

## Лабораторная работа №2 ВПМС

### СЛОЖЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ

#### Цели работы:

- исследование механизмов сложения звуковых колебаний;
- ознакомление с программой ADOBE AUDITION.

#### 1. Теоретическое введение

Пусть заданы два колебательных процесса, описываемых формулами:

$$u_1 = A_1 \cos \omega_1 t \text{ и } u_2 = A_2 \cos \omega_2 t$$

Результатом сложения таких колебаний в общем случае будет процесс модуляции амплитуды колебания более высокой частоты колебанием более низкой частоты.

Наиболее интересным является случай сложения двух волн с одинаковой амплитудой ( $A_1 = A_2 = A$ ), но с разными частотами.

$$u_1 = A \cos \omega_1 t \text{ и } u_2 = A \cos \omega_2 t$$

Тогда

$$u = u_1 + u_2 = 2A \cos \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \cos \frac{\omega_1 - \omega_2}{2}.$$

Пусть частоты складываемых волн приблизительно одинаковы, так что величина  $\frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2)$  очень близка к частоте любой из двух компонентов. Но разность  $(\omega_1 - \omega_2)$  гораздо меньше, чем  $\omega_1$  и  $\omega_2$ , поскольку мы предположили, что  $\omega_1$  и  $\omega_2$  приблизительно равны друг другу. Это означает, что результат сложения можно истолковать так, как будто есть косинусоидальная волна с частотой, более или менее равной первоначальной, но что амплитуда ее, имеющая максимальное значение  $2A$ , модулирована в пространстве и времени очень медленно меняющейся огибающей с частотой  $\omega_1 - \omega_2 / 2$ .

Интенсивность новой волны максимальна всегда, когда амплитуда имеет максимальное значение  $2A$ . Это происходит дважды за период, определяемый частотой  $(\omega_1 - \omega_2)$  (здесь нетрудно усмотреть аналогию с явлением биений, наблюдающихся при сложении двух колебаний с почти одинаковыми частотами. Таким образом, частота биений интенсивности равна разности частот  $(\omega_1 - \omega_2)$ ). В приведенном здесь примере, где ам-

плитуды гармоник равны  $A$ , суммарная амплитуда будет меняться от 0 до  $2A$ . В этом случае говорят о полной, или 100%-й модуляции.

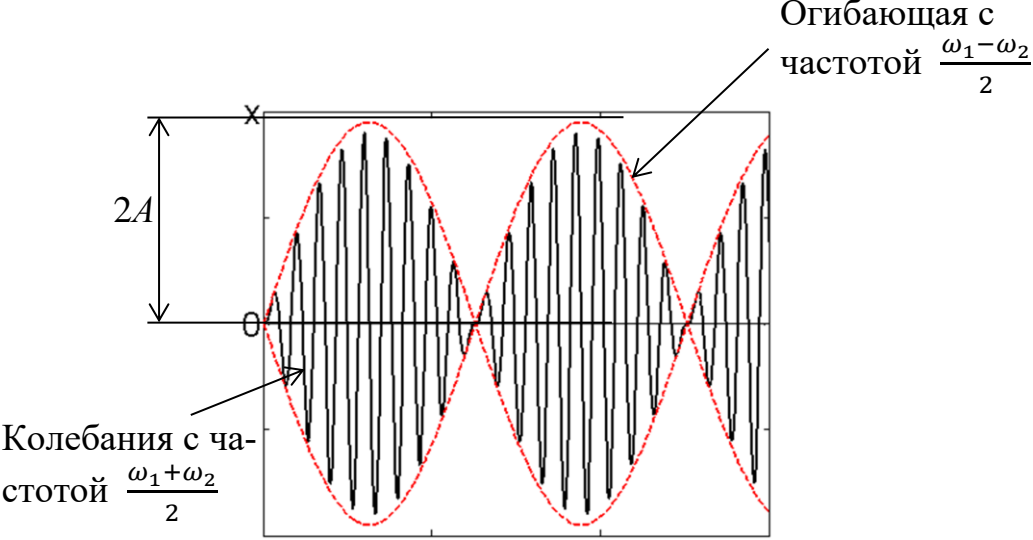


Рис. 1.1. Биения

## 2. Порядок выполнения работы

Открыть программу ADOBE AUDITION, дважды щелкнув по ее ярлыку, и перейти в режим *Правка (Edit View)*.

### 2.1. Суммирование колебаний с одинаковыми амплитудами и близкими частотами

2.1.1. Сформировать синусоидальный сигнал с частотой 200 Гц. Для этого:

2.1.2. В меню *Файл (File)* щелкнуть *Новый (New)* и в открывшемся окне установить (рис. 2.1):

- *Частоту дискретизации (Sample Rate)* – 48 кГц;
- *Каналы (Channels)* – Моно;
- *Разрешение (Resolution)* – 16 бит.

