



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**
Физический факультет



Построение спектра импульса звукового удара для анализа влияния формы этого профиля на свойства воздействия

автор: студент II курса 217 группы **Карпов Иван Андреевич**

преподаватель: **Алексеев Алексей Алексеевич**

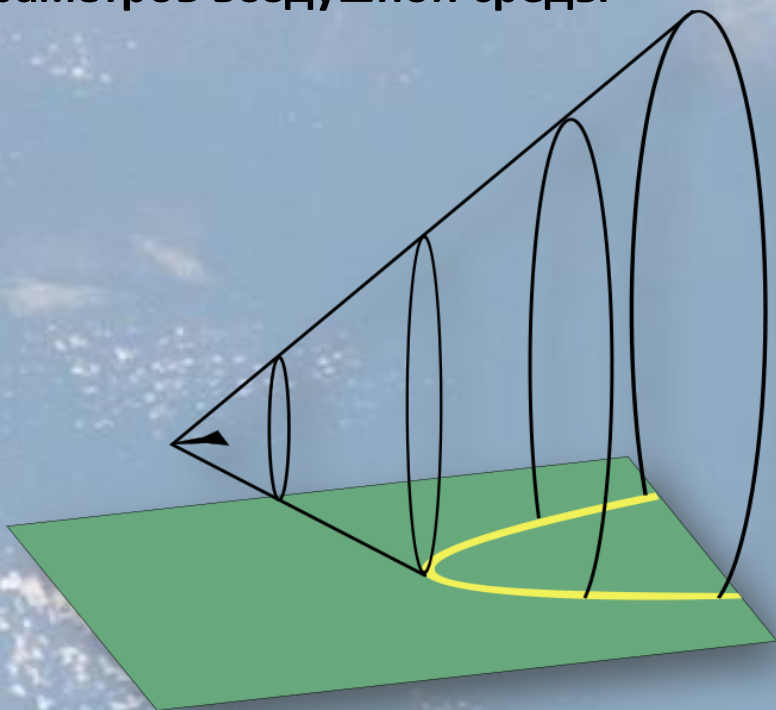
Москва, 20 мая 2016 г.

Постановка задачи

- Построить спектр любого профиля звукового удара (ЗУ), задаваемого пользователем.

Звуковой удар

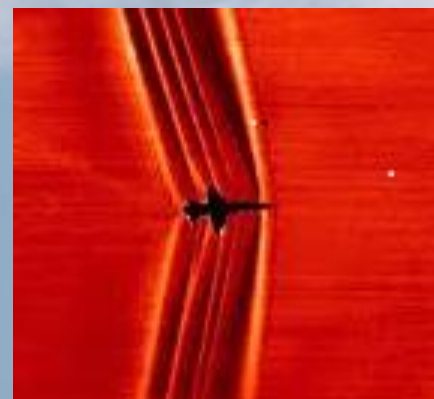
Звуковой удар(ЗУ) – уходящее от движущегося объекта и образующее коническую поверхность возмущение с резкими изменениями основных параметров воздушной среды



Вид распространяющегося звукового удара (ЗУ)



