

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное агентство по образованию
«Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им.
проф. М. А. Бонч-Бруевича (СПбГУТ)»

СПб ГУТ)))

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АКУСТИКИ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Сложение гармонических колебаний

Выполнил:

Балан К. А.

Студент группы:

РЦТ-22

Преподаватель:

Свиньина О.А.

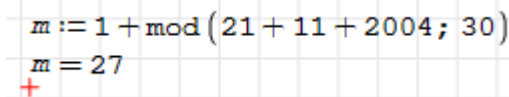
Санкт-Петербург

2024

1.1 Математическое моделирование сложения колебаний. Сложение простых колебаний с одинаковыми амплитудами и близкими частотами

1. Рассчитываем номер варианта задания m в соответствии с выражением:

$m = 1 + [(A + B + C) \bmod 30]$, где A – день, B – месяц, C – год рождения



$$m := 1 + \text{mod}(21 + 11 + 2004; 30)$$

$$m = 27$$

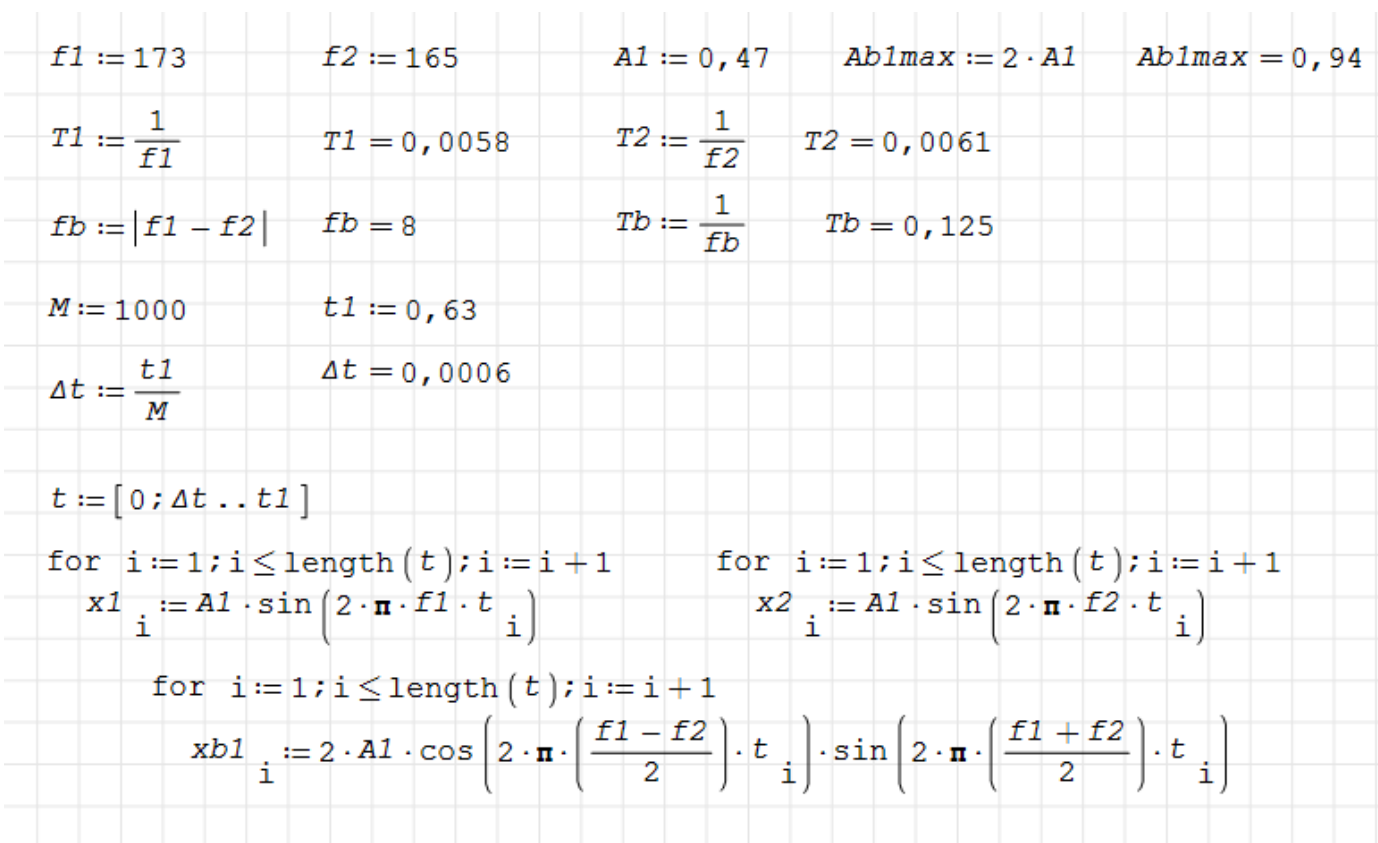
Рис.1 Расчет номера варианта задания с помощью математического редактора Smath Studio