Нажать кнопку *OK*.

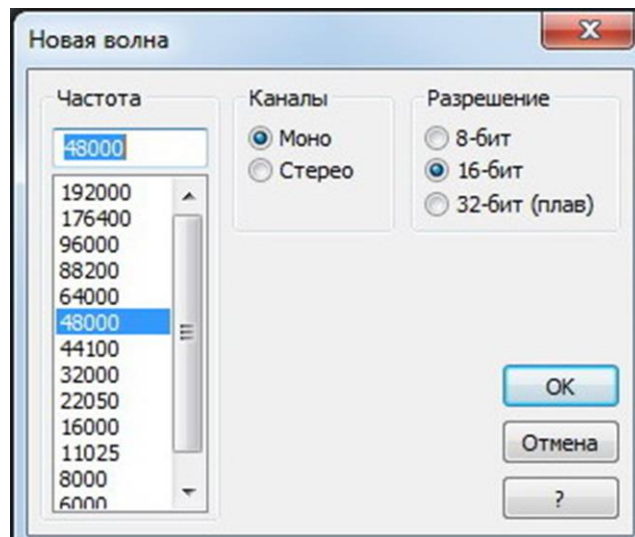


Рис. 2.1. Окно установок параметров цифрового звукового файла

2.1.3. В меню *Создать (Generate)* щелкнуть *Тона (Tones)* и в открывшемся окне установить (рис. 2.2):

- *Основную частоту (Base Frequency)* – 200 Гц;
- *dB Громкость (dB Volume)* – (-6) дБ;
- *Форму сигнала (Flavor)* – синус (*Sine*);
- *Длительность (Duration)* – 2 секунды.

Можно предварительно прослушать полученный сигнал, нажав кнопку *Preview*. Затем нажать кнопку *OK*. На экране появится сигналограмма сигнала.

2.1.4. Сохранить полученный звуковой файл. Для этого в меню *Файл (File)* щелкнуть *Сохранить как (Save As)* и в открывшемся окне ввести название сохраняемого файла. Например, *200 Гц*.

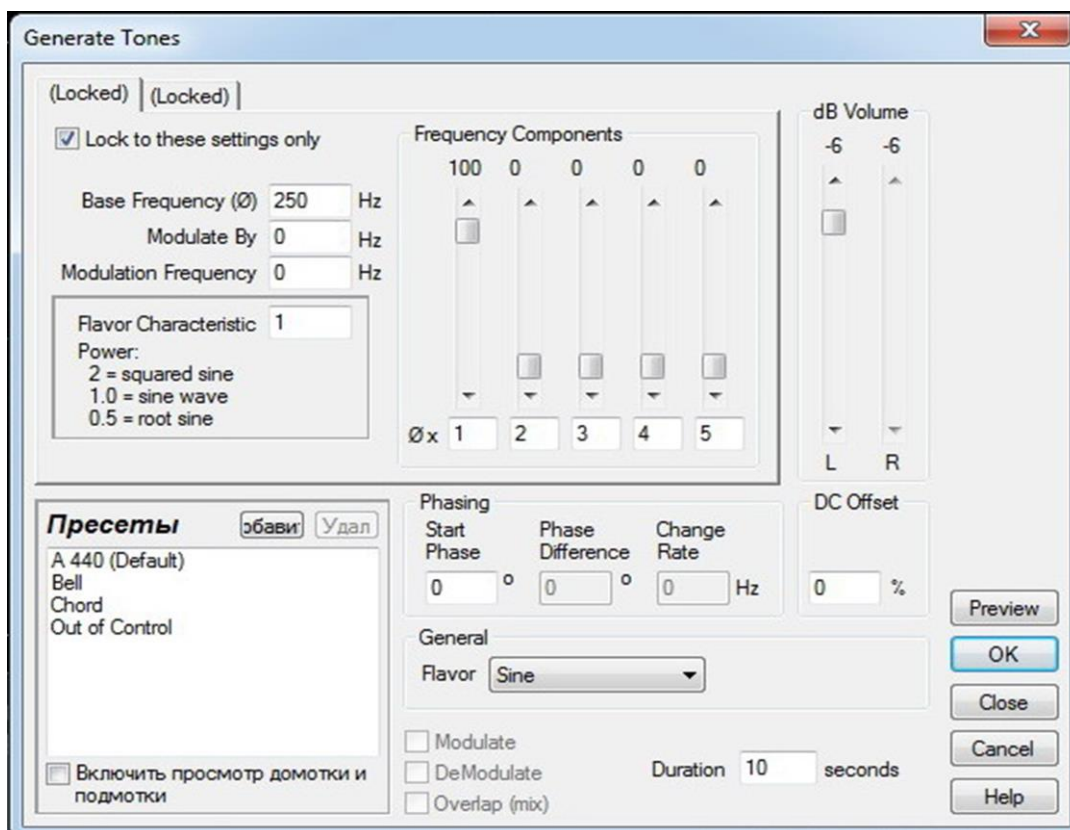


Рис. 2.2. Окно установок характеристик тонального сигнала

2.1.5. Закрывать этот файл, щелкнув по его названию правой кнопкой мыши. В появившемся окне щелкнуть **Закрывать файл – Удалить (Close file - Delete)**.

