

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. А. И. ГЕРЦЕНА»**

Институт компьютерных наук и технологического образования  
Кафедра компьютерных технологий и электронного обучения

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДЛИН ЗВУКОВЫХ ВОЛН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ  
СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

Направление подготовки: «Информатика и вычислительная техника»

Руководитель:

КПН, доцент

Гончарова С.В

Автор работы:

студент группы ИВТ1/2017

В.С. Ефимова

Санкт-Петербург

2017

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	1
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	2
Понятие звуковых волн, основные виды	2
Основные понятия, формулы	4
Скорость звука	5
ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	7
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	10
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКИ	11

## ВВЕДЕНИЕ

Данная работа посвящена исследованию звука, как физического явления, звуковых волн в разных средах и построению их графиков средствами Microsoft Excel.

**Актуальность темы** заключается в том, что исследования, проведенные в области физики, можно предоставить в наглядном виде с помощью средств информационных технологий практичным способом.

**Объектом исследования** является звук как физическое явление.

**Предмет исследования** – колебательные процессы, звуковые волны в различных средах, их виды и свойства.

**Цель исследования** состоит из изучения звуковых волн и их построении средствами информационных технологий.

Для достижения указанной цели в курсовой работе решаются следующие **исследовательские задачи**:

1. Определить особенности звуковых волн в зависимости от среды
2. Выявить основные факторы влияния на длину звуковой волны
3. Ознакомиться с терминами и понятиями, касающимися звука и колебательных процессов в целом

**Методы исследования.** В курсовой работе применяются такие общенаучные методы исследования, как наблюдение, измерение, описание, сравнение, анализ, синтез, индукция, дедукция, аналогия и некоторые другие.

**Структура исследования.** Курсовая работа включает в себя введение, 2 раздела, в которых решаются поставленные исследовательские задачи, заключение, список источников и литературы.

## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Понятие звуковых волн, основные виды

Колебательные процессы широко распространены в природе и технике. Качание маятника часов, волны на воде, переменный электрический ток, свет являются примерами колебаний различных физических величин. Звук так же является колебательным процессом, развивающимся (распространяющимся) в пространстве и во времени, в связи с этим изменяющаяся в волновом процессе физическая величина является функцией пространственных координат и времени.

Звуковыми волнами или просто звуком принято называть волны, воспринимаемые человеческим ухом. Диапазон звуковых частот лежит в пределах приблизительно от 20 Гц до 20 кГц. Наука о звуке, изучающая физическую природу звука и проблемы, связанные с его возникновением, называется **акустикой**.

Звук может распространяться только в упругой среде, т.е. в среде, которая способна восстанавливать свою первоначальную форму, искаженную в результате кратковременного действия на нее возмущающей силы. Упругостью сжатия и растяжения обладают твердые тела, жидкие и газообразные среды. В вакууме звуковые волны распространяться не могут, так как там нечему колебаться.

Источником возникновения волнового движения (источником звука) может служить любое тело, способное совершать упругие колебания. Звуковые волны возникают благодаря упругим связям между частицами (молекулами или атомами) тела или среды, в которой находится источник звука, совершающими упругие механические колебания. Упругие периодические механические колебания источника звука вызывают колебания близлежащих к источнику частиц упругой среды, что приводит к периодическому сжатию (сгущению) и разрежению среды в этом месте. В областях сжатия давление среды возрастает, а в областях разрежения давление понижается, т.е. возникает перепад давления в близлежащей к источнику области среды и как следствие — избыточное давление в этом месте. Избыточное давление воздействует (“толкает”) на соседние слои (элементы объема) упругой среды, которые, в свою очередь, сжимаются, и возникает избыточное давление, которое воздействует на соседний слой среды, и т.д. Приблизительно так происходит передача первоначального возмущающего импульса от источника звука в окружающей его упругой среде.

Существуют как естественные, так и искусственные источники звука. Один из искусственных источников звука — камертон. Он был изобретен в

1711 г. английским музыкантом Дж. Шором для настройки музыкальных инструментов.