Таблица 1

Параметры простых гармонических колебаний

m	$f_1, \text{Гц}$	$f_2, \text{Гц}$	A_1	$t_1, \text{с}$	$f_3, \text{Гц}$	$f_4, \text{Гц}$	A_3	A_4	$t_2, \text{с}$
27	173	165	0.47	0.63	541	536	0.38	0.15	1

2. В соответствии с полученным номером варианта задания, по табл. 1 определяем параметры простых колебаний.



$$f_1 := 173 \quad f_2 := 165 \quad A_1 := 0,47 \quad Ab1max := 2 \cdot A_1 \quad Ab1max = 0,94$$

$$T_1 := \frac{1}{f_1} \quad T_1 = 0,0058 \quad T_2 := \frac{1}{f_2} \quad T_2 = 0,0061$$

$$fb := |f_1 - f_2| \quad fb = 8 \quad Tb := \frac{1}{fb} \quad Tb = 0,125$$

$$M := 1000 \quad t_1 := 0,63$$

$$\Delta t := \frac{t_1}{M} \quad \Delta t = 0,0006$$

$$t := [0; \Delta t .. t_1]$$

$$\text{for } i := 1; i \leq \text{length}(t); i := i + 1 \quad x1_i := A_1 \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot t_i\right)$$

$$\text{for } i := 1; i \leq \text{length}(t); i := i + 1 \quad x2_i := A_1 \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot f_2 \cdot t_i\right)$$

$$\text{for } i := 1; i \leq \text{length}(t); i := i + 1 \quad xb1_i := 2 \cdot A_1 \cdot \cos\left(2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right) \cdot t_i\right) \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{f_1 + f_2}{2}\right) \cdot t_i\right)$$

Рис.2 Расчет мгновенных значений амплитуды колебаний в математическом редакторе Smath Studio

3. Строим график зависимостей амплитуд простых колебаний x_1 , x_2 от времени для интервала длительностью t_1 , с.

