

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 10.09.2024 00:05:52

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное**

**учреждение высшего образования**

**«Юго-Западный государственный университет»**

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
« 9 » 09 2024 г.



## **ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ НА ЯЗЫКЕ PYTHON**

Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов, обучающихся по группе направлений подготовки 11.00.00 «Электроника, радиотехника и связь»

Курск 2024

УДК 621.3

Составители: И.Г. Бабанин, Е.Ю. Бабанина

*Рецензент*

Доктор технических наук, старший научный сотрудник, заведующий  
кафедрой *В.Г. Андронов*

**Цифровая обработка сигналов на языке Python:**  
методические указания по выполнению лабораторных работ для  
студентов, обучающихся по группе направлений подготовки 11.00.00  
«Электроника, радиотехника и связь» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: И.Г.  
Бабанин, Е.Ю. Бабанина. – Курск, 2024. – 35 с.

Методические указания предназначены для закрепления теоретических  
знаний и приобретение практических умений, навыков обработки  
сигналов, проектирования цифровых фильтров.

Методические указания соответствуют требованиям ФГОС ВО 3++ и  
учебному плану направления подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные  
технологии и системы связи». Предназначены для бакалавров очной и заочной  
форм обучения .

Методические указания составлены на основе материалов Аленна Б.  
Дауни «Цифровая обработка сигналов на языке Python».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать « 9 » 08 2024. Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. 2,09. Уч.- изд. л. 1,89. Тираж 100 экз. Заказ 595 . Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

# ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

## *Общие положения*

Настоящая инструкция предназначена для студентов, выполняющих работы на персональном компьютере.

К выполнению работ допускаются лица:

1. не моложе 16 лет;
2. прошедшие медицинский осмотр;
3. прошедшие вводный инструктаж по охране труда, а также инструктаж по охране труда на рабочем месте;
4. прошедшие обучение безопасным приемам труда на рабочем месте по выполняемой работе.

Студент обязан:

1. выполнять правила внутреннего трудового распорядка, установленные в положениях и инструкциях, утвержденных ректором ЮЗГУ, или его заместителями;
2. выполнять требования настоящей инструкции;
3. сообщать преподавателю о неисправностях, при которых невозможно безопасное производство работ;
4. не допускать присутствия на рабочем месте посторонних лиц;
5. уметь оказывать первую помощь и при необходимости оказывать ее пострадавшим при несчастных случаях, по возможности сохранив обстановку на месте происшествия без изменения и сообщив о случившемся преподавателю;
6. выполнять требования противопожарной безопасности: не разводите открытый огонь без специального на то разрешения преподавателя;
7. периодически проходить медицинский осмотр в предусмотренные сроки.

Студент должен знать опасные и вредные факторы, присутствующие на данном рабочем месте:

1. возможность травмирования электрическим током при отсутствии или неисправности заземляющих устройств;
2. вредное воздействие монитора компьютера при его неправильной установке или неисправности;
3. возможность возникновения заболеваний при неправильном расположении монитора, клавиатуры, стула и стола;
4. вредное воздействие паров, газов и аэрозолей выделяющихся

при работе копировальной и печатающей оргтехники в непроветриваемых помещениях.

Студент при выполнении любой работы должен обладать здоровым чувством опасности и руководствоваться здравым смыслом. При отсутствии данных качеств он к самостоятельной работе не допускается.

### ***Требования охраны труда перед началом работы***

Перед началом работы студент обязан:

1. получить от преподавателя инструктаж о безопасных методах, приемах и последовательности выполнения лабораторного задания;
2. привести в порядок одежду, застегнуть на все пуговицы, чтобы не было свисающих концов, уложить волосы, чтобы они не закрывали лицо и глаза;
3. привести рабочее место в безопасное состояние;
4. запрещается носить обувь на чрезмерно высоких каблуках.

Перед включением компьютера убедиться в исправности электрических проводов, штепсельных вилок и розеток. Вилки и розетки должны соответствовать Евро стандарту. Отличительной особенностью этих вилок и розеток является наличие третьего провода, обеспечивающего заземление компьютера или другого прибора. При отсутствии третьего заземляющего провода заземление должно быть выполнено обычным способом с применением заземляющего проводника и контура заземления;

Убедиться, что корпус включаемого оборудования не поврежден, что на нем не находятся предметы, бумага и т.п. Вентиляционные отверстия в корпусе включаемого оборудования не должны быть закрыты занавесками, завалены бумагой, заклеены липкой лентой или перекрыты каким-либо другим способом.

