкция; - Midi, ILDA и другая коммутация; - Педаль переключения октав.</p>
	<p>550000 руб., Китай</p>	<p>Лазерная арфа хай-тек, комплектация: – Компьютер; - Звуковая карта; - Специализированное ПО; - Мощный лазер; - Зеркала; - Сборно-разборная конструкция; - Midi, ILDA и другая коммутация</p>

Арф закрытого контура сравнительно небольшое количество в сравнении с открытым типом. Страна производитель обоих типов – Китай. Аналогов данного устройства, выпускающегося в производстве в России, не существует. В отсутствии подобных устройств в нашей стране и высокая стоимость за границей определяет актуальность нашей работы.

4. Проектирование лазерной арфы закрытого типа

Для функциональной организации работы устройства нам потребовался следующий набор электронных компонентов:

- Микроконтроллер Arduino UNO – контроллер построен на ATmega328. Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов, 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батарее. (рис. 7)

- Полупроводниковые лазеры – это лазеры с усиливающей средой на основе полупроводников, где генерация происходит, как правило, за счет вынужденного излучения фотонов при межзонных переходах электронов в условиях высокой концентрации носителей в зоне проводимости (рис. 8).

- Резисторы и фоторезисторы. Основным функциональным элементом в нашем устройстве является фоторезистор – это датчик, электрическое сопротивление которого меняется в зависимости от интенсивности падающего на него света. Чем интенсивней свет, тем больше поток электронов и тем меньше становится сопротивление элемента (рис. 9 и 10).

- Зуммер (пьезоэлемент) – сигнальное устройство, электро-механическое, электронное или пьезоэлектрическое. (рис. 11)

- Лабораторный блок питания. (рис. 12).

Принципиальная и организационная схемы нашего устройства, созданные в программе Fritzing, представлены на рисунках 13 и 14.

С фотоэлементов электрический сигнал снимается и подается на пьезоэлемент, который издает звук.



Рис. 7

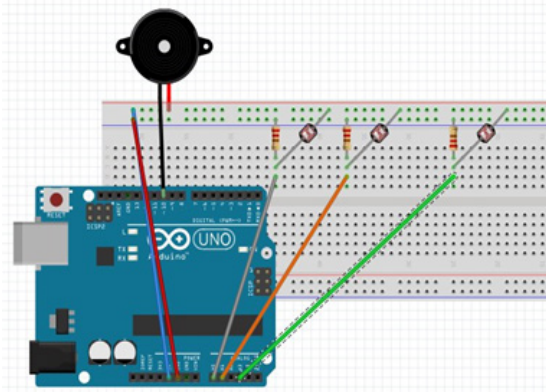


Рис. 14



Рис. 8



Рис. 9

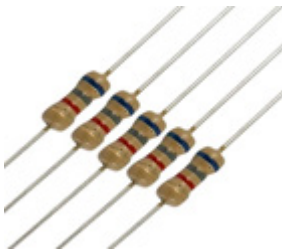


Рис. 10



Рис. 11



Рис. 12

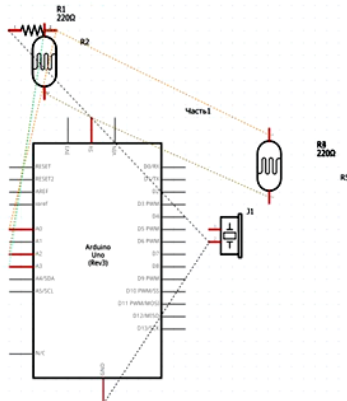


Рис. 13

Что касается дизайна будущего устройства, то рассмотрев все варианты, начиная от классического стиля до хай – тек, мы решили разработать свой собственный. Форма рамы арфы будет напоминать собой широко известный лист компании «СИБУР». Используя возможности среды 3D моделирования Fusion 360, мы разработали модель рамы будущего музыкального инструмента, который будет создан в итоге работы над проектом (рис.15)

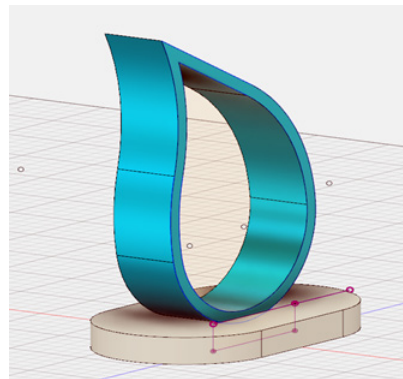


Рис. 15



Рис. 16

Так же для удобства применения арфы в той же самой среде 3D моделирования Fusion 360 были разработаны и напечатаны на 3D принтере корпуса для фоторезисторов и лазеров (рис. 17, 18, 19).

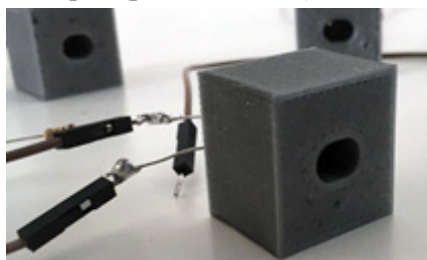


Рис. 17

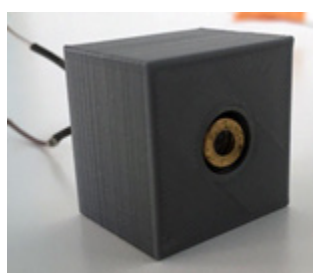


Рис. 18

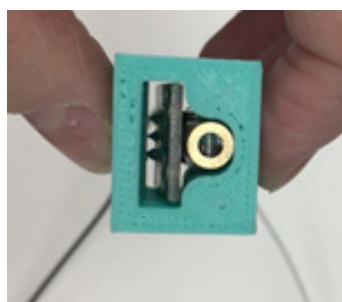


Рис. 19

Исходя из больших размеров арфы, нами было принято решение не печатать ее на 3D принтере, а воспользоваться лазерным станком для резки фанеры. Для этого мы воспользовались программой Sliser для Fusion 360. (рис. 16).

