Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО»

Отчет

по задаче от лектора

по дисциплине «Дополнительные главы физики»

Авторы: Хлучин Георгий

Гумбатов Влад

Телушкин Артем

Факультет: ФИТиП

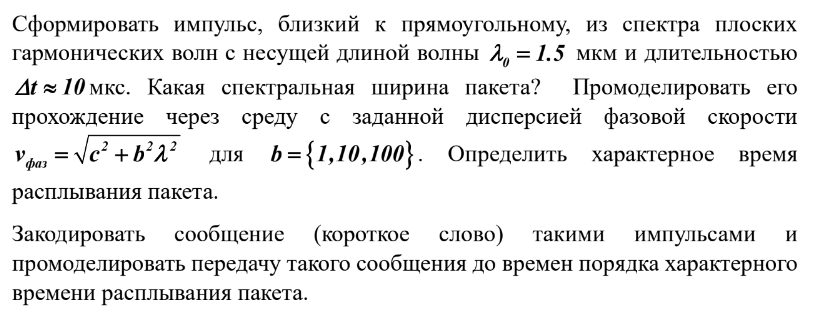
Группа: М32051

Преподаватель: Ефремова Екатерина Александровна



Санкт-Петербург 2023

Условие:



Решение:

1. Найти спектральную ширину пакета

Для определения спектральной ширины пакета сигналов необходимо произвести спектральный анализ этого пакета. Пакет сигналов может быть представлен как сумма нескольких сигналов различных частот.

Если все сигналы имеют одинаковую амплитуду и одинаковые фазы, то спектральная ширина пакета может быть определена как расстояние между наиболее удаленными точками на спектре пакета, на которых амплитуда спектра снижается до определенного уровня.

Например, часто используется определение спектральной ширины на уровне половины максимальной амплитуды, которое соответствует ширине на полувысоте (FWHM) главного лепестка спектра.

Формула FWHM для Гауссова окна определяется как:

где σ - стандартное отклонение Гауссова окна.

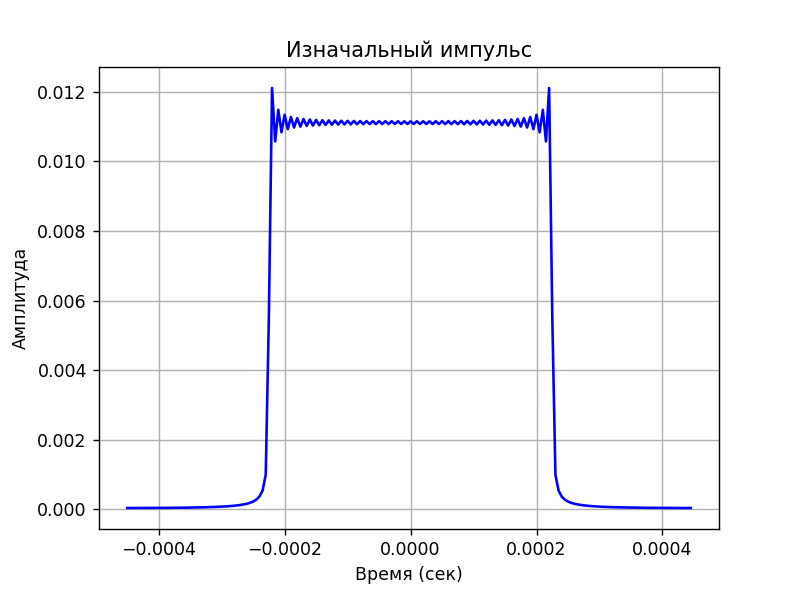
Эта формула основывается на том факте, что ширина на полувысоте для Гауссова распределения составляет 2.35482 стандартных отклонения.