### ***Требования охраны труда во время работы***

Запрещается во время работы пить какие-либо напитки, принимать пищу.

Запрещается ставить на рабочий стол любые жидкости в любой таре (упаковке или в чашках).

Помещения для эксплуатации компьютеров должны иметь естественное и искусственное освещение, естественную вентиляцию и соответствовать требованиям действующих норм и правил. Запрещается размещать рабочие места вблизи силовых электрических кабелей и вводов трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе и отрицательно влияющие на здоровье операторов.

Окна в помещениях, где установлены компьютеры должны быть ориентированы на север и северо-восток. Оконные проемы оборудуются регулируемыми устройствами типа жалюзи или занавесками.

Площадь на одно рабочее место пользователей компьютера должна составлять не менее 6 м<sup>2</sup> при рядном и центральном расположении, при расположении по периметру помещения – 4 м<sup>2</sup>. При использовании компьютера без вспомогательных устройств (принтер, сканер и т.п.) с продолжительностью работы менее четырех часов в день допускается минимальная площадь на одно рабочее место 5 м<sup>2</sup>.

Полимерные материалы, используемые для внутренней отделки интерьера помещений с персональными компьютерами (ПК) должны подвергаться санитарно-эпидемиологической экспертизе. Поверхность пола должна обладать антистатическими свойствами, быть ровной. В помещениях ежедневно проводится влажная уборка. Запрещается использование удлинителей, фильтров, тройников и т.п., не имеющих специальных заземляющих контактов.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз оператора на расстоянии 600-700 мм, минимально допустимое расстояние 500 мм;

Продолжительность непрерывной работы с ПК должна быть не более 2 часов.

### ***Требования охраны труда по окончании работы***

По окончании работы студент обязан выполнить следующее:

1. привести в порядок рабочее место;
2. убрать инструмент и приспособления в специально отведенные для него места хранения;
3. обо всех замеченных неисправностях и отклонениях от

нормального состояния сообщить преподавателю;

4. привести рабочее место в соответствие с требованиями пожарной безопасности.

### ***Действие при аварии, пожаре, травме***

В случае возникновения аварии или ситуации, в которой возможно возникновение аварии немедленно прекратить работу, предпринять меры к собственной безопасности и безопасности других рабочих, сообщить о случившемся преподавателю.

В случае возникновения пожара немедленно прекратить работу, сообщить в пожарную часть по телефону 101, своему преподавателю и приступить к тушению огня имеющимися средствами.

В случае получения травмы обратиться в медпункт, сохранить по возможности место травмирования в том состоянии, в котором оно было на момент травмирования, доложить своему преподавателю лично или через товарищей по работе.

### ***Ответственность за нарушение инструкции***

Каждый студент ЮЗГУ в зависимости от тяжести последствий несет дисциплинарную, административную или уголовную ответственность за несоблюдение настоящей инструкции, а также прочих положений и инструкций, утвержденных ректором ЮЗГУ или его заместителями.

Руководители подразделений, начальники отделов и служб несут ответственность за действия студентов, которые привели или могли привести к авариям и травмам согласно действующему в РФ законодательству в зависимости от тяжести последствий в дисциплинарном, административном или уголовном порядке.

Администрация ЮЗГУ вправе взыскать с виновных убытки, понесенные предприятием в результате ликвидации аварии, при возмещении ущерба по временной или постоянной утрате трудоспособности в соответствии с действующим законодательством.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 «ЗВУКИ И СИГНАЛЫ»**

### ***Цель работы:***

формирование представления об основных видах сигналов, формах их описания, а также начальных навыков цифровой обработки с использованием языка программирования Python.

### ***Задачи работы:***

1. Изучить свойства периодических сигналов.
2. Освоить объекты `wave`, `signal`, разложение сигналов в спектр.
3. Получить навыки работы с аудиофайлами.

### ***Материально-техническое оборудование и материалы:***

1. Персональный компьютер с характеристиками не ниже: Intel Pentium 4, оперативная память 512 Мбайт, свободное пространство на жестком диске 1,5 Гбайт, видеокарта с поддержкой OpenGL.
2. Язык программирования Python.
3. Пакеты для работы с числами NumPy (<http://www.numpy.org>), для научных вычислений SciPy (<http://www.scipy.org>), для визуализации Matplotlib (<http://matplotlib.org>).
4. Блокнот Jupyter (<http://jupyter.org>).