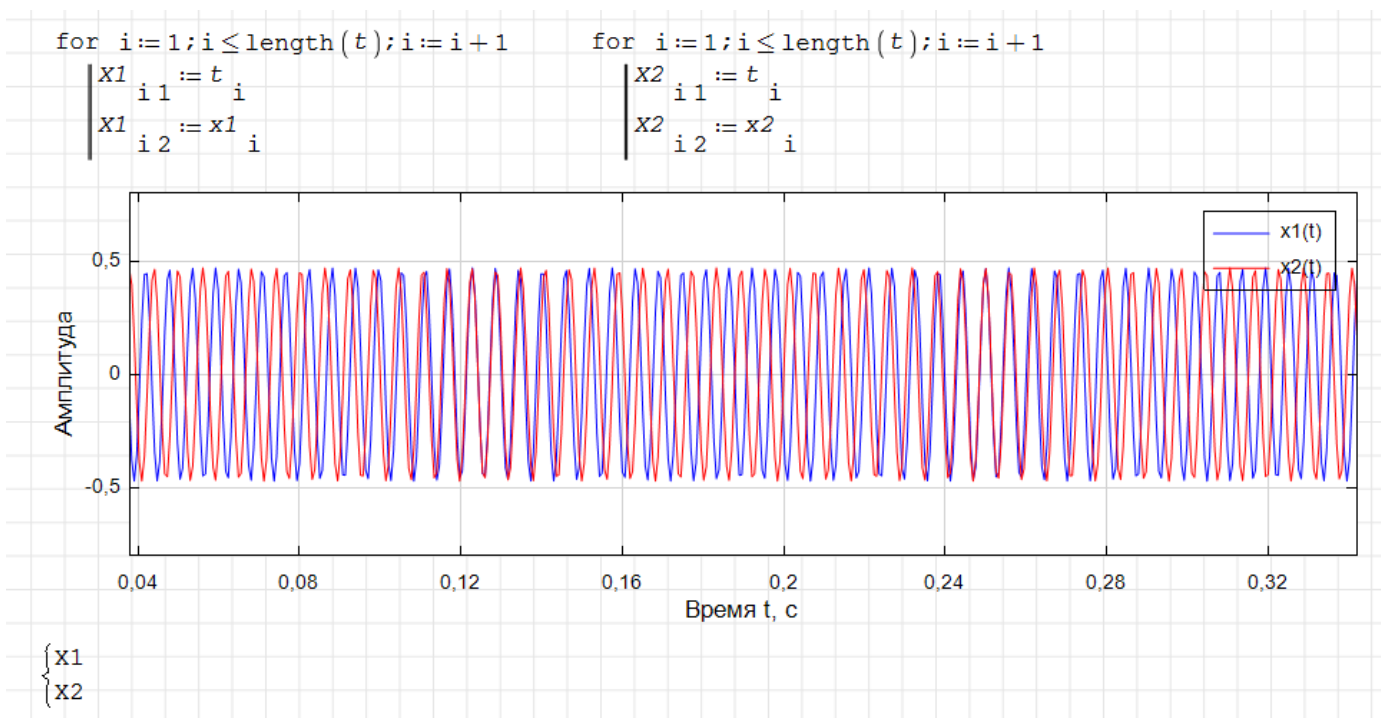


Рис.3 График зависимости сигнала $x_1(t)$ с частотой 193 Гц и сигнала $x_2(t)$ с частотой 208 Гц от времени для интервала $[0; 0,33]$ с, полученный с помощью математического редактора Smath Studio и плагина XY Plot Region

4. Затем строим график зависимости амплитуды сигнала $x_{\delta 1}(t)$ от времени для интервала длительностью t_1 , с.