2.1.6. Повторить пп. 2.1.1 – 2.1.3, но для частоты 208 Гц.

2.1.7. Смикшировать (сложить) два колебания – 200 Гц и 208 Гц. Для этого в меню **Правка (Edit)** щелкнуть **Вставка микш. (Mix Paste)**. В открывшемся окне (рис. 2.3) установить:

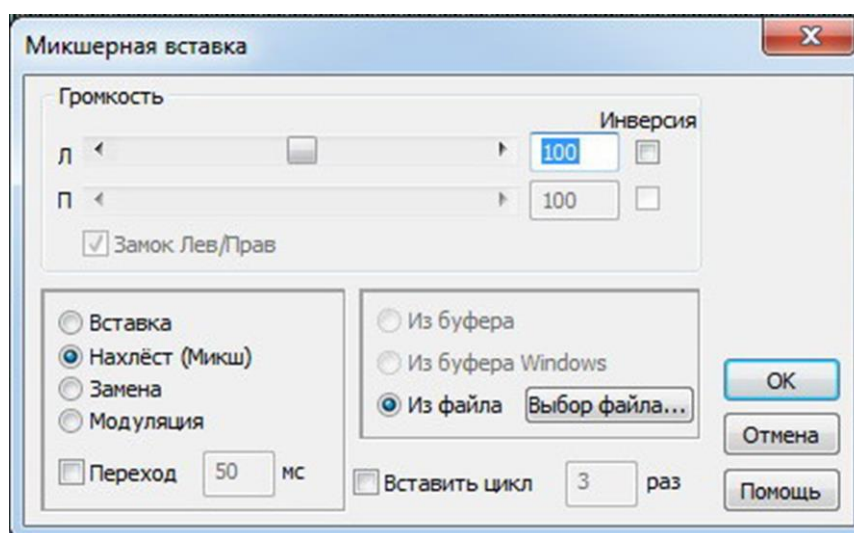


Рис. 2.3. Окно микширования

- **Громкость (Volume)** – 100;
- флажок **Нахлест (Overlap)**;
- флажок **Из файла (From File)**.

При этом рядом с надписью **Из файла (From File)** активизируется кнопка **Выбор файла (Select File)**, нажав на которую из появившегося в окне списка можно выбрать двойным щелчком мыши сохраненный ранее файл с частотой 200 Гц.

Нажать кнопку **ОК**.

В рабочем поле главного окна появится сигналограмма суммы двух колебаний, подобная показанной на рис. 2.4.

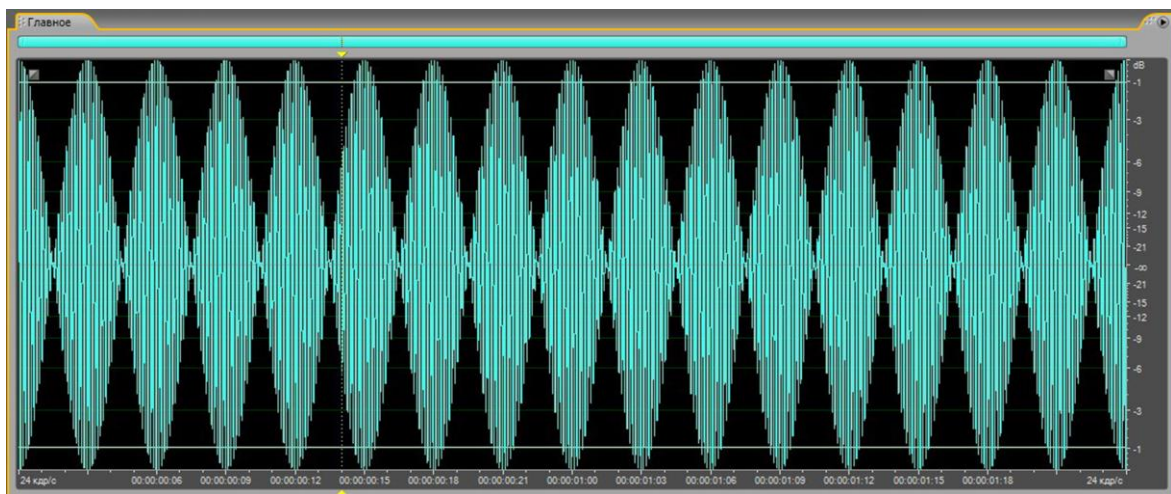


Рис. 2.4. Сигналограмма суммы колебаний с частотами 200 Гц и 208 Гц

2.1.8. Убедиться, что частота огибающей суммарного сигнала равна половине разности исходных частот (4 Гц), воспользовавшись шкалой времени в нижней части окна, а амплитуда – удвоенной амплитуде исходных сигналов. Скопировать сигналограмму в отчет. Звучание полученного звукового сигнала можно прослушать, нажав, к примеру, клавишу пробела на клавиатуре.