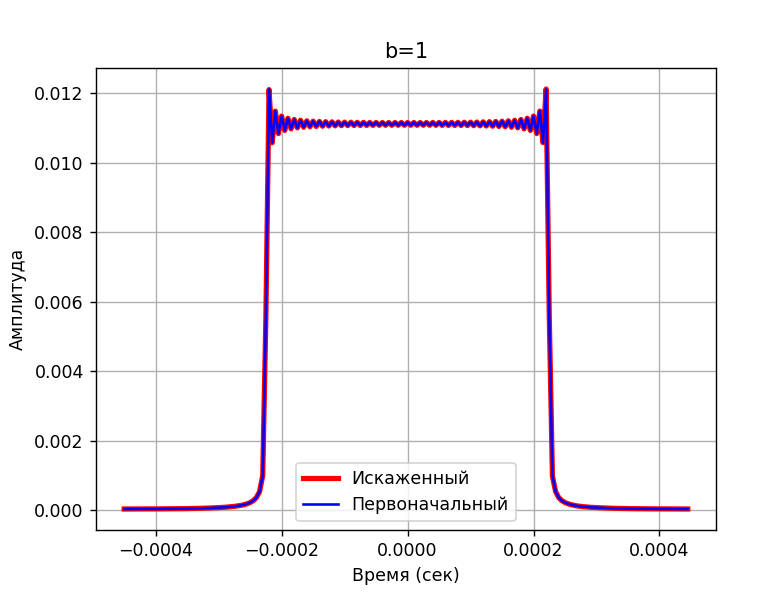
Заметим, что FWHM, вычисленная по формуле , для Гауссова окна также будет соответствовать формуле FWHM = 2.35482 \* σ, если σ будет равно половине ширины на полувысоте в формуле .

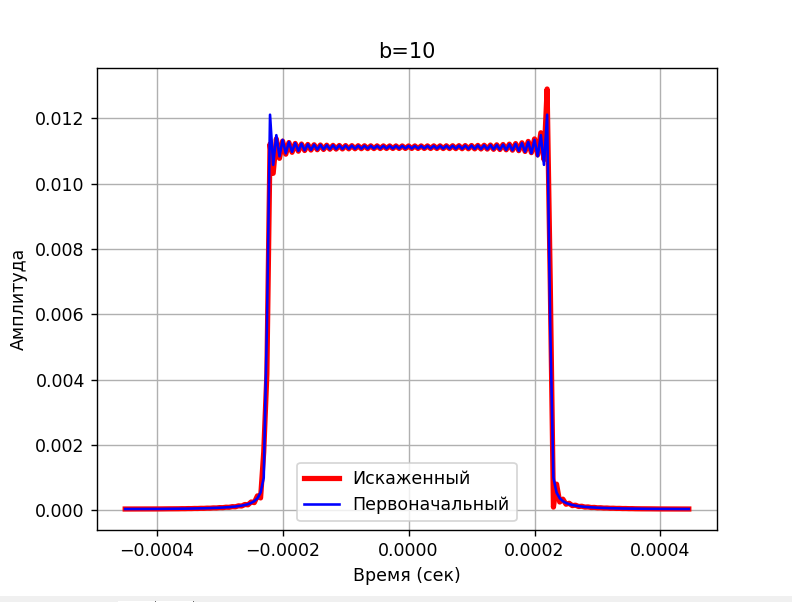


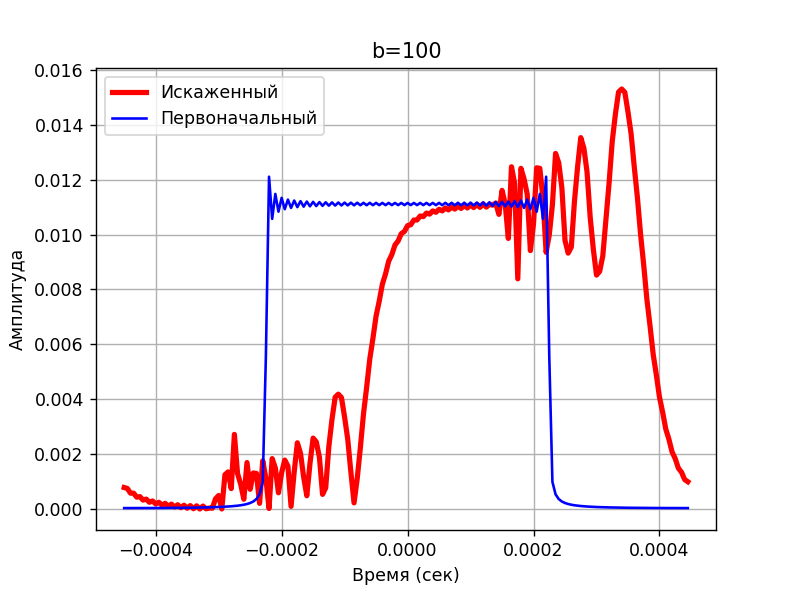
1. Промоделировать прохождение данного импульса, через среду с заданной дисперсией фазовой скорости v\_{фаз} = sqrt(c^2 + b^2 lambda^2) для b = {1, 10, 100}.