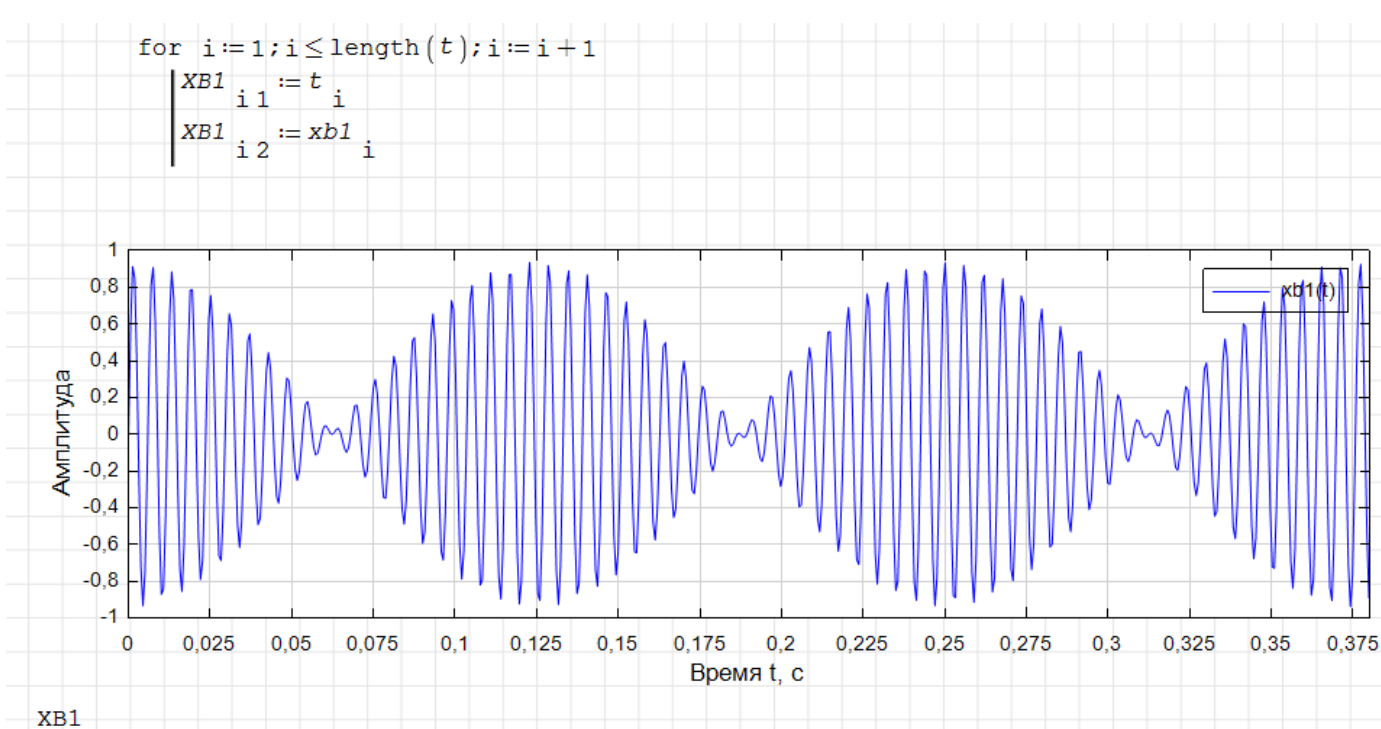


Рис.4 График зависимости сигнала $x_{\delta 1}(t)$ от времени для интервала $[0; 0,33]$ с, полученный с помощью математического редактора Smath Studio и плагина XY Plot Region

1.2 Сложение простых колебаний с различными амплитудами, частотами и начальными фазами

1. В соответствии с полученным номером варианта задания, по табл. 1 определяем параметры простых колебаний.

$$\begin{aligned}
 f_3 &:= 541 & f_4 &:= 536 & A_3 &:= 0,38 & A_4 &:= 0,15 \\
 T_3 &:= \frac{1}{f_3} = 0,0018 & T_4 &:= \frac{1}{f_4} = 0,0019 \\
 Fb2 &:= |f_3 - f_4| = 5 & Tb2 &:= \frac{1}{Fb2} = 0,2 \\
 Ab2max &:= A_3 + A_4 = 0,53 & Ab2min &:= |A_3 - A_4| = 0,23 \\
 M &:= 1000 & t_2 &:= 1 & \Delta t_2 &:= 0,001 \cdot t_2 = 0,001 \\
 t &:= [0; \Delta t_2 .. t_2] \\
 \text{for } i &:= 1; i < \text{length}(t); i := i + 1 \\
 x3_i &:= A_3 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_3 \cdot t_i) \\
 \text{for } i &:= 1; i < \text{length}(t); i := i + 1 \\
 x4_i &:= A_4 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_4 \cdot t_i) \\
 \text{for } i &:= 1; i < \text{length}(t); i := i + 1 \\
 xb2_i &:= \sqrt{A_3^2 + A_4^2 + 2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot Fb2 \cdot t_i)} \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot f_3 \cdot t_i + \arctg\left(\frac{A_4 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot Fb2 \cdot t_i)}{A_3 + A_4 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot Fb2 \cdot t_i)}\right)\right)
 \end{aligned}$$

Рис.5 Расчет мгновенных значений амплитуды колебаний в математическом редакторе Smath Studio

2. Построим график зависимостей амплитуд простых колебаний x_3 , x_4 от времени для интервала длительностью t_2 , с.

