

**«Акустические приборы и устройства»**

**Работу выполнил:**  
**ученик 11 класса**  
**МБОУ СОШ №25 г.Пензы им. В.П. Квышко**  
**Эрленеков Василий**

**Руководитель :**  
**Учитель МБОУ СОШ №25 г.Пензы им. В.П.Квышко**  
**Пронина Анастасия Дмитриевна**

**Пенза, 2020г.**

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                    |                                     |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>ВВЕДЕНИЕ</b>                                    | <b>3</b>                            |
| <b>ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b>                         | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <b>ВОЗНИКНОВЕНИЕ АКУСТИКИ</b>                      | <b>4</b>                            |
| <b>ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ЗВУКЕ И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКАХ</b> | <b>5</b>                            |
| <b>АКУСТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ</b>                        | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <b>ФОНОГРАФ</b>                                    | <b>6</b>                            |
| <b>ГРОМКОГОВОРТЕЛЬ</b>                             | <b>7</b>                            |
| <b>МИКРОФОН</b>                                    | <b>8</b>                            |
| <b>«ЗАКРЫТЫЙ ЯЩИК»</b>                             | <b>9</b>                            |
| <b>ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.</b>                         | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <b>ПРИМЕРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ РИСУНОК</b>               | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <b>ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА</b>                       | <b>11</b>                           |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>                                  | <b>13</b>                           |
| <b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b>                           | <b>14</b>                           |

## ВВЕДЕНИЕ

Мир, который нас окружает, с полным правом можно назвать миром звуков. Звучат вокруг голоса людей и музыка, шум ветра и щебет птиц, рокот моторов и шелест листьев.

На уроках физики мы проходили тему “Звуковые волны” и меня она очень заинтересовала. Мне захотелось по подробнее узнать о характеристиках звука, а в особенности про акустические приборы и устройства. И я решил самостоятельно сделать акустическую колонку.

О том, как рождаются звуки и что они собой представляют, люди начали догадываться очень давно. Еще древнегреческий ученый Аристотель, исходя из наблюдений, верно объяснил природу звука, полагая, что звучащее тело создает попеременное сжатие и разрежение воздуха. Так, колеблющаяся струна то уплотняет, то разряжает воздух, благодаря упругости которого эти чередующиеся воздействия передаются в пространство от слоя к слою, вызывают упругие звуковые волны.

С точки зрения физики звук – это механические колебания, которые распространяются в упругой среде: воздухе, воде, твёрдом теле.

Способность человека воспринимать упругие колебания, слышать их отразилась в названии учения о звуке. Акустика, от греческого *akustikos* – слуховой, слышимый, исследовала поначалу именно слышимые человеком звуковые волны с частотой от 16 Гц до 20 кГц.

Акустические приборы и системы – это область техники, которая включает совокупность средств, способов и методов создания и применения устройств, и систем, предназначенных для:

- силового воздействия мощных акустических колебаний на различные материалы, изделия и технологические процессы;
- обработки сигналов в акустоэлектронных устройствах.
- передачи и приёма упругих волн в различных средах;
- получения информации о различных объектах.

Цель работы: изучение основных характеристик звука, устройства и принципов действия акустических приборов, а так же создание акустической колонки.

Задачи работы:

- изучить основные этапы развития и становления акустики как раздела физики;
- дать характеристику основным акустическим величинам;
- рассмотреть устройство некоторых акустических устройств и приборов, описать физические принципы, на которых основано их действие.
- сделать акустическую колонку.

Объект исследования: акустические устройства и приборы.

Предмет исследования: устройство и физические принципы, на которых основано их действие.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **ВОЗНИКНОВЕНИЕ АКУСТИКИ**

Акустика – область физики и техники, изучающая упругие, звуковые колебания и волны в различных средах, их возбуждение и восприятие, распространение, взаимодействие со средой, а также разнообразное применение.