Камертон представляет собой изогнутый (в виде двух ветвей) металлический стержень с держателем посередине. Ударив резиновым молоточком по одной из ветвей камертона, мы услышим определенный звук. Этот звук возникает после удара по камертону: его ветви начинают вибрировать, создавая вокруг себя по переменные сжатия и разрежения воздуха. Распространяясь по воздуху, эти возмущения образуют звуковую волну.

Стандартная частота колебаний камертона 440 Гц. Это означает, что за 1 с его ветви успевают совершить 440 колебаний. На глаз они незаметны. Если, однако, прикоснуться к звучащему камертону рукой, то можно почувствовать его вибрацию. Для определения характера колебаний камертона к одной из его ветвей следует прикрепить иглу. Заставив камертон звучать, проведем соединенной с ним иглой по поверхности закопченной стеклянной пластинки. На пластинке появится след в форме синусоиды.

При совпадении направления колебаний частиц среды с направлением распространения волны возникают так называемые упругие **продольные** волны. В продольной волне частицы колеблются вперед назад около положения устойчивого равновесия в направлении распространения волны. Продольная волна представляет собой чередование сгущений (уплотнений) и разрежений в упругой среде в направлении перемещения волны.

Упругие **поперечные** волны имеют место тогда, когда колебания частиц среды происходят в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны. Поперечные упругие волны возникают в твердых телах при сдвиге, кручении, изгибе. В этом случае возникающая деформация сдвига вызывает упругие силы, которые возбуждают упругие поперечные волны.

### Основные понятия, формулы

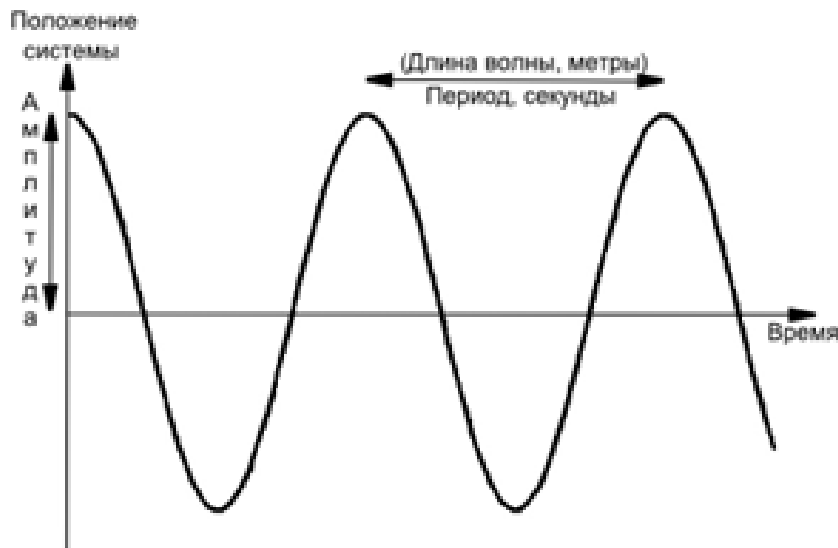
**Периодом** колебания называется время, в течение которого совершается одно полное колебание. Можно привести в пример качающийся маятник, когда он из крайнего левого положения перемещается в крайнее правое и возвращается обратно в исходное положение.

**Длиной волны** называется расстояние, на которое распространяется волна за время, равное периоду колебаний в ней.

**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. В соответствии с принятой международной системой единиц, 1000 Гц называется килогерцем (кГц), а 1.000.000 - мегагерцем (МГц).

Распределение по частотам: слышимые звуки - в пределах 15Гц-20кГц, инфразвуки - ниже 15Гц; ультразвуки - в пределах  $1,5 \cdot 10^4 \cdot 10^9$ Гц; гиперзвуки - в пределах  $10^9 \cdot 10^{13}$ Гц.

**Амплитудой** звуковой волны называется половина разницы между самым высоким и самым низким значением плотности. На графике амплитуде будет соответствовать разница между самой высокой (или низкой) точкой волны и горизонтальной осью графика.