Фронты ударных волн при обтекании сверхзвуковым потоком модели самолета



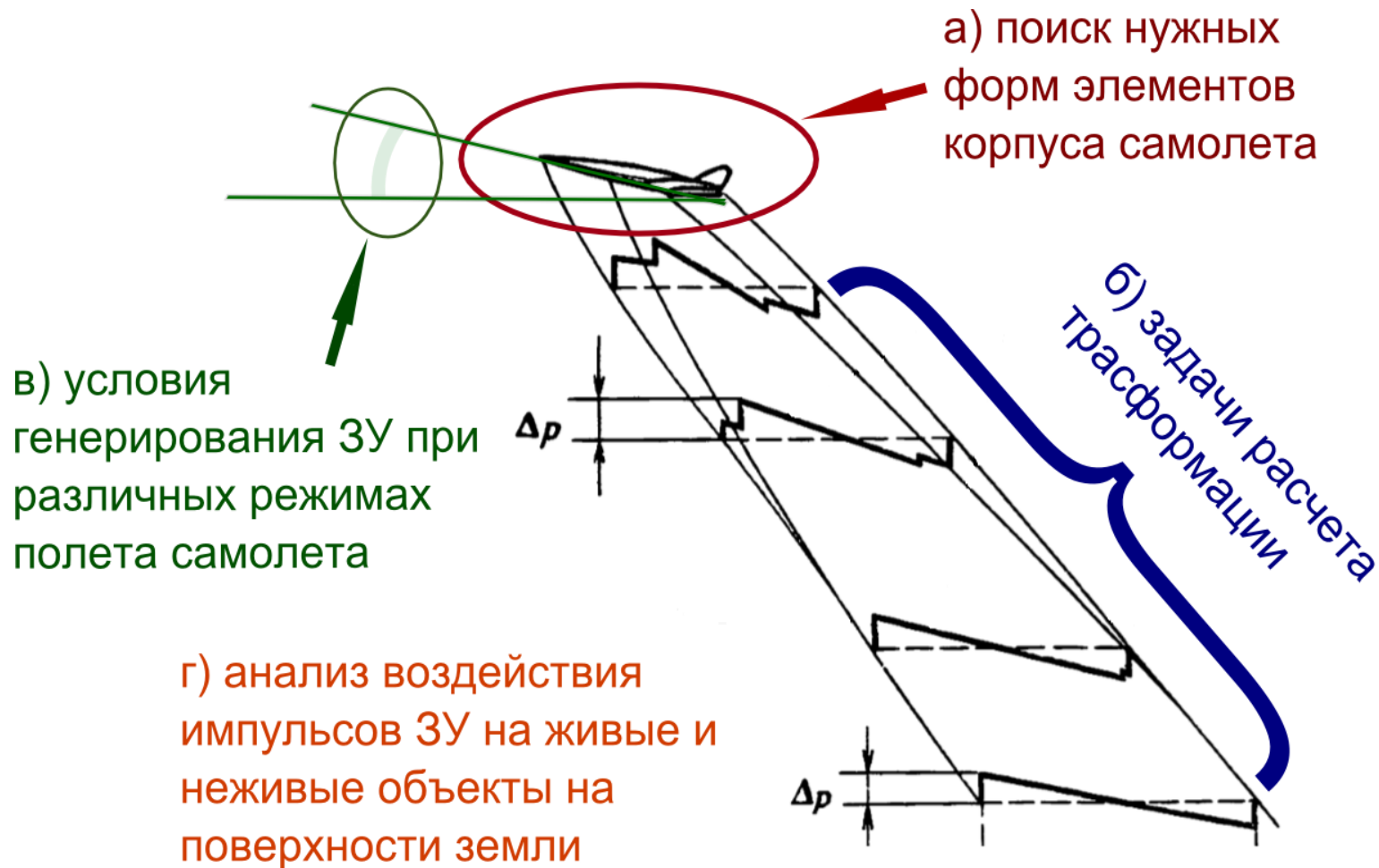
Система ударных фронтов от реально движущегося самолета на фоне диска Солнца

