Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города Москвы

«Гимназия № 1505»

«Московская городская педагогическая гимназия-лаборатория»

Дипломная работа

Исследование температурной зависимости скорости распространения звуковых волн разной частоты методом стоячих волн

*Ученика 10 А класса*

*Андреев Д.И.*

*Руководитель: Дмитриев Г. В.*

Москва 2015

**Оглавление**

|  |  |
| --- | --- |
| .Введение | ……………….………………………………………………………….2 |
| Теоретическая часть | ………………………………………………………………………….3 |
| Практическая часть | …………………………………………………………………………..11 |
| Итоги работы | …………………………………………………………………………...4 |
| Список используемой литературы | …………………………………………………………………………..5 |

**Введение:**

Мир, окружающий нас, можно назвать миром звуков. Звучат вокруг нас голоса людей и музыка, шум ветра и щебет птиц, рокот моторов и шелест листвы. С помощью речи люди общаются, с помощью слуха получают информацию об окружающем мире. Не меньшее значение звук имеет для животных. С точки зрения физики, Звук-это физическое явление, представляющее собой распространение в механических колебаний в твёрдой, жидкой или газообразной среде. Как и любая волна, звук характеризуется [**амплитудой**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D1%82%D1%83%D0%B4%D0%B0) и [**спектром**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80)[**частот**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B0). Обычный человек может услышать звуковые колебания от 20Гц да 20 кГц. Однако звук может быть опасен , для самолетов путь преодоления сверх звукового барьера очень трудный .Когда крыло движется в потоке на скоростях, близких к скорости звука, может наступить момент, когда, к примеру, выпуклой области скорость слоя воздуха, которая уже

итак больше общей скорости потока, становится звуковой и даже сверхзвуковой.

Чем все это чревато? А вот чем.

 **Первое** – это значительный рост аэродинамического сопротивления . Это сопротивление растет за счет резкого увеличения одной из его составляющих –волнового сопротивления.

***Второе*-** Из-за появления местных сверхзвуковых зон на профиле крыла и дальнейшем их сдвиге к хвостовой части профиля с увеличением скорости потока точка приложения аэродинамических сил (центр давления) тоже смещается к задней кромке. В результате появляется пикирующий момент относительно центра масс самолета, заставляющий его опустить нос.

 Однако в наше время волновой кризис уже достаточно хорошо изучен и преодоление звукового барьера  особого труда не составляет.

 Подытожив это я могу сказать что целью моего диплома это:

1.Литературное ознакомление

2.Создание установки

3.Проведение примерных исследований

4.Исследование

5.Вывод

**Часть 1**

**Звук** — это распространяющиеся в упругих средах (газах, жидкостях и твердых телах) механические колебания. Учение о звуке и есть акустика.

**Скорость звука** — скорость распространения звуковых волн в среде.

Как правило, в [газах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7) скорость звука меньше, чем в [жидкостях](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B8%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C), а в [жидкостях](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B8%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) скорость звука меньше, чем в твёрдых телах, что связано в основном с убыванием сжимаемости веществ в этих фазовых состояниях соответственно.

В среднем в идеальных условиях в воздухе скорость звука составляет 340—344 м/с

Скорость звука в любой среде вычисляется по формуле:



где  — [адиабатическая](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B4%D0%B8%D0%B0%D0%B1%D0%B0%D1%82%D0%B0) [сжимаемость](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B6%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) среды;  — плотность.

Волна́ — изменение состояния среды (возмущение), распространяющееся в этой среде и переносящее с собой энергию. Другими словами: «…волнами или волной называют изменяющееся со временем пространственное чередование максимумов и минимумов любой физической величины, например, плотности вещества, напряжённости электрического поля, температуры».