### ***План проведения лабораторной работы:***

1. Лабораторной работе предшествует самостоятельная работа студента (СРС), связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

*Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторному занятию:*

- 1.1. Дауни, Аллен Б. Цифровая обработка сигналов на языке Python / Аллен Б. Дауни. - М. : ДМК Пресс, 2017. - 160 с.
- 1.2. Цифровая обработка сигналов : лекции. - 2024. - URL:

<https://github.com/hukenovs/dsp-theory?tab=readme-ov-file> (дата обращения 28.06.2024). - Текст : электронный.

1.3. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие / А.Б. Сергиенко. - 3-е изд. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 768 с.

2. Качество подготовки к лабораторной работе преподаватель оценивает по результатам собеседования. В случае удовлетворительного результата студент может приступить к выполнению лабораторных заданий со 2 пункта раздела «Алгоритм проведения эксперимента», в противном случае студент начинает выполнение лабораторных заданий с 1 пункта раздела «Алгоритм проведения эксперимента».

3. После выполнения всех заданий студент формирует отчёт в соответствии с разделом «Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных» и проходит текущий контроль по успеваемости в соответствии с контрольными маркерами преподавателя.

### ***Алгоритм проведения эксперимента:***

1\*. Для Jupyter загрузите `lec_babanin_01.ipynb` с сайта СНК РТС ЮЗГУ ([vk.com](https://vk.com)), прочитайте пояснения и запустите примеры.

2. Скачайте с сайта СНК РТС ЮЗГУ ([vk.com](https://vk.com)) образец звука, включающий музыку, речь или иные звуки, имеющие чётко выраженную высоту. Выделите примерно полусекундный сегмент, в котором высота постоянна. Вычислите и распечатайте спектр выделенного сегмента. Как связаны тембр звука и гармоническая структура, видимая в спектре?

Используйте `high_pass`, `low_pass` и `band_pass` для фильтрации тех или иных гармоник. Затем преобразуйте спектры обратно в сигнал и прослушайте его. Как звук соотносится с изменениями, сделанными в спектре?

3. Создайте сложный сигнал из объектов `SinSignal` и `CosSignal`, суммируя их. Обработайте сигнал для получения `wave` и прослушайте его. Вычислите `Spectrum` и распечатайте. Что произойдет при добавлении частотных компонент, не кратных



основным?

4. Напишите функцию `stretch`, берущую `wave` и коэффициент изменения. Она должна ускорять или замедлять сигнал изменением `ts` и `framerate`. Подсказка: должно получиться всего две строки кода.

**Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных:**

1. Сформируйте отчёт со следующей структурой: титульный лист, цель и задачи работы, материально-техническое оборудование и материалы, решение поставленных заданий, выводы о проделанной работе.

2. Внесите в отчёт полученные исходные коды и результаты изложенные в заданиях.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 «ГАРМОНИКИ»**

**Цель работы:**

формирование представления об основных типах сигналов, явлении алиасинга (биения) с использованием языка программирования Python.

**Задачи работы:**

1. Изучить треугольные, пилообразные, прямоугольные сигналы.
2. Освоить явление алиасинга (биения) в цифровых системах.
3. Получить навыки работы вычисления спектра.

**Материально-техническое оборудование и материалы:**

1. Персональный компьютер с характеристиками не ниже: Intel Pentium 4, оперативная память 512 Мбайт, свободное пространство на жестком диске 1,5 Гбайт, видеокарта с поддержкой OpenGL.
2. Язык программирования Python.

3. Пакеты для работы с числами NumPy (<http://www.numpy.org>), для научных вычислений SciPy (<http://www.scipy.org>), для визуализации Matplotlib (<http://matplotlib.org>).

4. Блокнот Jupyter (<http://jupyter.org>).

### ***План проведения лабораторной работы:***

1. Лабораторной работе предшествует самостоятельная работа студента (СРС), связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

*Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторному занятию:*

1.1. Дауни, Аллен Б. Цифровая обработка сигналов на языке Python / Аллен Б. Дауни. - М. : ДМК Пресс, 2017. - 160 с.

1.2. Цифровая обработка сигналов : лекции. - 2024. - URL: <https://github.com/hukenovs/dsp-theory?tab=readme-ov-file> (дата обращения 28.06.2024). - Текст : электронный.

1.3. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие / А.Б. Сергиенко. - 3-е изд. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 768 с.