Введение

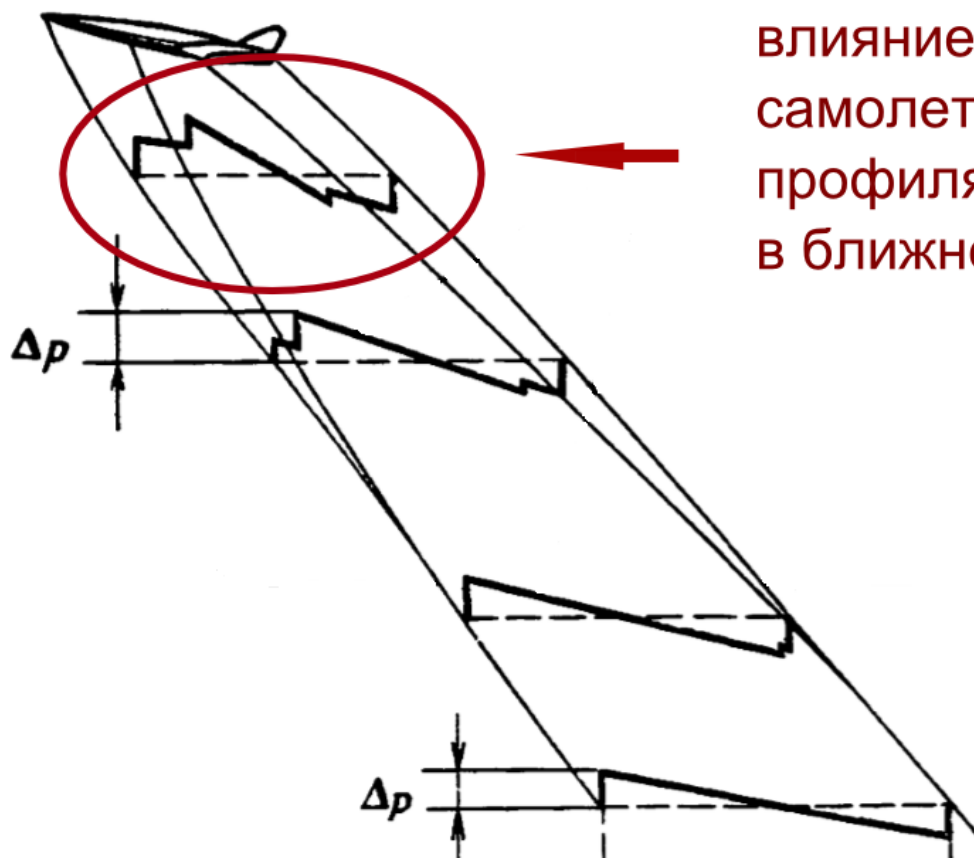
- Усиление звукового удара порой зависит не только от таких простейших параметров, как избыточное давление, но и от нелинейных зависимостей конечного результата от изменения некоторых параметров (например, уже упомянутого избыточного давления). Другими словами необходимо принимать во внимание сам профиль импульса ЗУ и его спектр для полноценного анализа воздействия ЗУ.

«Традиционные» задачи по звуковому удару (ЗУ)

Схема «стандартного» полета сверхзвукового пассажирского самолета (СПС) при высоте полета 10 – 12 км, при скорости $\sim 1.5 M$



Постановка и детали новых задач о звуковых ударах



влияние параметров
самолета на формирование
профиля импульса ЗУ удара
в ближнем поле

исследование
влияния формы
профиля на свойства
воздействия ЗУ

Теоретическое введение (преобразование Фурье)

- Чтобы найти спектр ЗУ надо найти спектральную плотность начального сигнала (делается это с помощью преобразования Фурье):

$$S(i\omega) = \int_{\tau_1}^{\tau_2} f(t) * \exp(-i\omega t) dt$$

- Взятие такого вида интеграла еще не даёт нам спектральную плотность сигнала. Для этого мы берем модуль получившейся величины
- Затем осуществляется перевод в другие единицы измерения (Па от Гц -> dB от Гц)