5. Программирование лазерной арфы

Данная система работает под управлением программируемого микроконтроллера *Arduino UNO*, средой программирования нами была выбрана IDE. IDE представляет собой единственную программу, в которой проводится вся разработка. Она содержит много функций для создания, изменения, компилирования, развертывания и отладки программного обеспечения. Фрагмент управляющей программы представлен ниже.

```
void loop() {
    if (analogRead(A0)<800) //Считывание сигнала с фоторезистора
        {buttonstate_C=1; // Если больше порогового значения, значит надо играть ноту}
    else
        {buttonstate_C=0; // Если меньше – то не будем играть ноту}
    if (buttonstate_C == HIGH)
        {Cur_tone = tones[0]; //Издаем звук, определенного тона }
    else
        { digitalWrite(speaker, LOW); //Не издаем сигнала}
}
```

На данный момент нам удалось создать и запрограммировать прототип будущего инструмента, работающего на 5 фотоэлементах.

6. Экономический расчет стоимости проекта

Исходя из стоимости всех комплектующих нашего проекта, мы выполнили расчет цены получившийся арфы в целом. (таблица 2)

Таблица 2

Расчет стоимости

Комплектующие	Цена за шт.	Количество	Общая цена
Микроконтроллер Arduino UNO	197,97	1	197,97
Полупроводниковые лазеры	50	12	600
Резисторы	1,77	12	21,24
Зуммер	12	1	12
Блок питания на 5В	230	1	230
Фоторезисторы	1,77	12	21,24
Соединительные провода	5	40	200
Фанера (лист)	360	2	720
ИТОГО			2002,45

Таким образом, предварительные затраты на изготовление нашей арфы составили 2000 руб. Сравнивая данную стоимость с данными, полученными при анализе стоимости подобных устройств, можно сделать вывод, что наш проект является наиболее экономически выгодным.

Заключение

Таким образом, в ходе нашего исследования по данной теме было проанализировано большое количество информационных источников, на основе которых мы выяснили, что лазерная арфа как музыкальный инструмент существует давно, но в связи с высокой стоимостью и отсутствием многообразия выбора, она не получила широкого распространения.

Выполняя анализ стоимостных показателей лазерных арф мы пришли к выводу, что их цена достаточно высока (минимальная стоимость составляет – 18 тыс. руб., максимальная – составляет 490 тыс. руб.). Исходя из этого, нами было принято решение спроектировать и разработать собственную модель лазерной арфы для Универсальность данной работы заключается в создании электронно-лазерной арфы посредством экономичных материалов своими руками, а также в упрощении звукоизвлечения исполнителями музыки, в частности бесконтактный музыкальный инструмент будет иметь высокие стандарты для безопасности здоровья человека и одновременно являться легко транспортируемым и компактным инструментом. Неоспоримым достоинством оборудования являются его универсальность и простота применения.

Список литературы

1. Laser Harp [Электронный документ]. URL: <http://www.stephenhobley.com/blog/laser-harp-2009>. (дата обращения 21.12.2017).
2. Лазерная арфа [Электронный документ]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>. (дата обращения 30.11.2017).
3. Власова М. Что такое лазерная арфа [Электронный документ]. URL: <http://fb.ru/article/290737/chto-takoe-lazernaya-arfa>. (дата обращения 30.11.2017).
4. Галилео. Эксперт. Арфа лазерная. [Электронный документ]. URL: <https://m.youtube.com/watch?v=6gE0Ua2142g>. (дата обращения 21.12.2017).
5. Лазерная арфа на базе Arduino. [Электронный документ]. URL: <https://m.geektimes.ru/post/275826>. (дата обращения 14.12.2017).
6. Лазерная арфа для ценителей современной музыки. [Электронный документ]. URL: <https://geektimes.ru/post/200796>. (дата обращения 07.12.2017).
7. Что есть иллюзия. [Электронный документ]. URL: <http://www.pvsm.ru/zhelezo/120692>. (дата обращения 07.12.2017).
8. Харанжевский Е.В. Физика лазеров, лазерных технологий и методы математического моделирования лазерного воздействия на вещество/Е.В. Харанжевский, М.Д. Кривилёв; под общей редакцией П.Г. Галенко – Ижевск: «Удмуртский университет», 2011. – 187с.
9. Звелто О. Принципы лазеров / О. Звелто – М.: Мир, 1990. – 560 с.
10. Шпольский Э.В. Атомная физика / Э.В. Шпольский. Т. 1,2. – М.: Изд-во Наука, 1974. – 524с.
11. Либенсон М.Н. Взаимодействие лазерного излучения с веществом (силовая оптика) / Конспект лекций. Часть I. Поглощение лазерного излучения в веществе /М.Н. Либенсон, Е.Б.Яковлев, Г.Д. Шандыбина; под общей редакцией В.П. Вейко – СПб: СПб ГУ ИТМО, 2008. – 141 с.