Уравнение гармонического колебания имеет вид:

$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$	(1)
-------------------------------------	-----

или

$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi),$	(2)
--------------------------------------	-----

где:

$x$  — отклонение колеблющейся величины в текущий момент времени  $t$  от среднего за период значения,

$A$  — амплитуда колебания,

$\omega$  (радиан/с, градус/с) — циклическая частота, показывающая, на сколько радиан (градусов) изменяется фаза колебания за 1 с;

$(\omega t + \varphi)$  (радиан, градус) — полная фаза колебания,

$\varphi$  (радиан, градус) — начальная фаза колебаний, которая определяет значение полной фазы колебания (и самой величины  $x$ ) в момент времени  $t = 0$ .

Период гармонических колебаний  $T$  вычисляется по формуле:

$T = \frac{2\pi}{\omega}$	(3)
---------------------------	-----

Физическая величина, обратная периоду колебаний, называется **частотой колебаний**:

$f = \frac{1}{T}$	(4)
-------------------	-----

Частота колебаний  $f$  показывает, сколько колебаний совершается за 1 с. Единица частоты – **герц** (Гц). Частота колебаний  $f$  связана с циклической частотой  $\omega$  и периодом колебаний  $T$  соотношениями:

$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$	(5)
------------------------------------	-----

Получить соотношение, связывающее длину волны с фазовой скоростью  $v$  и частотой  $f$  можно из определения. Длина волны соответствует пространственному периоду волны, то есть расстоянию, которое точка с постоянной фазой «проходит» за интервал времени, равный периоду  $T$  колебаний, поэтому:

$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{2\pi v}{\omega} = vT$	(6)
--	-----

### Скорость звука

Скорость звука определяется упругостью и плотностью среды. Чем плотнее среда, тем выше скорость звука. Таким образом, в твердых телах скорость звука больше, чем в жидкостях, в жидкостях – больше, чем в газах. Также в некоторых случаях скорость звука зависит от температуры среды и от направления распространения волны.

Газ	Температура оС	Скорость звука м/с
Азот	0/300	334/487
Водород	0	1284
Гелий	0	965

IV	Оксид углерода	0	300
----	----------------	---	-----

Скорость звука в воздухе:

Температура t, °C	Скорость звука v, м/с
-20	318,8
-10	325,1
0	331,5
10	337,3
20	343,1
30	348,9
50	360,3

Жидкость	Температура t, °C	Скорость звука v, м/с
Азот жидкий	-199	962
Бензин	17	1170
Вода морская	20	1490
Вода пресная	0/20	1403/1483
Водород жидкий	-256	1187

Скорость звука для большинства жидкостей (кроме воды) уменьшается с повышением температуры.

Металлы и сплавы	Температура t, °C	Скорость звука v, м/с
Алюминий	20	6260
Золото	20	3200
Сталь	20	5000-6100
Свинец	20	2160



<b>Твердое вещество</b>	<b>Температура t, °C</b>	<b>Скорость звука v, м/с</b>
Алмаз	20	18350
Дуб	20	4115
Пробка	20	430-530

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

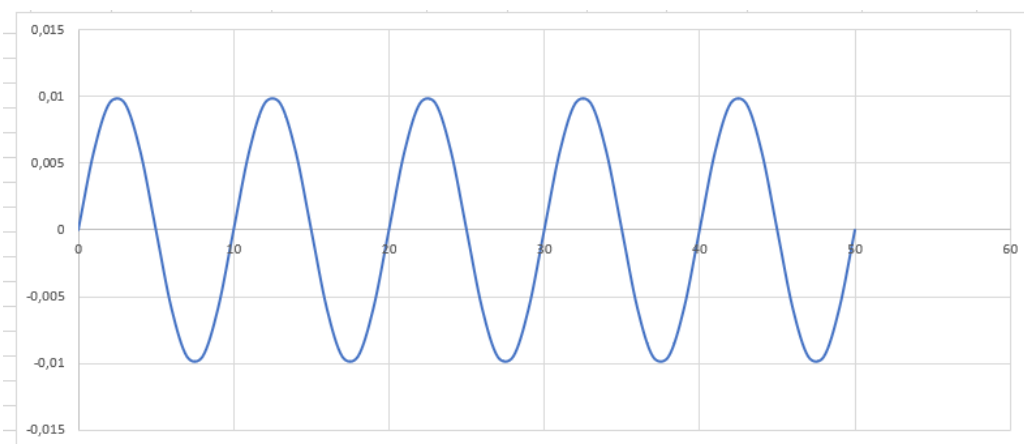
Рассмотрим длины звуковых волн в некоторых средах, представленных выше, используя, формулу вычисления длины звуковой волны (6):