Акустические явления – голоса людей и животных, шумы ветра и моря – относятся к первым естественным процессам, которыми заинтересовались люди. Они начали создавать искусственные источники звука, эмпирически устанавливая особенности его излучения и распространения, которые использовали при изготовлении музыкальных инструментов и при строительстве общественных зданий, храмов, театров. Так, Пифагор в 6 веке до н. э. обнаружил связь между высотой звука и длиной струны или трубы; Аристотель в 4 веке до н. э. установил, что распространение звука сопровождается сжатием и разрежением воздуха, а эхо обусловлено отражением звука от препятствий. Леонардо да Винчи, 15–6 вв., исследовал отражение звука, сформулировал независимость распространения звуковых волн от разных источников.

Становление акустики, как физической науки началось в 17 веке с изучения системы музыкальных тонов и их источников, измерения скорости распространения звука, Г. Галилей, М. Мерсенн. В последующие два века акустика развивалась как раздел механики: на базе законов механики Ньютона, закона упругости Гука и принципа Гюйгенса для волнового движения была создана теория излучения и распространения акустических волн в среде, разработаны методы измерения, заложены основы анализа и синтеза звука (Т. Юнг, П. Лаплас, О. Френель, Л. Эйлер, Д. Бернулли, Г. Гельмгольц). Классический этап развития акустики подытожен Дж. У. Рэлеем в его труде «Теория звука» 1877–1878.

Развитие акустики в 1-й половине 20 в. получило мощный импульс в связи с запросами военной техники. Задача определения положения и скорости самолёта (звуковая локация в воздухе), подводной лодки (гидролокация), определение места, времени и характера взрыва, глушение шумов самолёта – все эти проблемы требовали более глубокого изучения механизма образования и поглощения звука, распространения звуковых (в частности, ультразвуковых) волн в сложных условиях. В 20-х и 30-х гг. много работ было посвящено теории автоколебаний – самоподдерживающихся колебаний системы, связанной с постоянным источником энергии. Большой вклад в разработку этой теории внесла советская школа физиков, возглавлявшаяся Л.И. Мандельштамом и Н.Д. Папалекси.

В середине 20 в. начинается быстрое развитие психофизиологической акустики, вызванное необходимостью разработки методов неискажённой передачи и воспроизведения множества звуковых сигналов – речи и музыки – по ограниченному числу каналов связи. Эти вопросы акустики входят в круг проблем общей теории информации и связи. Созданы приборы видимой речи, дающие видимые изображения различных звуков. Разрабатываются методы кодирования речи и её расшифровки, развернулись исследования механизмов слухового восприятия, ощущения громкости, определения направления прихода звука (венгерский учёный Д. Бекеши). В этой области акустика сомкнулась с физиологией органов чувств и биофизикой.

Таким образом, современная акустика по своему содержанию и значению далеко перешагнула те границы, в которых она развивалась до 20 в.

Современную акустику подразделяют на общую, прикладную и психофизиологическую.

Общая акустика занимается теоретическим и экспериментальным изучением закономерностей излучения, распространения и приёма упругих колебаний и волн в различных

средах и системах. Условно её можно разделить на теорию звука, физическую акустику и нелинейную акустику.

Теория звука пользуется общими методами, разработанными в теории колебаний и волн. Для колебаний и волн малой амплитуды принимается принцип независимости колебаний и волн (суперпозиции принцип), на основе которого определяют звуковое поле в разных областях пространства и его изменение во времени.

На распространение, генерацию и приём упругих волн оказывает влияние огромное число факторов, связанных со свойствами и состоянием среды. Рассмотрением этого занимается физическая акустика. К её задачам относятся, в частности, изучение зависимости скорости и поглощения упругих волн от температуры и вязкости среды.

Прикладная акустика – чрезвычайно обширная область, к которой относится прежде всего электроакустика. Сюда же относятся акустические измерения – измерения величин звукового давления, интенсивности звука, спектра частот звукового сигнала.

Атмосферная акустика исследует особенности распространения звука в атмосфере, обусловленные неоднородностью её структуры, и является частью метеорологии. Геоакустика изучает применения звука в инженерной геофизике и геологии.

## **ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ЗВУКЕ И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКАХ**

Основные физические характеристики звука – частота и интенсивность колебаний. Они и влияют на слуховое восприятие людей.