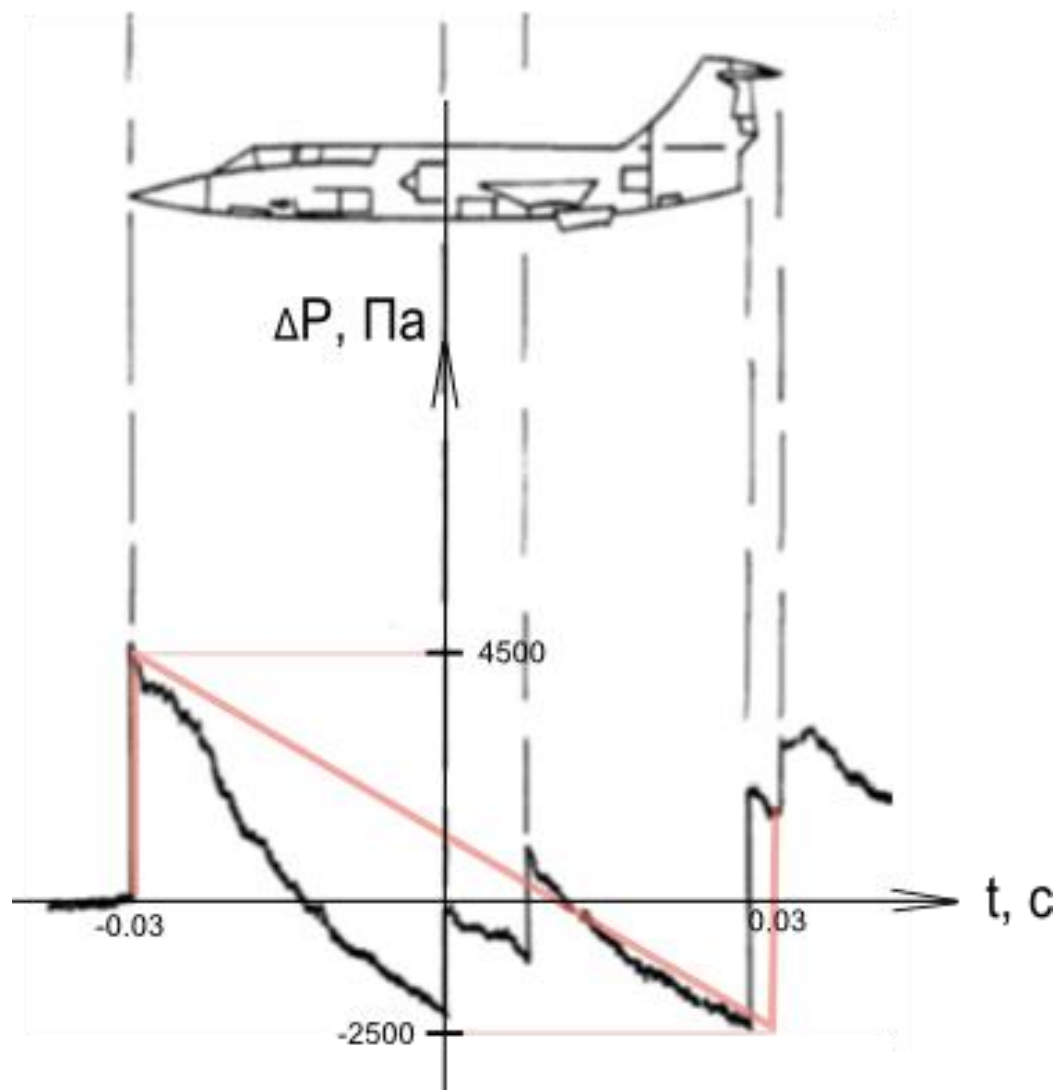
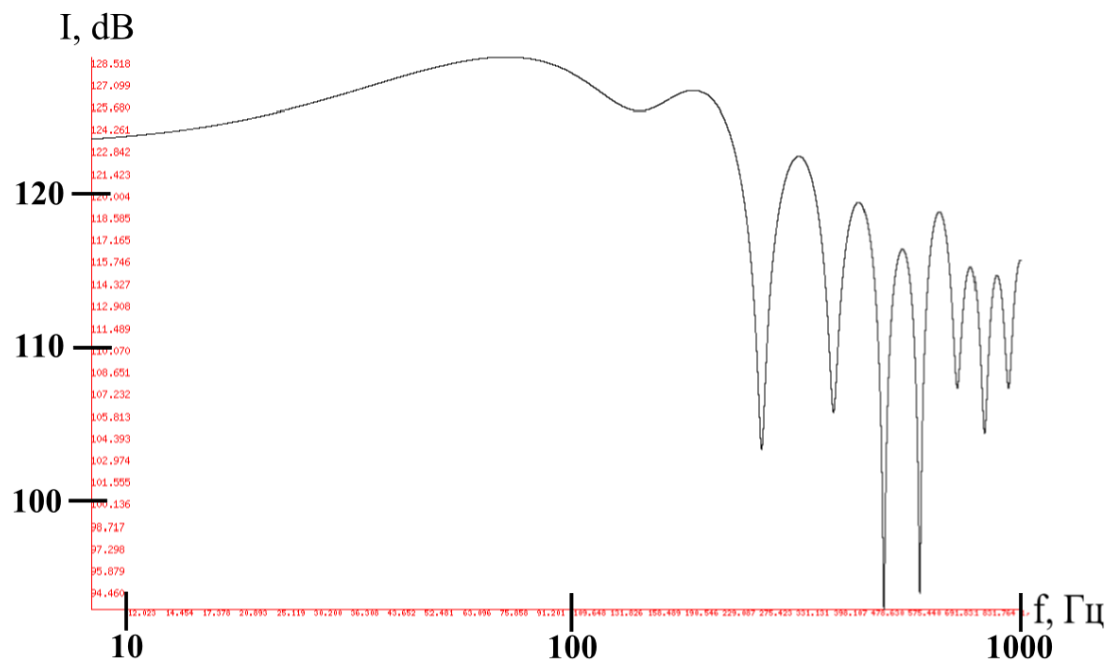
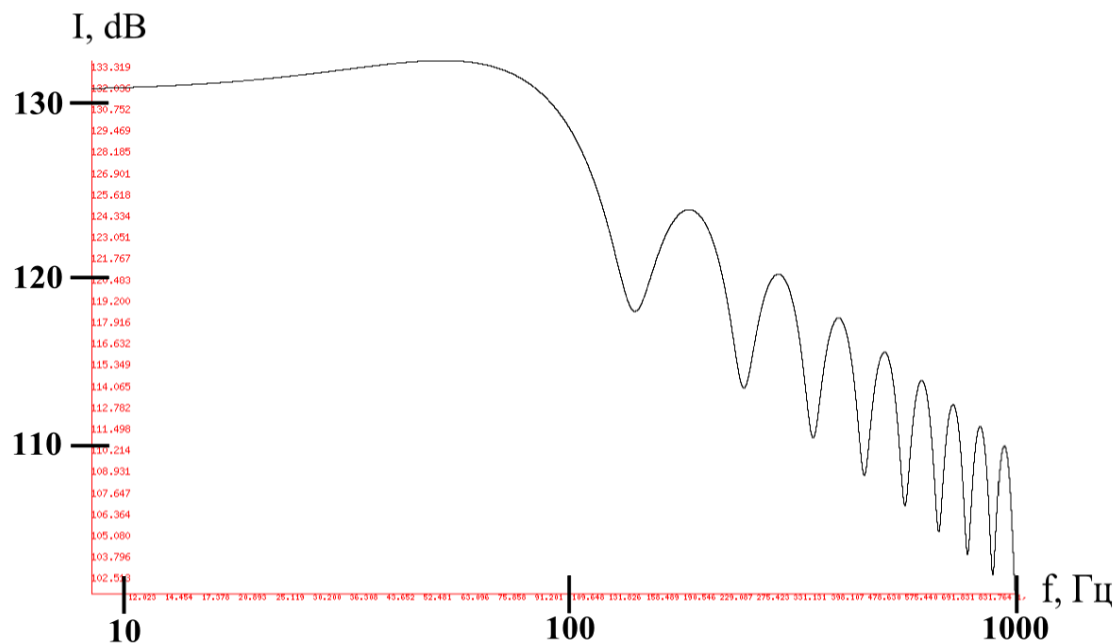