2. Качество подготовки к лабораторной работе преподаватель оценивает по результатам собеседования. В случае удовлетворительного результата студент может приступить к выполнению лабораторных заданий со 2 пункта раздела «Алгоритм проведения эксперимента», в противном случае студент начинает выполнение лабораторных заданий с 1 пункта раздела «Алгоритм проведения эксперимента».

3. После выполнения всех заданий студент формирует отчёт в соответствии с разделом «Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных» и проходит текущий контроль по успеваемости в соответствии с контрольными маркерами преподавателя.

### ***Алгоритм проведения эксперимента:***

1\*. Для Jupyter загрузите `lec_babanin_02.ipynb` с сайта

СНК РТС ЮЗГУ (vk.com), прочитайте пояснения и запустите примеры.

2. пилообразный сигнал линейно нарастает от -1 до 1, а затем резко падает до -1 и повторяется.

Напишите класс, называемый `SawtoothSignal`, расширяющий `signal` и представляющий `evaluate` для оценки пилообразного сигнала.

Вычислите спектр пилообразного сигнала. Как соотносится его гармоническая структура с треугольным и прямоугольным сигналами?

3. Создайте прямоугольный сигнал 1100 Гц и вычислите `wave` с выборками 10 000 кадров в секунду. Постройте спектр и убедитесь, что большинство гармоник «завернуты» из-за биений. Слышны ли последствия этого при проигрывании?

4. Возьмите объект `Spectrum` и распечатайте несколько первых значений `spectrum.fs`. Убедитесь, что они начинаются с нуля, то есть `Spectrum.hs[0]` — амплитуда компоненты с частотой 0. Но что это значит?

Проведите такой эксперимент:

4.1. Создайте треугольный сигнал с частотой 440 Гц и `wave` длительностью 0.01 секунду. Распечатайте сигнал.

4.2. Создайте объект `Spectrum` и распечатайте `Spectrum.hs[0]`. Каковы амплитуда и фаза этого компонента?

4.3. Установите `Spectrum.hs[0] = 100`. Как эта операция повлияет на сигнал? Подсказка: `Spectrum` дает метод, называемый `make_wave`, вычисляющий `wave`, соответствующий `Spectrum`.

5. Напишите функцию, принимающую `Spectrum` как параметр и изменяющую его делением каждого элемента `hs` на соответствующую частоты их `fs`. Подсказка: поскольку деление на ноль не определено, надо задать `Spectrum.hs[0] = 0`.

Проверьте эту функцию, используя прямоугольный, треугольный или пилообразный сигналы:

5.1. Вычислите `Spectrum` и распечатайте его.

5.2. Измените `Spectrum`, вновь используя свою функцию, и распечатайте его.

5.3. Используйте `Spectrum.make_wave`, чтобы сделать `wave`

измененного Spectrum, и прослушайте его. Как эта операция повлияла на сигнал?

6. У треугольных и прямоугольных сигналов есть только нечетные гармоники; в пилообразном сигнале есть и четные и нечетные гармоники. Гармоники прямоугольных и пилообразных сигналов уменьшаются пропорционально  $1/f$ ; гармоники треугольных сигналов — пропорционально  $1/f^2$ . Можно ли найти сигнал, состоящий из четных и нечетных гармоник, спадающих пропорционально  $1/f^2$ ?

Подсказка: для этого есть два способа. Можно собрать желаемый сигнал из синусоид, а можно взять сигнал со спектром, похожим на необходимый, и измерять его параметры.

### **Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных:**

1. Сформируйте отчет со следующей структурой: титульный лист, цель и задачи работы, материально-техническое оборудование и материалы, решение поставленных заданий, выводы о проделанной работе.

2. Внесите в отчет полученные исходные коды и результаты изложенные в заданиях.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 «АПЕРИОДИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ»**

### **Цель работы:**

формирование представления об апериодических сигналах с использованием языка программирования Python.

### **Задачи работы:**

1. Изучить линейный и экспоненциальный chirпы.
2. Освоить предел Габора.
3. Получить навыки работы с оконными функциями.

## ***Материально-техническое оборудование и материалы:***

1. Персональный компьютер с характеристиками не ниже: Intel Pentium 4, оперативная память 512 Мбайт, свободное пространство на жестком диске 1,5 Гбайт, видеокарта с поддержкой OpenGL.
2. Язык программирования Python.
3. Пакеты для работы с числами NumPy (<http://www.numpy.org>), для научных вычислений SciPy (<http://www.scipy.org>), для визуализации Matplotlib (<http://matplotlib.org>).
4. Блокнот Jupyter (<http://jupyter.org>).