Рисунок 1 - Отличие колебания от волны

**Звуковая волна** (звуковые колебания) – это передающиеся в пространстве механические колебания молекул вещества (например, воздуха). Давайте представим себе, каким образом происходит распространение звуковых волн в пространстве. В результате каких-то возмущений (например, в результате колебаний диффузора громкоговорителя или гитарной струны), вызывающих движение и колебания воздуха в определенной точке пространства, возникает перепад давления в этом месте, так как воздух в процессе движения сжимается, в результате чего возникает избыточное давление, толкающее окружающие слои воздуха. Эти слои сжимаются, что в свою очередь снова создает избыточное давление, влияющее на соседние слои воздуха. Этот процесс описывает механизм распространения в пространстве звуковой волны. Тело, создающее возмущение (колебания) воздуха, называют **источником звука**

Изучением звуковых явлений занимается раздел физики, который называют **акустикой**. При распространении звука в газе атомы и молекулы колеблются вдоль направления распространения волны. Это приводит к изменениям локальной плотности ρ и давления p. Звуковые волны в газе часто называют волнами плотности или волнами давления. В простых гармонических звуковых волнах, распространяющихся вдоль оси OX, изменение давления p(x, t) зависит от координаты x и времени t по закону

|  |  |
| --- | --- |
|

|  |
| --- |
| p(x, t) = p0 cos (ωt ± kx). |

 |

Два знака в аргументе косинуса соответствуют двум направлениям распространения волны. Соотношения между круговой частотой ω, волновым числом k, длиной волны λ, скоростью звука v такие же, как и для поперечных волн в струне или резиновом жгуте:

|  |  |
| --- | --- |
|

|  |
| --- |
| звуковые волны |

 |

Важной характеристикой звуковых волн является **скорость их распространения.** Она определяется инертными и упругими свойствами среды. Скорость распространения продольных волн в любой безграничной однородной среде определяется по формуле

|  |
| --- |
|  Звук |

где B – модуль всестороннего сжатия, ρ – средняя плотность среды. На самом деле между областями разрежения и сжатия газа возникает разность температур, которая существенно влияет на упругие свойства. Лаплас предположил, что сжатие и разрежение газа в звуковой волне происходят по **адиабатическому закону**, то есть без влияния теплопроводности. Формула Лапласа имеет вид

|  |  |
| --- | --- |
|

|  |
| --- |
| звуковые волны |

 |

где p – среднее давление в газе, ρ – средняя плотность, γ – некоторая константа, зависящая от свойств газа. Для двухатомных газов γ = 1,4. Расчет скорости звука по формуле Лапласа дает значение v = 332 м/с (при нормальных условиях).  В термодинамике доказывается, что коэффициент γ равен отношению теплоемкостей при постоянном давлении Cp и при постоянном объеме CV. Формулу Лапласа можно представить в другом виде, если воспользоваться **уравнением состояния идеального газа**. Приведем здесь окончательное выражение:

|  |  |
| --- | --- |
|

|  |
| --- |
| звуковые волны |

 |

где T – **абсолютная температура,** M – **молярная масса**, R = 8,314 Дж/моль·К – **универсальная газовая постоянная**. Скорость звука сильно зависит от свойств газа. Чем легче газ, тем больше скорость звука в этом газе. Так, например, в воздухе (M = 29·10–3 кг/моль) при нормальных условиях v = 331,5 м/с, в гелии (M = 4·10-3 кг/моль) v = 970 м/с, в водороде (M = 2·10‑3 кг/моль) v = 1270 м/с.  В жидкостях и твердых телах скорость звуковых волн еще больше. В воде, например, v = 1480 м/с (при 20 °С), в стали v = 5–6 км/с. При восприятии различных звуков человеческое ухо оценивает их прежде всего по уровню **громкости**, зависящей от потока энергии или **интенсивности** звуковой волны. Воздействие звуковой волны на барабанную перепонку зависит от **звукового давления,** то есть амплитуды p0 колебаний давления в волне. Человеческое ухо является совершенным созданием Природы, способным воспринимать звуки в огромном диапазоне интенсивностей: от слабого писка комара до грохота вулкана.

**Стоячая волна** – это явление интерференции в результате наложения двух встречных, параллельно идущих друг на друга сигналов. Она возникает при отражении сигнала от преграды. Примерами стоячих волн могут быть колебания струн или воздуха в музыкальных инструментах.

Стоячие волны могут образовываться при различных условиях. Этот феномен легче всего продемонстрировать в условиях ограниченного пространства. Такого эффекта можно добиться с помощью комбинирования двух колебаний с одинаковой длиной волны, распространяющихся в противоположных направлениях. Интерференция двух сигналов дает результирующую волну, которая, на первый взгляд, не движется (то есть стоячая).