Рис. «Ближнепольный» профиль импульса ЗУ и связь его составных частей с элементами корпуса самолета (превышающее давление 4500 Па, длительность импульса 0,06 с)



Результаты программы: частотные спектры интенсивности

а) реального ЗУ импульса



б) идеального N-импульса

Используемые технологии:

- Для визуализации, возможности задавать параметры и построения графиков мы используем **php**, **JavaScript**.

Итоги работы программы:

- В готовой работе мы видим:
 - 1) График изначального импульса звукового удара.
 - 2) Спектр начального импульса ЗУ.

НАЧАЛО

Вводим тип функции/ий и границы существования, также вводим границы интегрирования функции/ий и погрешность построения графиков спектра и начального импульса.

Рассчитываем спектр звукового сигнала через преобразование Фурье (считаем интегралы для различных частот).

Производим масштабирование (для будущих графиков).

Выводим графики начального импульса ЗУ и его спектра.

КОНЕЦ

Ввод формы импульса (в виде функции y от x !)

ПРОМЕЖУТКИ

[1; -1)

[0; 0) ✎

[Добавить новый](#)

РЕДАКТИРОВАНИЕ ПРОМЕЖУТКА

Функция: $y =$

Начало промежутка: 0

Конец промежутка: 0

Нарисовать график

ПАРАМЕТРЫ

(график спектра) Мин. ω : 1

(график спектра) Макс. ω : 50

(график спектра) Шаг ω : 0.1

(интегрирование) dx : 0.01

(график функций) Шаг x : 0.1

Параметры
построения
графиков и
интегрирования

Промежутки определенных частей
импульса (карандашом показан
промежуток, редактируемый на
данный момент)

Ввод продолжительности
импульса (точнее его
определенного участка) по
временному участку

ПРОМЕЖУТКИ

[-0.1; 0)

[0; 0.1) ✎

[Добавить новый](#)