Периодом колебания называется время, в течение которого совершается одно полное колебание. Можно привести в пример качающийся маятник, когда он из крайнего левого положения перемещается в крайнее правое и возвращается обратно в исходное положение.

Частота колебаний – это число полных колебаний, периодов, за одну секунду. Эту единицу называют герцем (Гц). Чем больше частота колебаний, тем более высокий звук мы слышим, то есть звук имеет более высокий тон.

Область рассматриваемых в акустики частот шире слухового диапазона её условные границы 16 Гц – 20 кГц: ниже лежит область инфразвука 0–20 Гц, выше – ультразвука 20 кГц – 1000 МГц, и гиперзвука выше 1000 МГц, причём в гиперзвуковой области уже могут проявляться квантовые эффекты.

С периодом и частотой колебаний связано понятие о длине волны. Длиной звуковой волны называется расстояние между двумя последовательными сгущениями или разрежениями среды.

Звуки различаются также по тембру. Тембр – это качественная характеристика звука. Основной тон звука сопровождается второстепенными тонами, которые всегда выше по частоте, обертона.

Тон – это звук, представляющий собой периодический процесс. Его основной характеристикой является частота.

Простой тон создаётся телом, колеблющемся по гармоническому закону, например, камертоном. Сложный тон создаётся периодическими колебаниями, которые не являются гармоническими, например, звук музыкального инструмента, звук, создаваемый речевым аппаратом человека.

Шум – это звук, имеющий сложную неповторяющуюся временную зависимость и представляющий собой сочетание беспорядочно изменяющихся сложных тонов.

Звуковой удар – это кратковременное звуковое воздействие, хлопок, взрыв, гром.

Наименьшая частота в спектре соответствует основному тону, а остальные частоты называют обертонами или гармониками. Обертоны имеют частоты, кратные основной частоте. Наибольшая амплитуда спектра соответствует основному тону. Именно он воспринимается ухом как высота звука. Обертоны создают «окраску» звука.

Еще одна из основных характеристик – амплитуда колебаний. Это наибольшее отклонение от положения равновесия при гармонических колебаниях. На примере с маятником – максимальное отклонение его в крайнее левое положение, либо в крайнее правое положение. Амплитуда колебаний определяет интенсивность, силу звука.

Сила звука, или его интенсивность, определяется количеством акустической энергии, протекающей за одну секунду через площадь в один квадратный сантиметр. Следовательно, интенсивность акустических волн зависит от величины акустического давления, создаваемого источником в среде.

С интенсивностью звука в свою очередь связана громкость. Чем больше интенсивность звука, тем он громче. Однако эти понятия не равнозначны. Громкость – это мера силы слухового ощущения, вызываемого звуком. Единицу громкости звука называют фоном. Звук одинаковой интенсивности может создавать у различных людей неодинаковое по своей громкости слуховое восприятие. Каждый человек обладает своим порогом слышимости.

Звуки очень большой интенсивности человек перестаёт слышать и воспринимает их как ощущение давления и даже боли. Такую силу звука называют порогом болевого ощущения.

## АКУСТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

### ФОНОГРАФ

Фонограф (от греч.φωνή– звук и γράφω– писать) – первый прибор для записи и воспроизведения звука (см. рис. 1).



Рис. 1. Фонограф

Был изобретён Томасом Алвой Эдисоном и представлен 21 ноября 1877 года. Звук записывается на носителе в форме дорожки, глубина которой пропорциональна громкости звука. Звуковая дорожка фонографа размещается по цилиндрической спирали на сменном вращающемся барабане. При воспроизведении игла,двигающаяся по канавке, передаёт колебания на упругую мембрану, которая излучает звук. Изобретение стало поразительным событием того времени; дальнейшим развитием фонографа стали граммофон и патефон.

Первоначально планировалось использовать фонограф как секретарскую машину для записи голоса при диктовке.