## ***План проведения лабораторной работы:***

1. Лабораторной работе предшествует самостоятельная работа студента (СРС), связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

*Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторному занятию:*

1.1. Дауни, Аллен Б. Цифровая обработка сигналов на языке Python / Аллен Б. Дауни. - М. : ДМК Пресс, 2017. - 160 с.

1.2. Цифровая обработка сигналов : лекции. - 2024. - URL: <https://github.com/hukenovs/dsp-theory?tab=readme-ov-file> (дата обращения 28.06.2024). - Текст : электронный.

1.3. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие / А.Б. Сергиенко. - 3-е изд. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 768 с.

2. Качество подготовки к лабораторной работе преподаватель оценивает по результатам собеседования. В случае удовлетворительного результата студент может приступать к выполнению лабораторных заданий со 2 пункта раздела «Алгоритм проведения эксперимента», в противном случае студент начинает выполнение лабораторных заданий с 1 пункта раздела «Алгоритм проведения эксперимента».

3. После выполнения всех заданий студент формирует отчет в соответствии с разделом «Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных» и проходит текущий контроль по

успеваемости в соответствии с контрольными маркерами преподавателя.

### **Алгоритм проведения эксперимента:**

1\*. Для Jupyter загрузите `lec_babanin_03.ipynb` с сайта СНК РТС ЮЗГУ ([vk.com](https://vk.com)), прочитайте пояснения и запустите примеры.

В примере с утечкой замените окно Хэмминга одним из окон, предоставляемых посмотрите, как они влияют на утечку. См. NumPy, <http://docs.scipy.org/doc/numpy/reference/routines.window.html>.

2. Напишите класс, называемый `SawtoothChirp`, расширяющий `Chirp` и переопределяющий `evaluate` для генерации пилообразного сигнала с линейно увеличивающейся (или уменьшающейся) частотой.

Подсказка: надо совместить функции `evaluate` из `Chirp` и `SawtoothSignal`.

Нарисуйте эскиз спектрограммы этого сигнала, а затем распечатайте ее. Эффект биений должен быть очевиден, а если сигнал внимательно прослушать, то биения можно и услышать.

3. Создайте пилообразный чирп, меняющийся от 2500 до 3000 Гц, и на его основе сгенерируйте сигнал длительностью 1 с и частотой кадров 20 кГц. Нарисуйте, каким примерно будет `Spectrum`. Затем распечатайте `Spectrum` и посмотрите, правы ли вы.

4. В музыкальной терминологии глissандо — это нота, меняющаяся от одной высоты до другой, то есть своеобразный чирп.

Найдите или запишите звук глissандо и распечатайте спектрограмму первых нескольких секунд. Для справки: «Rhapsody in Blue» Джорджа Грешвина начинается с известного глissандо на кларнете, и ее можно скачать с СНК РТС ЮЗГУ ([vk.com](https://vk.com)).

5. Тромбонист играет глissандо, непрерывно дует в мунштук и двигая кулису тромбона. При этом общая длина трубы меняется, а играемая нота обратно пропорциональна этой длине.

Если предположить, что музыкант двигает кулису с постоянной скоростью, как будет меняться во времени частота?

Напишите класс, называемый `TromboneGliss`, расширяющий `Chirp` и предоставляющий `evaluate`. Создайте сигнал, имитирующий глissандо на тромбоне от C3 до F3, и обратно до C3. C3 — 262 Гц; F3 – 349 Гц.

Напечатайте спектрограмму полученного сигнала. На что похоже глissандо на тромбоне — на линейный или же экспоненциальный чирп?

6. Сделайте или найдите запись серии гласных звуков и посмотрите на спектрограмму. Сможете ли вы различить разные гласные?

### ***Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных:***

1. Сформируйте отчёт со следующей структурой: титульный лист, цель и задачи работы, материально-техническое оборудование и материалы, решение поставленных заданий, выводы о проделанной работе.

2. Внесите в отчёт полученные исходные коды и результаты изложенные в заданиях.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 «ШУМ»**

### ***Цель работы:***

формирование представления о случайных процессах с использованием языка программирования Python.

### ***Задачи работы:***

1. Изучить типы шумов и формы их представления.
2. Освоить метод вычисления интегрального спектра.
3. Получить навыки обработки различных типов шумов.