РЕДАКТИРОВАНИЕ ПРОМЕЖУТКА

Функция: $y =$

-x+0.1

Начало промежутка:

0

Конец промежутка:

0.1

[Нарисовать график](#)

ПАРАМЕТРЫ

(график спектра) Мин. ω :

1

(график спектра) Макс. ω :

1000

(график спектра) Шаг ω :

0.01

(интегрирование) dx :

0.001

(график функций) Шаг x :

0.001



ПРОМЕЖУТКИ

[-0.1; 0]

[0; 0.1]

Добавить новый

РЕДАКТИРОВАНИЕ ПРОМЕЖУТКА

Функция: $y = -x+0.1$

Начало промежутка: 0

Конец промежутка: 0.1

Нарисовать график

ПАРАМЕТРЫ

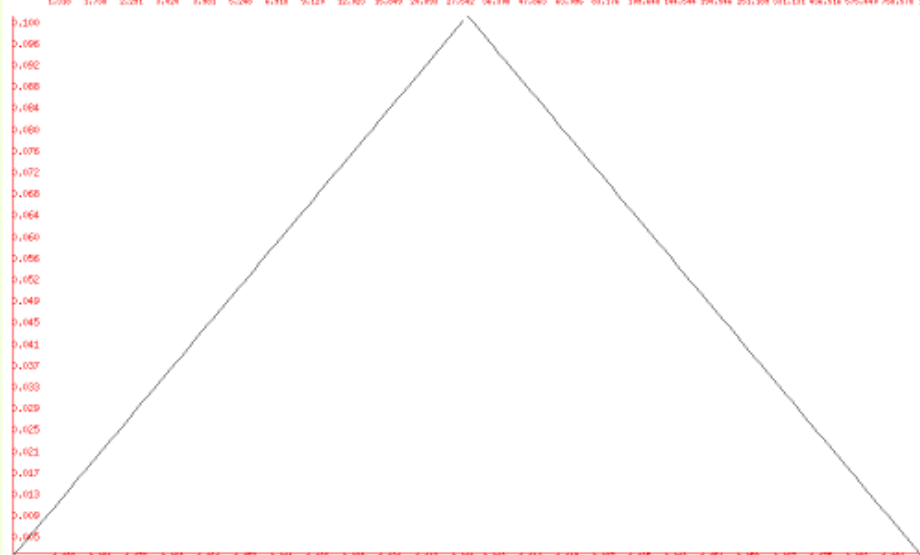
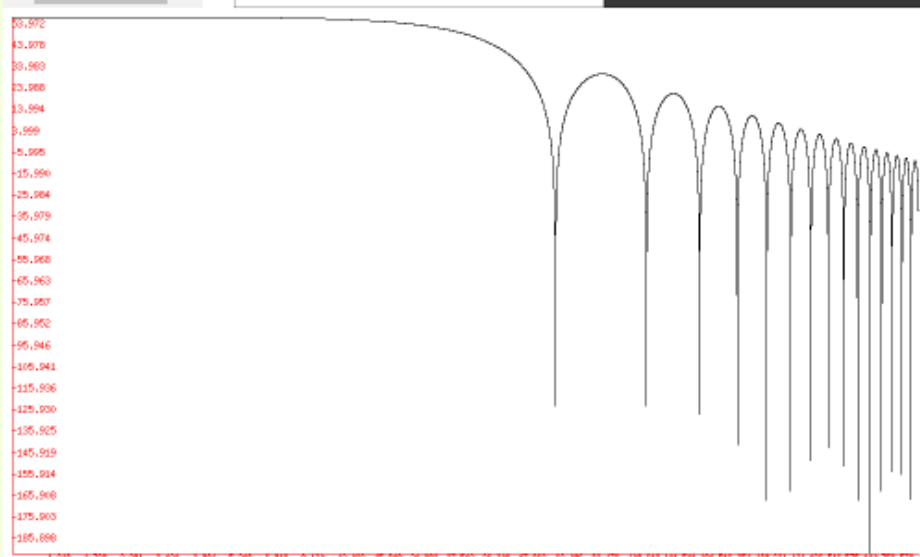
(график спектра) Мин. ω : 1