Все фонографы того времени работали по следующему принципу: по вращающемуся звуконосителю перемещалась игла-резец, полученные при помощи мембраны-микрофона механические колебания механически же фиксировались деформацией звуконосителя. В

дальнейшем начали применять методы гальванопластики для изготовления копии звуконосителя из более твердого материала. Для воспроизведения записи по звуконосителю перемещалась игла механически связанная с мембраной-излучателем. Первые фонографы, использующие фольгу на цилиндрических носителях, позволяли осуществить лишь очень короткие записи – длительностью всего несколько минут – и быстро изнашивались. Более долговечными стали валики, покрытые слоем воска. Однако только с изобретением дисковых фонографов – граммофонов технология стала популярной и востребованной.

Начался бум, в скором времени появилась целая звукозаписывающая индустрия, существующая по сей день.

### ГРОМКОГОВОРИТЕЛЬ

Одним из самых знаменитых изобретений XX века является громкоговоритель. Именно его появление, наряду с микрофоном, обеспечило возможность развития систем звукозаписи и звуковоспроизведения, телевидения, звукозаписи и домашнего воспроизведения.

Попытки создания первых излучателей звука начались в конце XIX века. В 1874 году немецкий инженер Эрнст Вернер фон Сименс, основатель компании Siemens, описал магнитоэлектрический аппарат, в котором круглая катушка с намотанной проволокой располагается в радиальном магнитном поле со специальной поддержкой для обеспечения возможности вертикального смещения. Он указал тогда, что этот двигательный механизм может использоваться для получения звука, но не продемонстрировал это на практике.

В 1876 году американский ученый Александр Белл запатентовал телефон и продемонстрировал его звучание с использованием преобразователя очень похожего типа.

Уже в 1926 году появилась первая промышленная модель такого громкоговорителя под названием Radiola Model 104.

В электродинамическом громкоговорителе используется действие магнитного поля постоянного магнита на переменный ток в подвижной катушке (см. рис. 2).

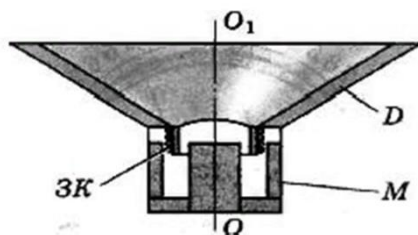


Рис. 2. Устройство громкоговорителя

Звуковая катушка ЗК располагается в зазоре кольцевого магнита М. С катушкой жестко связан бумажный конус — диафрагма D. Диафрагма укреплена на подвесах, что позволяет ей совершать вынужденные колебания вместе с подвижной катушкой. По катушке проходит переменный электрический ток с частотой, равной звуковой частоте сигнала с микрофона или с выхода радиоприемника. Под действием силы Ампера катушка колеблется вдоль оси громкоговорителя  $OO_1$  в такт с колебаниями тока. Эти колебания передаются диафрагме, и поверхность диафрагмы излучает звуковые волны. Взаимодействие токов и пьезоэлектрический эффект положены в основу принципа работы современных громкоговорителей. В настоящее время широкое применение получили громкоговорители, основанные на пьезоэлектрическом эффекте. Этот эффект проявляется в виде деформации кристаллов в электростатическом поле. Пьезоэлектрический элемент состоит из пьезоэлектрических пластин, которые могут менять

свои размеры под действием поля. В результате элемент сильно изгибается, создавая при переменном электрическом поле акустическую волну. Пьезогромкоговорители имеют малые размеры, поэтому нашли широкое применение в мобильных телефонах, ноутбуках и микрокомпьютерах.

У этих громкоговорителей было множество серьёзных недостатков: частотные искажения, потери звука.

Чтобы решить проблемы, связанные с классическими громкоговорителями, Оливер Лордж предложил использовать свои наработки. Его катушка двигалась поперёк силовых линий.

Чуть позднее двое его коллег адаптировали технологию для потребительского рынка и запатентовали новую конструкцию электродинамиков, которая задействована и по сей день.

Динамик имеет довольно сложную конструкцию (см. рис. 4).