## 2.2. Суммирование колебаний с разными амплитудами и разными частотами

2.2.1. Сформировать и затем сохранить синусоидальный сигнал с частотой 8 Гц. Для этого выполнить действия, указанные в пп. 2.1.1-2.1.5, но для указанной частоты 8 Гц.

2.2.2. Открыть файл с частотой 200 Гц, выполнив операции **Файл > Открыть > 200 Гц (File > Open > 200 Hz)**.

2.2.3. Смикшировать (сложить) два колебания – 200 Гц и 8 Гц. Для этого в меню **Правка (Edit)** щелкнуть **Вставка микш. (Mix Paste)**. В открывшемся окне (рис. 2.3) установить:

- **Громкость (Volume)** – 20 (т.е. уровень сигнала уменьшим в 5 раз);

- флажок *Нахлест (Overlap)*;
- флажок *Из файла (From File)*.

При этом рядом с надписью *Из файла (From File)* активизируется кнопка *Выбор файла (Select File)*, нажав на которую из появившегося в окне списка можно выбрать двойным щелчком мыши сохраненный ранее файл с частотой 8 Гц.

Нажать кнопку *OK*.

В рабочем поле главного окна появится сигналограмма суммы двух колебаний, подобная показанной на рис. 2.5.

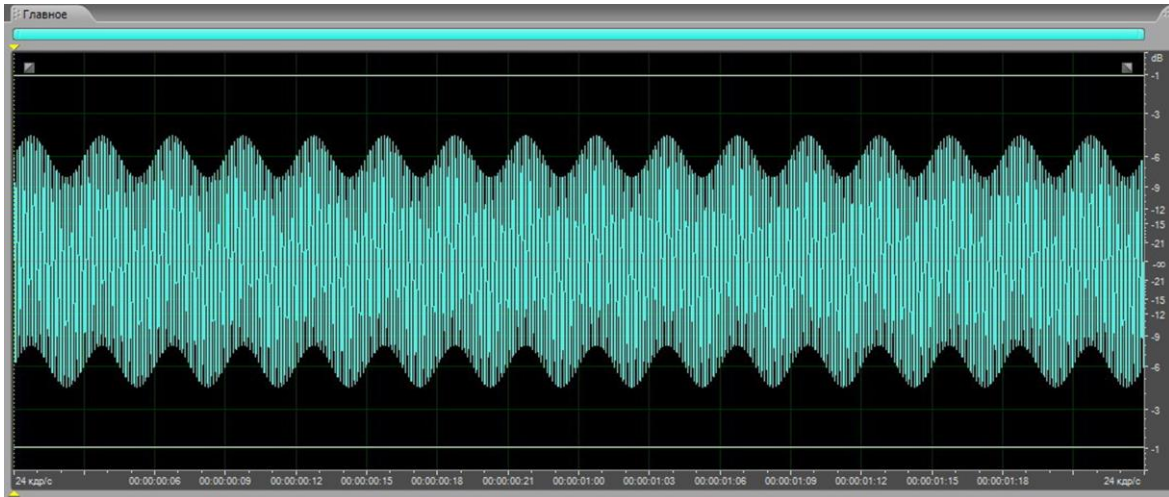


Рис. 2.5. Сигналограмма суммы колебаний с частотами 200 Гц и 8 Гц

2.2.4. Скопировать сигналограмму в отчет.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный  
университет телекоммуникаций  
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича»**

---

---

**Кафедра ТВ и М**

Студент \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_

**ОТЧЕТ  
по лабораторной работе №2**

**по дисциплине  
«Волновые процессы в материальных средах»**

**Сложение колебаний**

**1. Суммирование колебаний с одинаковыми амплитудами и близкими частотами**

Сигналограмма 1

**Выводы:**

---

---

---

---

---

## 2. Суммирование колебаний с разными амплитудами и разными частотами

Сигналограмма 2

**Выводы:**

---

---

---

---

---

---

**Работа выполнена «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.**

\_\_\_\_\_  
(подпись преподавателя)

**Отчет проверен «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.**

\_\_\_\_\_  
(подпись преподавателя)