(график спектра) Макс. ω : 1000

(график спектра) Шаг ω : 0.01

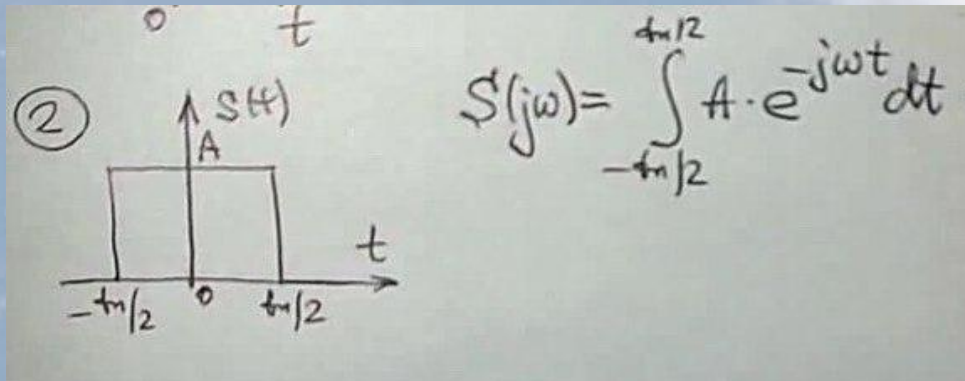
(интегрирование) dx : 0.001

(график функций) Шаг x : 0.001

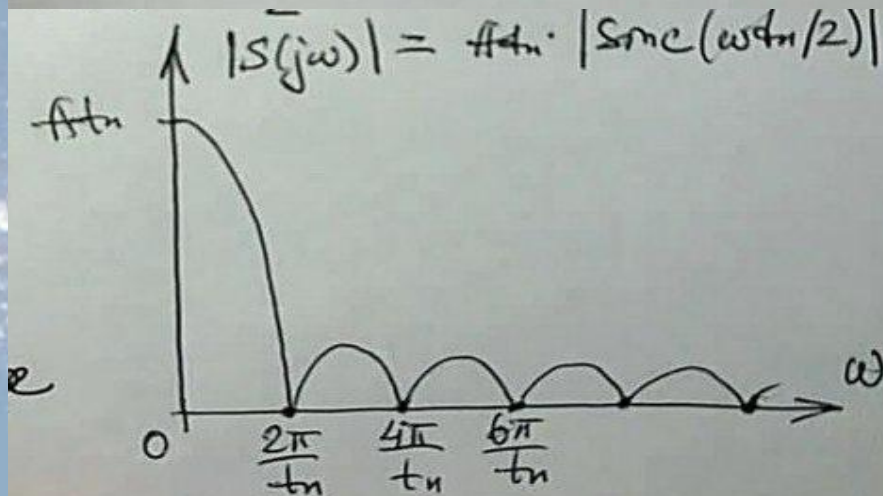


Проверка работы (теоретическая проверка)

$$\int_{-t/2}^{t/2} A * e^{-i\omega t} dt = A \int_{-t/2}^{t/2} \cos(\omega t) dt = A * t * \text{sinc}\left(\frac{\omega t}{2}\right)$$