Рис. 4. Устройство динамика

Ключевые детали, благодаря которым динамик функционирует правильно: подвес или краевой гофр, диффузор или мембрана, колпачок, звуковая катушка, керн, магнитная система, диффузородержатель, гибкие выводы.

Принцип работы динамика заключается в следующем: ток, идущий на катушку, заставляет её совершать перпендикулярные колебания в пределах магнитного поля. Эта система увлекает за собой диффузор, заставляя его колебаться с частотой подаваемого тока, и создаёт разряженные волны. Диффузор начинает колебаться и создаёт звуковые волны, которые могут быть восприняты человеческим ухом. Они в виде электрического сигнала передаются в усилитель. Отсюда и появляется звук.

Диапазон воспроизводимых частот напрямую зависит от толщины магнитопроводов и размера динамика. При большей величине магнитопровода увеличивается зазор в магнитной системе, а вместе с ним увеличивается и эффективная часть катушки.

## МИКРОФОН

В электродинамическом громкоговорителе колебания электрического тока преобразуются в звуковые колебания. Обратный процесс превращения звуковых колебаний воздуха в колебания электрического тока осуществляется с помощью микрофона.

Микрофоны широко применяются в радиовещании, телевидении, системах усиления звука и звукозаписи, для телефонной связи.

Действие одного из самых распространенных микрофонов — электродинамического — основано на явлении электромагнитной индукции. Этот микрофон устроен следующим образом. Диафрагма 2 из тонкой полистирольной пленки или алюминиевой фольги жестко связана со звуковой катушкой 1 из тонкой проволоки (см. рис. 5).

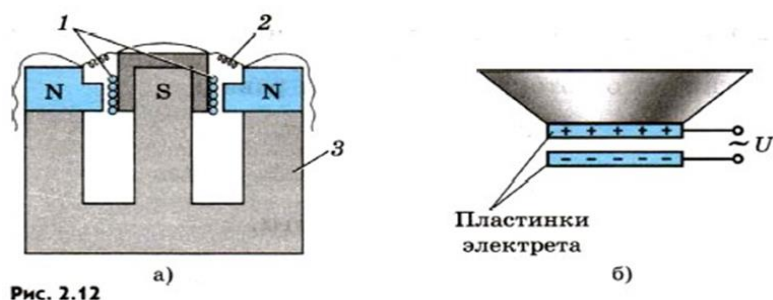


Рис. 2.12

Рис. 5. Устройство микрофона

Катушка помещается в кольцевом зазоре сильного постоянного магнита 3. Линии магнитной индукции перпендикулярны к виткам катушки.

Звуковая волна вызывает колебания диафрагмы и связанной с ней катушки. При движении витков катушки в магнитном поле в них возникает переменная ЭДС индукции. В результате на зажимах катушки появляется переменное напряжение, вызывающее колебания электрического тока в цепи микрофона. Эти колебания после усиления могут быть поданы на громкоговоритель, записаны на магнитной ленте и т. д.

В телефонных аппаратах применяют менее совершенные, но зато более дешевые угольные микрофоны. Диафрагма в таких микрофонах действует на угольный порошок и создает в нем периодические сжатия и разрежения. От этого меняются сопротивление порошка и сила тока в электрической цепи микрофона. Существуют и другие типы микрофонов.

В громкоговорителе сила Ампера вызывает колебания катушки и связанной с ней диафрагмы.

В микрофоне колебания диафрагмы передаются подвижной катушке, и в ней возникает индукционный ток.

## «ЗАКРЫТЫЙ ЯЩИК»

Удивительно, но заложенный Оливером Лоджем и доработанный Райсом и Келлогом принцип работы электродинамических излучателей остался неизменным вплоть до сегодняшнего дня. Колонки, которые вы видите на своем столе, и те, что стоят в комнате — все они работают по тому же принципу, что и установленные динамики вышедшей почти 90 лет назад радиоле. Принцип остался прежним, но вот их **акустическое оформление** изменилось кардинально.