### ***Материально-техническое оборудование и материалы:***

1. Персональный компьютер с характеристиками не ниже: Intel

Pentium 4, оперативная память 512 Мбайт, свободное пространство на жестком диске 1,5 Гбайт, видеокарта с поддержкой OpenGL.

2. Язык программирования Python.

3. Пакеты для работы с числами NumPy (<http://www.numpy.org>), для научных вычислений SciPy (<http://www.scipy.org>), для визуализации Matplotlib (<http://matplotlib.org>).

4. Блокнот Jupyter (<http://jupyter.org>).

### ***План проведения лабораторной работы:***

1. Лабораторной работе предшествует самостоятельная работа студента (СРС), связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

*Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторному занятию:*

1.1. Дауни, Аллен Б. Цифровая обработка сигналов на языке Python / Аллен Б. Дауни. - М. : ДМК Пресс, 2017. - 160 с.

1.2. Цифровая обработка сигналов : лекции. - 2024. - URL: <https://github.com/hukenovs/dsp-theory?tab=readme-ov-file> (дата обращения 28.06.2024). - Текст : электронный.

1.3. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие / А.Б. Сергиенко. - 3-е изд. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 768 с.

2. Качество подготовки к лабораторной работе преподаватель оценивает по результатам собеседования. В случае удовлетворительного результата студент может приступить к выполнению лабораторных заданий со 2 пункта раздела «Алгоритм проведения эксперимента», в противном случае студент начинает выполнение лабораторных заданий с 1 пункта раздела «Алгоритм проведения эксперимента».

3. После выполнения всех заданий студент формирует отчет в соответствии с разделом «Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных» и проходит текущий контроль по успеваемости в соответствии с контрольными маркерами преподавателя.



## **Алгоритм проведения эксперимента:**

1\*. Для Jupyter загрузите `lec_babanin_04.ipynb` с сайта СНК РТС ЮЗГУ ([vk.com](https://vk.com)), прочитайте пояснения и запустите примеры.

2. На сайте СНК РТС ЮЗГУ ([vk.com](https://vk.com)) можно послушать множество природных источников шума, включая дождь, волны, ветер и др.

Скачайте некоторые из этих файлов и вычислите спектры каждого сигнала. Похож ли их спектр мощности на белый, розовый или броуновский шум? Как спектр меняется во времени?

3. В шумовом сигнале частотный состав меняется во времени. На большом интервале мощность на всех частотах одинакова, а на коротком мощность на каждой частоте случайна.

Для оценки долговременной средней мощности на каждой частоте можно разорвать сигнал на сегменты, вычислить спектр мощности для каждого сегмента, а затем найти среднее по сегментам. Об этом алгоритме можно прочитать подробнее на странице [http://en.wikipedia.org/wiki/Bartlett's\\_method](http://en.wikipedia.org/wiki/Bartlett's_method) (на англ. яз).

Реализуйте метод Бартлетта и используйте его для оценки спектра мощности шумового сигнала. Подсказка: посмотрите на реализацию `make_spectrogram`.

4. На веб-странице <http://www.coindesk.com/price> можно скачать в виде CSV-файла исторические данные о ежедневной цене BitCoin как функцию времени. Похоже ли это на белый, розовый или броуновский шум?

5. Счетчик Гейгера — прибор для обнаружения радиации. Когда ионизирующие частицы попадают в детектор, на его выходе появляются импульсы тока. Общий выход в определенный момент времени можно смоделировать некоррелированным Пуассоновым шумом (UP), где каждая выборка есть случайное число из распределения Пуассона, соответствующее количеству частиц, обнаруженных за интервал измерения.

Напишите класс, называемый `UncorrelatedPoissonNoise`, наследующий `thinkdsp._Noise` и предоставляющий `evaluate`. Следует использовать `np.random.poisson` для генерации

случайных величин из распределения Пуассона. Параметр этой функции  $\lambda m$  – это среднее число частиц за время каждого интервала. Можно использовать атрибут `amp`, для определения  $\lambda m$ . Например, при частоте кадров 10 кГц и `amp 0.001`, звук будет как у счетчика Гейгера. При больших значениях он будет похож на белый шум. Вычислите и напечатайте спектр мощности и посмотрите, так ли это.

6. Изучите алгоритм Voss-McCartney, так как данный алгоритм считается более эффективным. Реализуйте его, вычислите спектр результата и убедитесь, что соотношение между мощностью и частотой соответствующее.