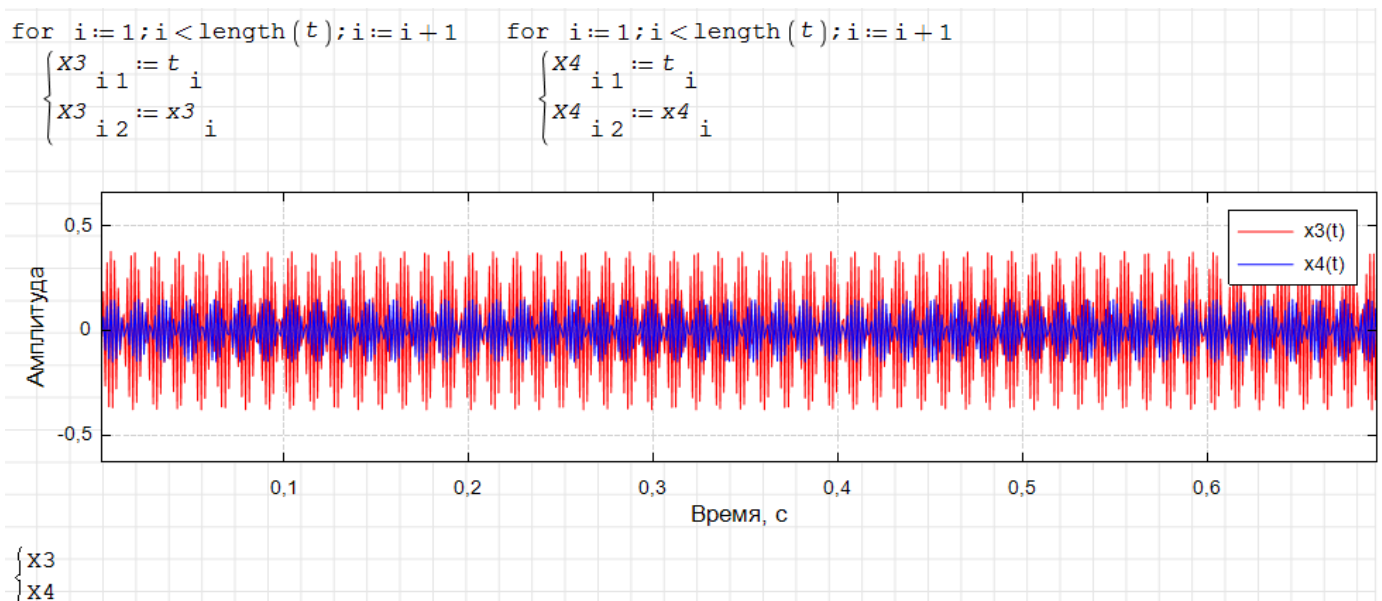


Рис. 6 График зависимости сигнала $x_3(t)$ с частотой 511 Гц и сигнала $x_4(t)$ с частотой 517 Гц от времени для интервала $[0; 0,83]$ с, полученный с помощью математического редактора Smath Studio и плагина XY Plot Region

3. Построим график зависимости амплитуды сигнала $x_{62}(t)$ от времени для интервала длительностью t_2 , с.

```
for i := 1; i < length(t); i := i + 1
{
  XB2i 1 := ti
  XB2i 2 := xb2i
}
```

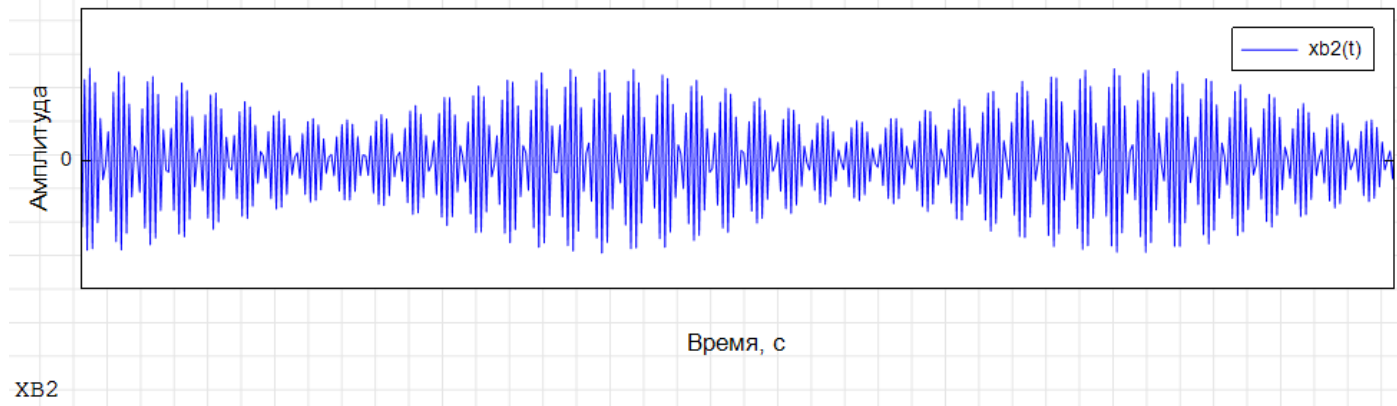


Рис.7 График зависимости сигнала $x_{62}(t)$ от времени для интервала $[0; 0,83]$ с, полученный с помощью математического редактора Smath Studio и плагина XY Plot Region

2.1 Сложение тональных звуковых сигналов в звуковом редакторе. Формирование звукового сигнала биения

1. Запускаем звуковой редактор Audacity и формируем две звуковые дорожки содержащие тональные сигналы с частотами f_1 , f_2 и амплитудой A_1 из табл.1.
2. Измеряем период каждого из сформированных тональных сигналов и рассчитываем значение периода сигнала в секундах, по формуле: $T = T_d * N$
3. Выполняем сведение двух сформированных тональных сигналов в один, увеличиваем масштаб, чтобы на экране помещалось 6 периодов полученного биения и фиксируем три полученных сигналаграммы.