Если бы в эволюции акустических систем не появился гениальный изобретатель по имени **Эдгар Вильчур**, ответить однозначно что именно нам бы довелось слушать сегодня и как бы выглядели современные колонки было бы нелегко. Но Вильчур сумел произвести настоящую революцию в мире электрической акустики.

Вплоть до середины 50-х годов XX века инженеров волновал вопрос улучшения качества звучания электродинамических громкоговорителей. С этой целью проводились исследования по поиску «священного грааля»: эксперименты с материалами мембраны, напряжением, катушками. Увы, звук по-прежнему оставался резким, а о наличии «глубокого баса» не могло

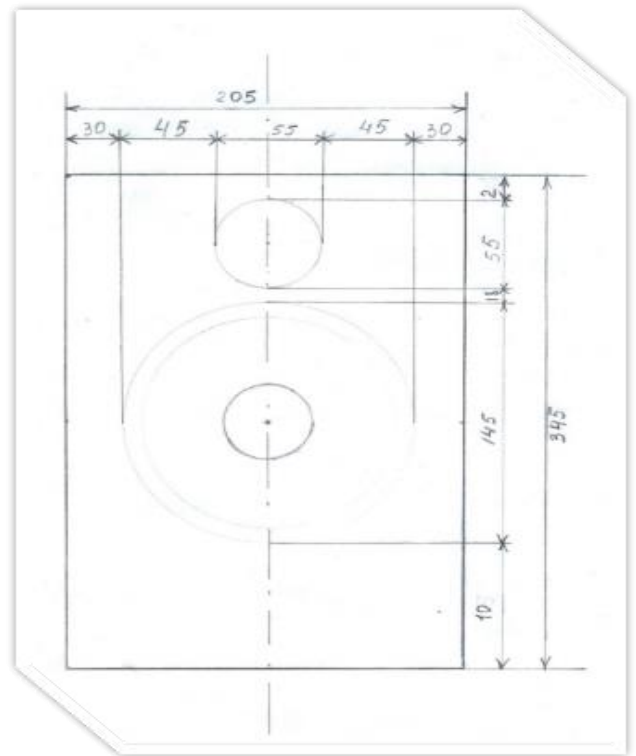
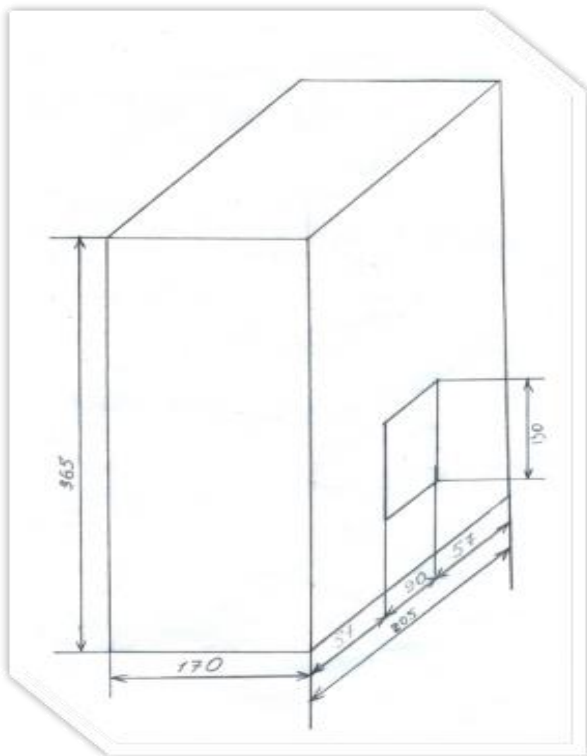
быть и речи. Тыльная сторона корпуса громкоговорителя оставалась **открытой**, что приводило к «короткому замыканию» по низким частотам.

В **1954** году американский изобретатель Эдгар Вильчур подает патентное заявление на регистрацию устройства, именуемого как «**закрытый ящик**». Спустя 2,5 года Бюро Патентов удовлетворяет заявку и автор получает лицензию на свое изобретение, которое очень скоро перевернет весь акустический мир.