Для наглядного сравнения построим графики этих звуковых волн. Ось ОХ отражает время (t) в секундах, ось ОУ – расстояние в метрах.

Источником звука является камертон с частотой колебаний  $f=440\text{Гц}$  и амплитудой  $A=0,01\text{м}$ , начальная фаза колебаний  $\varphi = 0$

Для построения графика используем формулу (1).

1. Звуковая волна в воздухе при температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

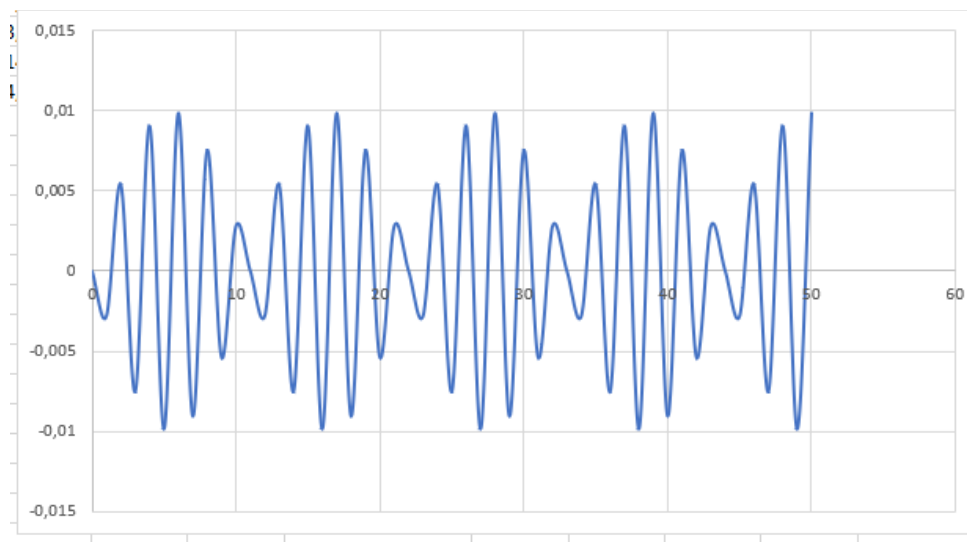


Скорость звука  $v = 343,1\text{ м/с}$

Используя формулу (6) вычислим длину волны:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343,1}{440} \approx 0,779773\text{ м}$$

2. Звуковая волна в оксиде углерода IV при температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