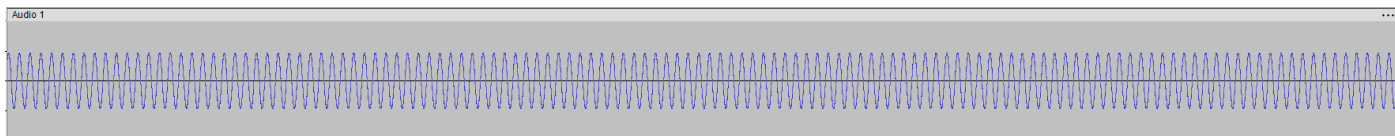


Рис.8 Сигналаграмма с частотой f_1 и амплитудой A_1

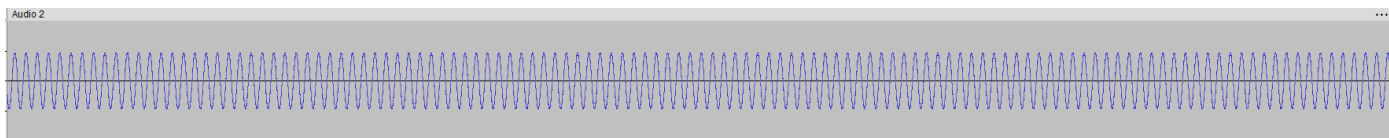


Рис.9 Сигналаграмма с частотой f_2 и амплитудой A_1

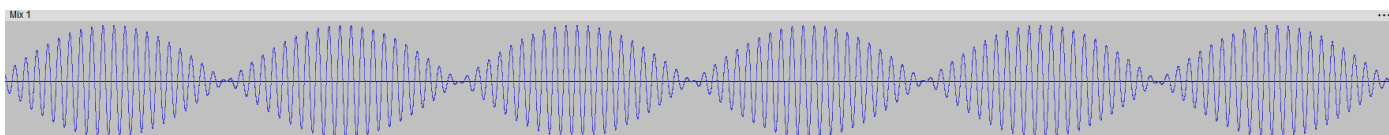


Рис.10 Сигналаграмма биения

4. Проведём измерение периода полученного биения и максимального абсолютного значения, которое принимает амплитуда сложного сигнала.
5. По измеренному значению периода биения рассчитываем частоту полученного биения по формуле: $T_b = 1/f_b$
6. Прослушав сформированный сигнал биения, можно оценить звучание по следующим критериям:
 1. Заметны ли в сложном сигнале составляющие, при сложении которых он был сформирован?
Да, заметны.
 2. Заметно ли на слух периодическое изменение амплитуды сигнала?
Да, заметно.
 3. Создает ли сложный сигнал четкое ощущение высоты тона?
Да, создает.

2.2 Формирование звукового сигнала путем сложения тональных сигналов с различными частотами и амплитудами

1. Запускаем звуковой редактор Audacity и формируем две звуковые дорожки содержащие тональные сигналы с частотами f_3 , f_4 и амплитудой A_3 и A_4 из табл.1.
2. Измеряем период каждого из сформированных тональных сигналов и рассчитываем значение периода сигнала в секундах, по формуле: $T=T_d \cdot N$
3. Затем выполняем сведение двух сформированных тональных сигналов в один, увеличиваем масштаб, чтобы на экране помещалось 6 периодов полученного биения и фиксируем три полученных сигналаграммы.