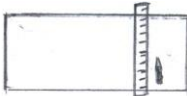
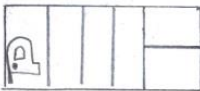
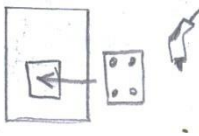
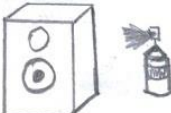
С целью облегчения конструкции упругого подвеса в электродинамических громкоговорителях и уменьшения действующих на него нагрузок (вызывающих значительные искажения звука), Вильчур предлагает включить в работу воздух. Для осуществления своей задумки Вильчур предлагает использовать закрытый деревянный ящик, в который и поместить электродинамический громкоговоритель.

Использование закрытого корпуса позволило не только значительно обогатить звучание громкоговорителя, насытить его низкими частотами, но и уменьшить размеры акустических систем.

**ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.  
ПРИМЕРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ РИСУНОК**



## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

| № | Последовательность выполнения работы                                                                           | Графическое изображение                                                              | Инструменты и приспособления                                   |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 1 | Выбрать заготовку, с учётом припусков. (ДСП)                                                                   |    | Линейка, карандаш, верстак                                     |
| 2 | Вымерить нужные размеры и отпилить                                                                             |    | Линейка, карандаш, эл. Лобзик, верстак                         |
| 3 | Отпилить, 2 боковые панели, 1 заднюю панель, 1 переднюю панель, 2 панели (верх и низ)                          |    | Лобзик, верстак, линейка, карандаш                             |
| 4 | На передней панели разметить и выпилить 2 отверстия, 1(большое) под динамик, и проклеить её резиной.           |   | Линейка, циркуль, карандаш, верстак, эл. Лобзик, клей, резина. |
| 5 | Закрепить динамик на саморезы; склеить корпус без задней панели, закрепить на саморезы, проклеить швы резиной. |  | Клей ПВА-М, саморезы, шуруповёрт, резина                       |
| 6 | На задней панели разметить и выпилить отверстие под мал.панель, закрепить маленькую заднюю панель на саморезы. |  | Карандаш, линейка, эл. лобзик, саморезы, шуруповёрт.           |
| 7 | Покрасить колонку.                                                                                             |  | Краска                                                         |

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С явлениями акустики сталкивается каждый. Вслушаемся в окружающий нас мир. Мы начинаем вдруг слышать звуки, на которые только что не обращали никакого внимания. Трудно также назвать область техники, которая не сталкивалась бы с акустическими вопросами: изготовители музыкальных инструментов ищут способы улучшения акустических свойств своей продукции, строители заняты поисками уменьшения бытовых и производственных шумов, акустические методы исследования позволяют без разрушения детали установить ее качество, сложный стенд в считанные минуты даст полную справку о работе деталей в двигателе автомобиля и танка – и эти важные сведения будут получены только на основе анализа звуковых колебаний.

Современная акустика – область жизнедеятельности человека, связанная с наукой, техникой и культурой, при этом важное значение имеет звук как основа средств общения людей.

В ходе работы были выполнены все поставленные задачи:

- сделан обзор учебной и научно-методической литературы по данной тематике;
- изучены основные этапы развития и становления акустики как раздела физики;
- дана характеристика основным акустическим величинам;
- рассмотрено устройство некоторых акустических устройств и приборов, описаны физические принципы, на которых основано их действие.
- сделана акустическая колонка

Пусть моя колонка и не совершенна, у нее не такая большая мощность, по сравнению с современными аналогами, но зато я узнал много нового. Я научился пользоваться ручным инструментом, шуруповертом, лобзиком.

В дальнейшем я собираюсь поработать над внешним оформлением. Для улучшения звучания, я планирую обклеить ящик внутри вспененным полиэтиленом, для уменьшения вибраций.