Важным условием является то, что энергия должна поступать в систему с определенной скоростью. Это означает, что частота возбуждения должна быть приблизительно равной собственной частоте колебаний. Такое понятие также известно как резонанс. Стоячие волны всегда связаны с резонансом. Возникновение резонанса можно определить по резкому увеличению амплитуды результирующих колебаний. На создание стоячих волн затрачивается гораздо меньше энергии, по сравнению с бегущими волнами, имеющими такие же амплитуды.

Не стоит забывать и о том, что в любой системе, где есть стоячие волны, есть и многочисленные собственные частоты. Многообразие всех возможных стоячих волн известно как гармоники системы. Простейшая из гармоник называется фундаментальной или первой. Последующие стоячие волны называются второй, третья и т.д. Гармоники, которые отличаются от фундаментальной, иногда называют подтекстовыми.

В случае гармонических колебаний в одномерной среде стоячая волна описывается формулой:

,

где *u* — возмущения в точке *х* в момент времени *t*,  — [амплитуда](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D1%82%D1%83%D0%B4%D0%B0) стоячей волны,  — частота , *k* — [волновой вектор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%B2%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80),  — [фаза](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B7%D0%B0_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B1%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9).

Стоячие волны являются решениями [волновых уравнений](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D1%83%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5). Их можно представить себе как [суперпозицию](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%BF_%D1%81%D1%83%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%B8) волн, распространяющихся в противоположных направлениях.

В одномерном случае две волны одинаковой частоты, длины волны и амплитуды, распространяющиеся в противоположных направлениях (например, навстречу друг другу), будут взаимодействовать, в результате чего может возникнуть стоячая волна. Например, гармоничная волна, распространяясь вправо, достигая конца струны, производит стоячую волну. Волна, что отражается от конца, должна иметь такую же амплитуду и частоту, как и падающая волна.

Рассмотрим падающую и отраженную волны в виде:





где:

* *y0* — амплитуда волны,
*  — циклическая (угловая) частота, измеряемая в радианах в секунду,
* *k* — волновой вектор, измеряется в радианах на метр, и рассчитывается как  поделённое на длину волны ,
* *x* и *t* — переменные для обозначения длины и времени.

Поэтому результирующее уравнение для стоячей волны *y* будет в виде суммы *y1* и *y2*:



Используя тригонометрические соотношения, это уравнение можно переписать в виде:



Если рассматривать моды  и антимоды , то расстояние между соседними модами / антимодами будет равно половине длины волны .



**Виды стоячих волн**

В зависимости от физических характеристик существуют несколько видов стоячих волн. Все их можно условно разделить на три большие группы: одномерные, двумерные и трехмерные.

Одномерные стоячие волны появляются тогда, когда имеется плоское замкнутое пространство. В этом случае волна может распространяться только в одном направлении: от источника к границе пространства. Существуют три подгруппы одномерных стоячих волн: с двумя узлами на концах, с одним узлом посередине и с узлом на одном из концов волны. Узел – это точка с наименьшей амплитудой и энергией сигнала.

Двумерные стоячие волны возникают в случае, когда колебания распространяются в двух направлениях от источника. После отражения от преграды возникает стоячая волна.

Трехмерные стоячие волны – это сигналы, распространяющиеся в пространстве с конечной скоростью. Узлы при таком виде колебаний будут представлять собой двумерные поверхности. Это значительно осложняет их исследование. Примером таких волн может служить орбита движения электрона в атоме.

**Практическое значение стоячих волн**

Стоячие волны имеют большое значение в музыке, так как звук является комбинацией нескольких колебаний. Правильный расчет длины и жесткости струн позволяет добиться наилучшего звучания того или иного инструмента, а также и в медицине, особенно распространен ультра звук например: УЗИ

(Ультра Звуковые Исследования)

Стоячие волны также очень важны в физике. В методе исследования частицс помощью рентгеновской спектроскопии обработка отраженного сигнала позволяет выяснить приблизительный количественный и качественный состав объекта.