### ***Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных:***

1. Сформируйте отчёт со следующей структурой: титульный лист, цель и задачи работы, материально-техническое оборудование и материалы, решение поставленных заданий, выводы о проделанной работе.

2. Внесите в отчёт полученные исходные коды и результаты изложенные в заданиях.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 «АВТОКОРРЕЛЯЦИЯ»**

### ***Цель работы:***

формирование представления об автокорреляции сигналов с использованием языка программирования Python.

### ***Задачи работы:***

1. Изучить корреляцию, последовательную корреляцию, автокорреляцию.

2. Освоить автокорреляцию периодических сигналов, корреляцию как скалярное произведение.

3. Получить навыки использования NumPy в задачах вычисления корреляции и автокорреляции.

## ***Материально-техническое оборудование и материалы:***

1. Персональный компьютер с характеристиками не ниже: Intel Pentium 4, оперативная память 512 Мбайт, свободное пространство на жестком диске 1,5 Гбайт, видеокарта с поддержкой OpenGL.
2. Язык программирования Python.
3. Пакеты для работы с числами NumPy (<http://www.numpy.org>), для научных вычислений SciPy (<http://www.scipy.org>), для визуализации Matplotlib (<http://matplotlib.org>).
4. Блокнот Jupyter (<http://jupyter.org>).

## ***План проведения лабораторной работы:***

1. Лабораторной работе предшествует самостоятельная работа студента (СРС), связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

*Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторному занятию:*

1.1. Дауни, Аллен Б. Цифровая обработка сигналов на языке Python / Аллен Б. Дауни. - М. : ДМК Пресс, 2017. - 160 с.

1.2. Цифровая обработка сигналов : лекции. - 2024. - URL: <https://github.com/hukenovs/dsp-theory?tab=readme-ov-file> (дата обращения 28.06.2024). - Текст : электронный.

1.3. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие / А.Б. Сергиенко. - 3-е изд. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 768 с.

2. Качество подготовки к лабораторной работе преподаватель оценивает по результатам собеседования. В случае удовлетворительного результата студент может приступать к выполнению лабораторных заданий со 2 пункта раздела «Алгоритм проведения эксперимента», в противном случае студент начинает выполнение лабораторных заданий с 1 пункта раздела «Алгоритм проведения эксперимента».

3. После выполнения всех заданий студент формирует отчет в соответствии с разделом «Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных» и проходит текущий контроль по

успеваемости в соответствии с контрольными маркерами преподавателя.

### **Алгоритм проведения эксперимента:**

1\*. Для Jupyter загрузите `lec_babanin_05.ipynb` с сайта СНК РТС ЮЗГУ ([vk.com](https://vk.com)), прочитайте пояснения и запустите примеры.

Блокнот Jupyter содержит приложение, в котором можно вычислить автокорреляции для различных `lag`. Оцените высоты тона вокального чирпа для нескольких времен начала сегмента.

2. Пример кода в `lec_babanin_05.ipynb` показывает, как использовать автокорреляцию для оценки основной частоты периодического сигнала. Инкапсулируйте этот код в функцию, названную `estimate_fundamental`, и используйте её для отслеживания высоты тона записанного звука.

Проверьте, насколько хорошо она работает, накладывая оценки высоты тона на спектрограмму записи.

3. Для заданий в предыдущей лабораторной работе были нужны исторические цены BitCoins, и надо было оценить спектр мощности изменения цен. Используйте те же данные, вычислите автокорреляционную функцию? Есть ли признаки периодичности процесса?

4. На сайте СНК РТС ЮЗГУ ([vk.com](https://vk.com)) есть блокнот Jupyter по названию `saxophone.ipynb`, в котором исследуется автокорреляция, восприятие высоты тона и явление, называемое *подавленная основная*. Прочтите этот блокнот и освоите примеры. Выберите другой сегмент записи и вновь поработайте с примерами.

У Ви Харт (Vi Hart) есть отличное видео под названием «Так что же там с шумами? (Наука и математика звука, частота и высота тона)». Она демонстрирует феномен подавленной основной и объясняет, как воспринимается высота тона (по крайней мере, насколько об этом известно). См. [https://www.youtube.com/watch?v=i\\_0DXxNeaQ0](https://www.youtube.com/watch?v=i_0DXxNeaQ0).