$$S(j\omega) = \int_{-t_n/2}^{t_n/2} A \cdot e^{-j\omega t} dt$$



$$\frac{2 * \pi}{2} = 3.1415$$

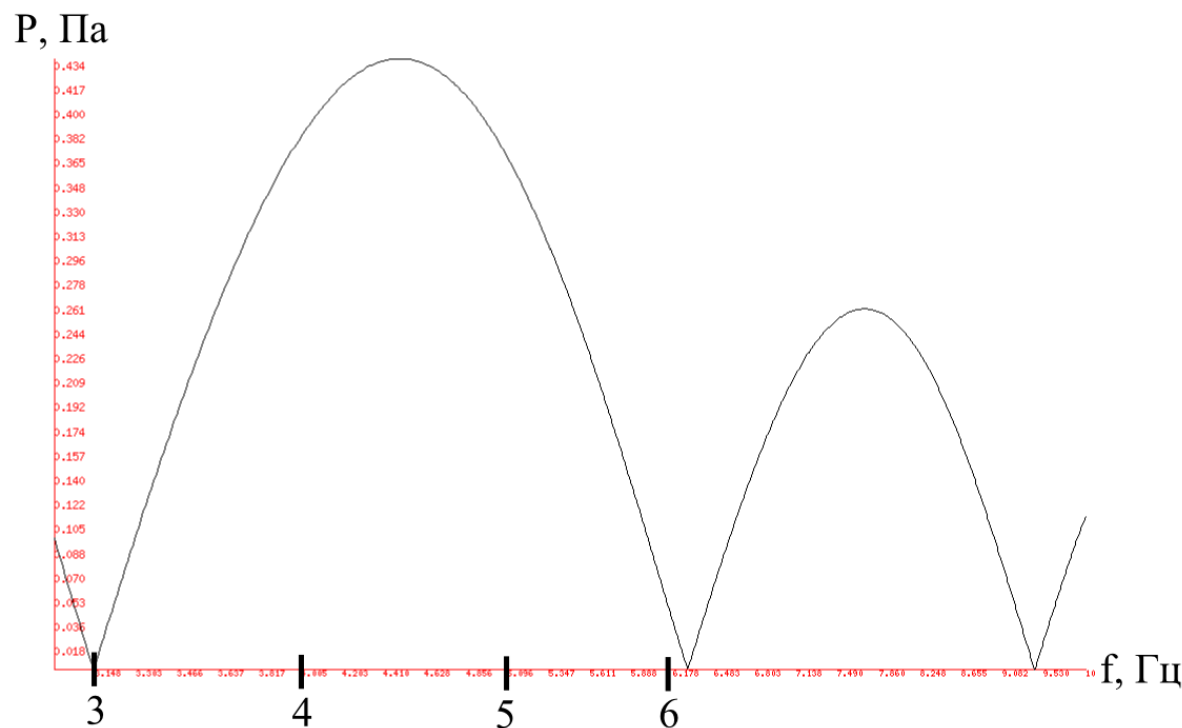
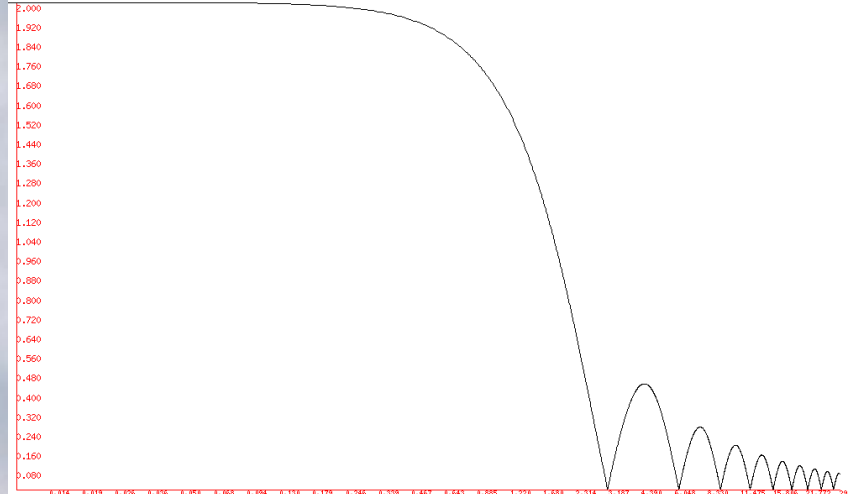
$$\frac{4 * \pi}{2} = 6.2831$$

$$\frac{6 * \pi}{2} = 9.424$$

Функция: $y = 1$

Начало промежутка (t): -1

Конец промежутка (t): 1



Спектр: $A=1$, $w=0-50$

Спектр: $A=1$, $w=3-10$

Вывод (с точки зрения физики)

- Мы получаем графики, которые позволят нам производить спектральный анализ данного ЗУ. Результаты доложены на всероссийской конференции молодых ученых и специалистов «Акустика среды обитания» в статье «НОВЫЕ задачи по использованию экстремальных уровней звукового удара». Так как данная работа является новой в своем роде (на спектральный анализ никто внимания не обращал вследствие транспортирования ЗУ в вид N-импульса), на конференции было высказано не мало идей по использованию данной информации.

Вывод (с точки зрения информатики)

- Использовались языки программирования php и JavaScript, а значит исследовано множество возможностей эксплуатации данных языков в учебных целях. Создан пользовательский интерфейс для ввода начального импульса звукового удара (пользователь вводит желаемые значения, которые отправляются в PHP – скрипт, далее происходит подсчет соответствующих интегралов, в результате которых создаются два png-рисунка – спектр и график начального ЗУ).

Спасибо за внимание!