Для полного анализа распространения импульса через среду с заданной дисперсией фазовой скорости надо выполнить преобразование Фурье и обратное преобразование Фурье для получения спектра частот и временного профиля импульса соответственно. Эти шаги могут помочь получить подробную информацию о распространении импульса и позволяют провести более глубокий анализ результатов моделирования.



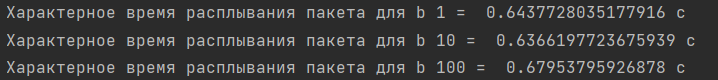




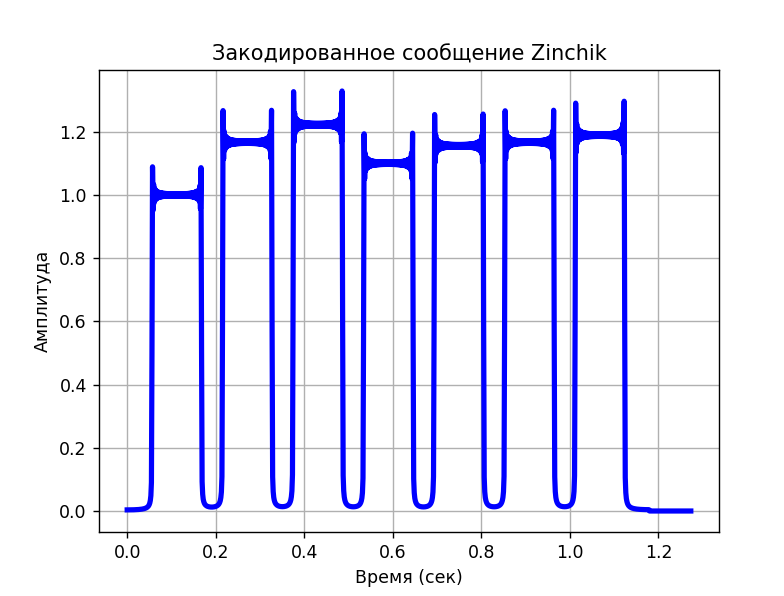


1. Определить время расплывания пакета.

Для определения времени расплывания пакета используется метод, состоящий из нескольких этапов. Сначала находится максимальное значение пакета и его половинная амплитуда. Затем производится поиск первой точки слева и справа от максимума, где амплитуда пакета уменьшается до уровня половинной амплитуды. На последнем этапе вычисляется разница между индексами первых точек слева и справа, что и дает нам характерное время расплывания пакета.



1. Закодировать сообщение (короткое слово) такими импульсами и промоделировать передачу такого сообщения до времен порядка характерного времени расплывания пакета.



Код:

import builtins  
import numpy as np  
import matplotlib.pyplot as plt  
  
  
def getSpectra(delta\_t, lambda\_0, time\_values\_of\_the\_pulse):  
 return np.sinc(time\_values\_of\_the\_pulse / delta\_t) \* np.exp(  
 2 \* np.pi \* lambda\_0 \* time\_values\_of\_the\_pulse \* -1j)  
  
  
def getIntervalLen(range\_spectra):  
 interval = np.argwhere(range\_spectra >= np.max(range\_spectra) / 2)  
 return interval[-1] - interval[0]  
  