Нужно дальше продолжать изучать акустику и разрабатывать, и усовершенствовать акустические приборы это позволит внедрять в различные сферы жизнедеятельности человека новые технологии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агалаков Иван Общие понятия о звуке и его характеристика статья. – 1 с. – [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://doctor-jack.ru/stati/kopiya-pochemu-naushniki-stali-tak-populyarnyi-v-nashe-vremya/>
2. Акустика. Физика звука – [Электронный ресурс]: - Режим доступа: [https://spravochnick.ru/fizika/mechanika/mechanicheskie\\_kolebaniya\\_i\\_volny\\_zvuk/akustika\\_fizika\\_zvuka/](https://spravochnick.ru/fizika/mechanika/mechanicheskie_kolebaniya_i_volny_zvuk/akustika_fizika_zvuka/)
3. Громкоговорители: краткая история возникновения. – [Электронный ресурс]: - Режим доступа: [http://moy-market.com/publ/tekhnologii/gromkogovoriteli\\_kratkaja\\_istorija\\_vozniknovenija/62-1-0-2722](http://moy-market.com/publ/tekhnologii/gromkogovoriteli_kratkaja_istorija_vozniknovenija/62-1-0-2722)
4. Дубровский Н. А., Голямина И. П. Большая российская энциклопедия.– 2004.– [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://bigenc.ru/physics/text/1808252>
5. Исакович М.А. Общая акустика. – М.: Наука, – 1973. – 496 с.
6. И. Д. Игнатова Физика в школе – [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://fizika.i-ignatova.ru/index.html>
7. Лепендин Л.Ф. Акустика. Учеб.пособие для втузов. – М.: Высш. школа. –1978. – 448 с.
8. Морз Ф. Колебания и звук. – М.-Л.: ГИТТЛ. – 1949. – 497 с.
9. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Чаругин В.М. Физика 11 класс. Просвещение – 2010.– 400 с. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://newgdz.com/fizika-gdz-uchebniki-7-11-klass-onlajn/fizika-11-klass-onlajn/12421-uchebnik-fizika-11-klass-myakishev>
10. М.А. Сапожков редактор. Акустика. Справочник. 2-е изд. перераб. дополн. – 1989. – 336 с.
11. Ржевкин С.Н. Курс лекций по теории звука. – М.: МГУ. – 1960. – 337 с.
12. Рэлей (СтреттДж.В.) Теория звука. Том 1 (2-е изд.).– М.: ГИТТЛ.– 1955. – 504 с.
13. Рэлей (СтреттДж.В.) Теория звука. Том 2 (2-е изд.). – М.: ГИТТЛ. – 1955. – 476 с.
- В.Н. Федорова, Е.В. Фаустов Медицинская и биологическая физика. Курс лекций с задачами: учеб. Пособие. – 2008. – 592 с. – [Электронный ресурс]: - Режим доступа: [http://vmede.org/sait/?id=Medbiofizika\\_fedorov\\_2008&menu=Medbiofizika\\_fedorov\\_2008&page=5](http://vmede.org/sait/?id=Medbiofizika_fedorov_2008&menu=Medbiofizika_fedorov_2008&page=5)

## РЕЦЕНЗИЯ

на учебное исследование по физике  
ученика 11 «А» класса МБОУ СОШ № 25 г.Пензы им.В.П.Квышко  
Эрленкова Василия Сергеевича  
Тема: «Акустические приборы и устройства»

Работа посвящена актуальной теме – акустические приборы и устройства. Актуальность проблемы заключается в том, что, в рамках школьного курса физики, тема акустики представлена очень узко. В связи с этим, у многих учащихся нет сформированного представления о звуке, его характеристиках. Практически не рассматриваются акустические приборы и устройства, а в особенности устройство и физические принципы их действия. А ведь с явлениями акустики мы сталкиваемся каждый день. Трудно также назвать область техники, которая не сталкивалась бы с акустическими вопросами.

Автор работы подробно описывает характеристики звука, уделяет особое внимание акустическим приборам и устройствам, а также принципу их действия. В ходе работы автор сделал собственную акустическую колонку.

Работа наполнена авторским взглядом на проблему, при написании проекта использовались различные источники, находящиеся в открытом доступе, изготовление колонки происходило в специально оборудованной мастерской Педагогического института им. В.Г. Белинского ПГУ под руководством учителя физики.

Директор



А.Ю. Шкуров