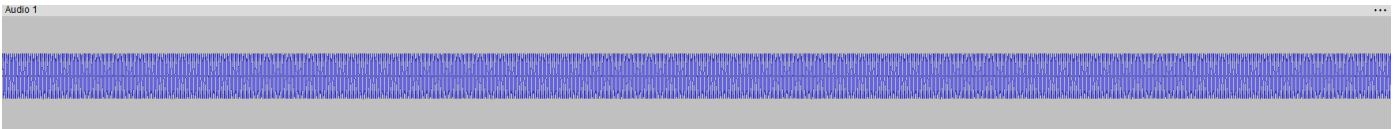


Рис.11 Сигналограмма с частотой f_3 и амплитудой A_3

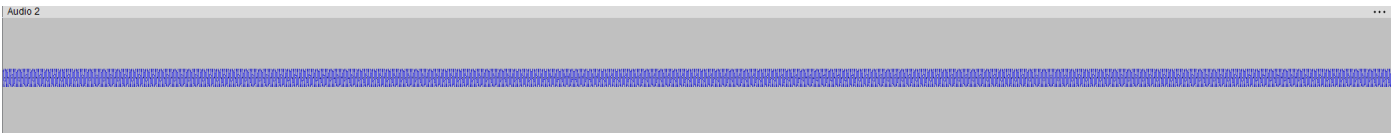


Рис.12 Сигналограмма с частотой f_4 и амплитудой A_4

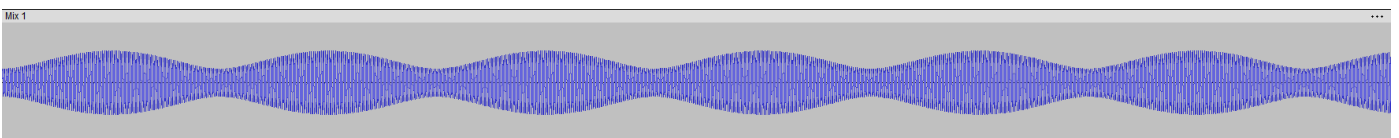


Рис.10 Сигналограмма биения

4. Далее проводим измерение периода полученного биения и максимального абсолютного значения, которое принимает амплитуда сложного сигнала.
5. По измеренному значению периода биения рассчитываем частоту полученного биения по формуле: $T_b = 1/f_b$
6. Прослушав сформированный сигнал биения, можно оценить звучание по следующим критериям:
 1. Заметны ли в сложном сигнале составляющие, при сложении которых он был сформирован?
Да, заметны.
 2. Заметно ли на слух периодическое изменение амплитуды сигнала?
Да, заметны.
 3. Создает ли сложный сигнал четкое ощущение высоты тона?
Да, создает.

3. Анализ результатов исследования

1. Соответствуют ли друг другу временные и амплитудные характеристики сложных звуковых сигналов с характеристиками сложных колебаний, полученных в результате математического моделирования?

Да, временные и амплитудные характеристики соответствуют сложным периодическим колебаниям. Звуковые сигналы представлены как суперпозиция различных частот и одинаковых амплитуд в первом случае, во втором случае как суперпозиция различных частот и амплитуд

2. Позволяют ли аналитические зависимости, использованные для математического моделирования сложных колебаний, получить верное представление о характеристиках сложных звуковых сигналов?

Да, аналитические зависимости, используемые для математического моделирования сложных колебаний, могут помочь получить верное представление о характеристиках сложных звуковых сигналов.

3. Существуют ли такие начальные условия, при которых аналитические зависимости, описывающие сложение простых колебаний, не будут давать верный результат? Да, существуют, например, принцип линейного сложения волн действует только при малых амплитудах. Для звуков большей амплитуды принцип суперпозиции неприменим

4. Соответствует ли звучание полученных сложных звуковых сигналов теоретически ожидаемому?

Да, соответствует, проделав теоретические расчеты мы получили те же самые биения полученные экспериментально.

4. Параметры исследуемых колебаний

Колебание			X ₁	X ₂	X ₆₁	X ₃	X ₄	X ₆₂
Частота, Гц		расчет	173	165	8	541	536	5
		измерение	-	-	7,93	-	-	5
Период (расчет), с			0,0058	0,0061	0,125	0,0018	0,0019	0,2
Период(измерение)		отсчеты	280	300	6000	88	90	9600
		с	0,006	0,006	0,126	0,002	0,002	0,200
Амплитуда	максимальная	расчет	0,47	0,47	0,94	0,38	0,15	0,53
		измерение	-	-	0,94	-	-	0,53
	минимальная	расчет	0	0	0	0	0	0,23
		измерение	-	-	0	-	-	0,23