  
def calculate\_width(range\_spectra):  
 print\_width = (((getIntervalLen(range\_spectra) / (builtins.len(pulse) \* delta\_t))  
 / (2 \* np.sqrt(2 \* np.log(2))) \* lambda\_0 \*\* 2) \* 1e+9)[0]  
  
 builtins.print("Спектральная ширина пакета = ", print\_width, "нм")  
  
  
def calculate\_fwhm(indixes):  
 return (np.max(np.where(indixes)[0]) - np.min(np.where(indixes)[0])) \* spectra\_freq\_delta  
  
  
def plot\_pulse():  
 plt.plot(time\_values\_of\_the\_pulse, np.abs(pulse), color="b")  
 plt.grid()  
 plt.ylabel("Амплитуда")  
 plt.xlabel("Время (сек)")  
 plt.title("Изначальный импульс")  
 plt.show()  
 for b\_i in [1, 10, 100]:  
 new\_spectra = spectra \* np.exp(2 \* np.pi \* np.sqrt(3e8 \*\* 2  
 + (  
 b\_i \*\* 2 \* frequencies\_in\_the\_spectrum \*\* 2)) \* time\_values\_of\_the\_pulse \* -1j)  
 new\_pulse = np.abs(np.fft.ifftshift(np.fft.ifft(new\_spectra)))  
 old\_pulse = np.abs(pulse)  
 print("Характерное время расплывания пакета для b", b\_i, "= ",  
 calculate\_fwhm(np.abs(np.fft.fftshift(np.fft.ifftshift(np.fft.ifft(new\_spectra)))) < np.max(np.abs(np.fft.fftshift(np.fft.ifftshift(np.fft.ifft(new\_spectra))))) / 2), "c")  
 plt.plot(time\_values\_of\_the\_pulse, new\_pulse, label=f"Искаженный", color="r", linewidth=3)  
 plt.plot(time\_values\_of\_the\_pulse, old\_pulse, label="Первоначальный", color="b")  
 plt.ylabel("Амплитуда")  
 plt.xlabel("Время (сек)")  
 plt.title(f"b={b\_i}")  
 plt.legend()  
 plt.grid()  
 plt.show()  
 new\_spectra = spectra \* np.exp(2 \* np.pi \* np.sqrt(3e8 \*\* 2  
 + (  
 1 \*\* 2 \* frequencies\_in\_the\_spectrum \*\* 2)) \* time\_values\_of\_the\_pulse \* -1j)  
 new\_pulse = np.fft.ifftshift(np.fft.ifft(new\_spectra))  
  
 tmp = calculate\_fwhm(np.abs(np.fft.fftshift(new\_pulse) < np.max(np.abs(np.fft.fftshift(new\_pulse))) / 2))  
  
 tmp = np.linspace(0, tmp , 1024) # возьмем время расплывания пакета  
 plt.ylabel("Амплитуда")  
 plt.xlabel("Время (сек)")  
 plt.plot(tmp, abs(np.convolve(cod\_of\_message, new\_pulse)[:1024]), color="b", linewidth=3)  
 plt.title(f"Закодированное сообщение {message}")  
 plt.grid()  
 plt.show()  
  
  
if \_\_name\_\_ == "\_\_main\_\_":  
 message="Zinchik"  
 delta\_t = 10e-6  
 lambda\_0 = 1.5e-6  
 time\_values\_of\_the\_pulse = np.arange(-45 \* delta\_t, 45 \* delta\_t, 0.5 \* delta\_t)  
 spectra = getSpectra(delta\_t, lambda\_0, time\_values\_of\_the\_pulse)  
 spectra\_freq\_delta = abs(spectra[1] - spectra[2])  
 pulse = np.fft.ifftshift(np.fft.ifft(spectra))  
 frequencies\_in\_the\_spectrum = np.fft.fftfreq(len(pulse), d=delta\_t)  
 calculate\_width((np.abs(np.fft.fft(pulse))))  
 code\_of\_message = np.zeros(1024)  
 for i, letter in enumerate(message):  
 code\_of\_message[128 \* i] = ord(letter)  
 plot\_pulse()