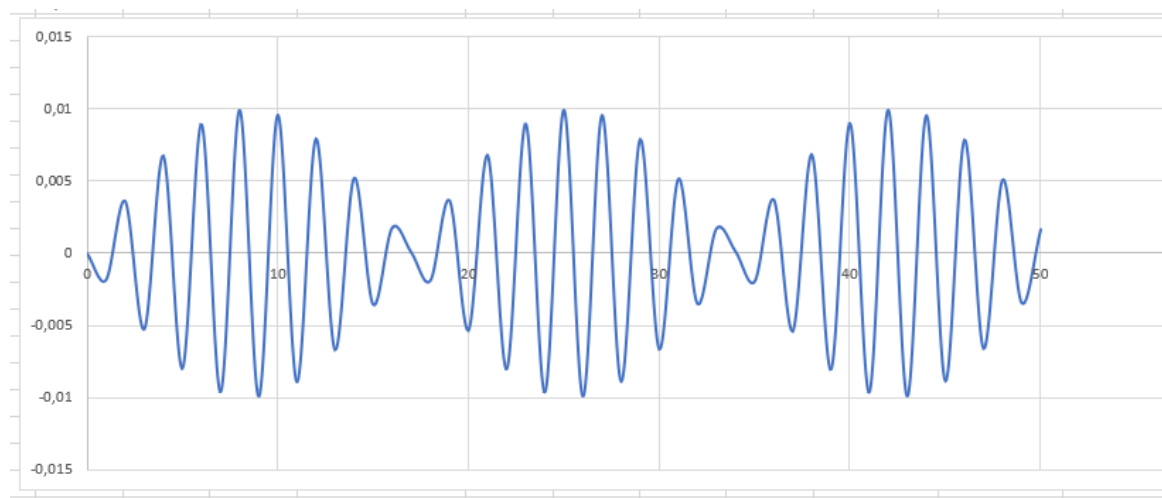


Скорость звука  $v=300$  м/с

Используя формулу (6) вычислим длину волны:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{300}{440} \approx 0,681818 \text{ м}$$

3. Звуковая волна в пресной воде при температуре 0 °C:

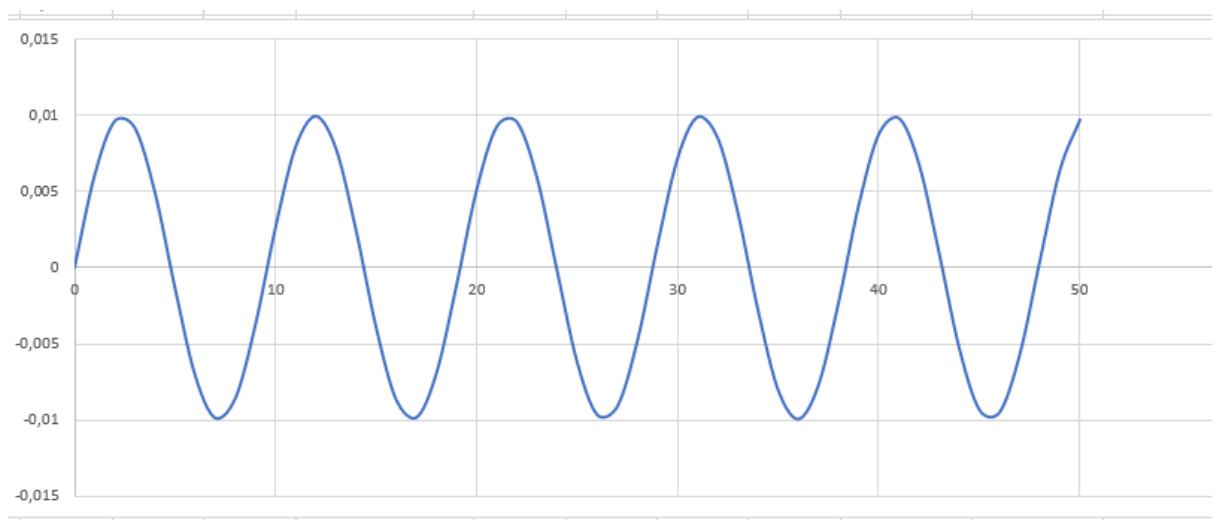


Скорость звука  $v = 1403$  м/с

Используя формулу (6) вычислим длину волны:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1403}{440} \approx 3,18636 \text{ м}$$

4. Звуковая волна в жидком азоте при температуре -199 °C:

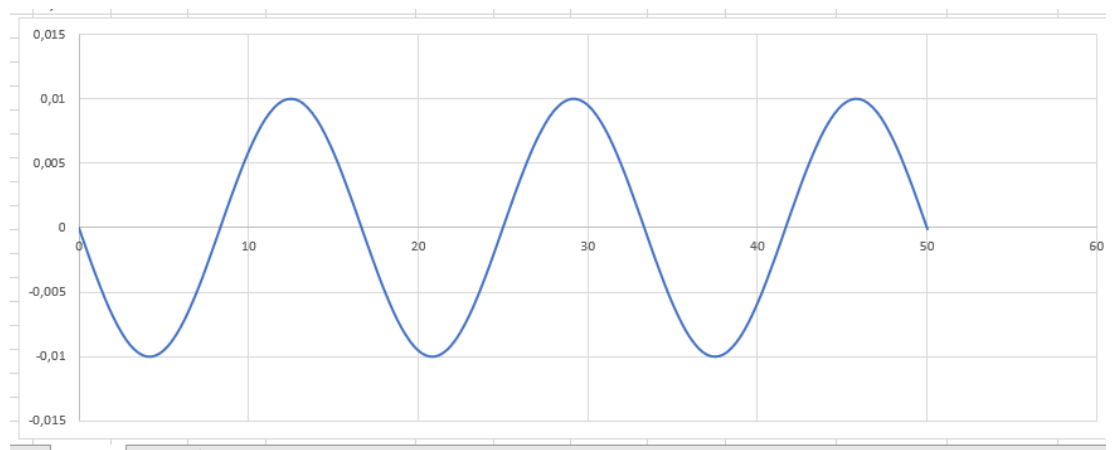


Скорость звука  $v=962$  м/с

Используя формулу (6) вычислим длину волны:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{962}{440} \approx 2,186364 \text{ м}$$

5. Звуковая волна в дубе при температуре 20 °С:



Скорость звука  $v = 4115$  м/с

Используя формулу (6) вычислим длину волны:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{4115}{440} \approx 9,352273 \text{ м}$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, выполнение поставленных исследовательских задач позволило получить следующие **основные результаты исследования**:

1. Изучено физическое понятие «звук» и «звуковая волна»
2. Выявлено, что звуковая волна является гармоническим колебательным процессом.
3. Выявлено, что звуковые волны бывают двух видов: продольное и поперечные. Подробно рассмотрены продольные.
4. Изучены основные понятия, касающиеся колебательных процессов, такие как амплитуда, период, частота и др.
5. Выведены и представлены формулы описывающие данные явления.
6. Построена математическая модель.
7. Построены и изучены графики звуковых волн средствами Microsoft Excel
8. Проведено сравнение звуковых волн и их длин в зависимости от среды

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКИ

1. Волны де Бройля / В. И. Григорьев // Вешин — Газли. — М. : Советская энциклопедия, 1971. — (Большая советская энциклопедия : [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров ; 1969—1978, т. 5).
2. Горелик Г.С. Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику (2-е издание). М.: Физматлит, 1959
3. Длина волны // Дебитор — Евкалипт. — М. : Советская энциклопедия, 1972. — (Большая советская энциклопедия : [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров ; 1969—1978, т. 8).
4. Зисман Г.А., Тодес О.М. Курс общей физики. Том 1. Механика, молекулярная физика, колебания и волны (6-е издание). М.: Наука, 1974
5. Имфотриумф. Компьютерные технологии в образовании. — [Электронный ресурс] <http://infotriumf.by/predobuch/naglyadnaya-fizika-mekhanicheskie-kolebaniya-i-volny?limitstart=7#w11> Дата обращения: 19.12.2017
6. Кашин Н.В. Курс физики. Том 2. Электричество и магнетизм. Колебания и волны (4-е издание). М.: Высш. школа, 1968
7. «Справочник по физике» KILMOL.ru — [Электронный ресурс] <http://kilomol.ru/sound.html> Дата обращения: 19.12.2017
8. Морз Ф. Колебания и звук. М.-Л.: ГИТТЛ, 1949
9. Период колебаний — статья из Большой советской энциклопедии
10. Энциклопедия по машиностроению XXL — [Электронный ресурс] <http://mash-xxl.info/info/734454/> Дата обращения: 19.12.2017
11. Электронный справочник Physics.ru — [Электронный ресурс] [http://physics.ru/courses/op25part1/content/chapter2/section/paragraph1/theory.html#.Wjil3N9l\\_IU](http://physics.ru/courses/op25part1/content/chapter2/section/paragraph1/theory.html#.Wjil3N9l_IU) Дата обращения: 19.12.2017