## **Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных:**

1. Сформируйте отчёт со следующей структурой: титульный лист, цель и задачи работы, материально-техническое оборудование и материалы, решение поставленных заданий, выводы о проделанной работе.
2. Внесите в отчёт полученные исходные коды и результаты изложенные в заданиях.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 «ДИСКРЕТНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ»**

### ***Цель работы:***

формирование представления о прямом и обратном дискретном преобразовании Фурье с использованием языка программирования Python.

### ***Задачи работы:***

1. Изучить комплексные экспоненты, комплексные сигналы.
2. Освоить задачи синтеза, синтез с матрицами, задачи анализа, эффективный анализ.
3. Получить навыки работы с дискретным преобразованием Фурье (ДПФ) реальных сигналов.

### ***Материально-техническое оборудование и материалы:***

1. Персональный компьютер с характеристиками не ниже: Intel Pentium 4, оперативная память 512 Мбайт, свободное пространство на жестком диске 1,5 Гбайт, видеокарта с поддержкой OpenGL.
2. Язык программирования Python.
3. Пакеты для работы с числами NumPy (<http://www.numpy.org>), для научных вычислений SciPy (<http://www.scipy.org>), для визуализации Matplotlib (<http://matplotlib.org>).
4. Блокнот Jupyter (<http://jupyter.org>).

## ***План проведения лабораторной работы:***

1. Лабораторной работе предшествует самостоятельная работа студента (СРС), связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

*Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторному занятию:*

1.1. Дауни, Аллен Б. Цифровая обработка сигналов на языке Python / Аллен Б. Дауни. - М. : ДМК Пресс, 2017. - 160 с.

1.2. Цифровая обработка сигналов : лекции. - 2024. - URL: <https://github.com/hukenovs/dsp-theory?tab=readme-ov-file> (дата обращения 28.06.2024). - Текст : электронный.

1.3. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие / А.Б. Сергиенко. - 3-е изд. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 768 с.

2. Качество подготовки к лабораторной работе преподаватель оценивает по результатам собеседования. В случае удовлетворительного результата студент может приступить к выполнению лабораторных заданий со 2 пункта раздела «Алгоритм проведения эксперимента», в противном случае студент начинает выполнение лабораторных заданий с 1 пункта раздела «Алгоритм проведения эксперимента».

3. После выполнения всех заданий студент формирует отчёт в соответствии с разделом «Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных» и проходит текущий контроль по успеваемости в соответствии с контрольными маркерами преподавателя.

## ***Алгоритм проведения эксперимента:***

1\*. С сайта СНК РТС ЮЗГУ (vk.com) загрузите `lec_babanin_06.ipynb` прочитайте пояснения и запустите примеры.

2. В лекциях показано, как выразить ДПФ и обратное ДПФ произведениями матриц. Время выполнения этих операций

пропорционально  $N^2$ , где  $N$  – длина массива сигнала. Во многих случаях этого достаточно, но есть алгоритм и побыстрее — быстрое преобразование Фурье (БПФ); время его работы пропорционально  $N \log N$ .

Ключ к БПФ — это лемма Дэниелсона-Ланцоша (Danielson-Lanczos):

$$\text{DFT}(y)[n] = \text{DTF}(e)[n] + \exp(-2\pi i n/N) \text{DFT}(o)[n],$$

где  $\text{DFT}(y)[n]$  – это  $n$ -й элемент ДПФ от  $y$ ,  $e$  и  $o$  — массивы сигнала, содержащие соответственно четные и нечетные элементы  $y$ .

Эта лемма предлагает рекурсивный алгоритм для ДПФ:

1) Дан массив сигнала  $y$ . разделим его на четные элементы  $e$  и нечетные элементы  $o$ .

2) Вычислим ДПФ  $e$  и  $o$ , делая рекурсивные вызовы.

3) Вычислим  $\text{DFT}(y)$  для каждого значения  $n$ , используя лемму Дэниелсона-Ланцоша.

В простейшем случае эту рекурсию надо продолжать, пока длина  $y$  не дойдет до 1. Тогда  $\text{DFT}(y)=y$ . А если длина  $y$  достаточно мала, можно вычислить его ДПФ перемножением матриц, используя заранее вычисленные матрицы.

Подсказка: реализовывать этот алгоритм стоит постепенно, начав с нерекурсивной версии. На шаге 2, вместо того чтобы делать рекурсивный вызов, используйте `dft`, как показано в лекционном материале, или `np.fft.fft`. Отладьте шаг 3 и проверьте, согласуются ли результаты с другими реализациями. Затем обавьте случай и убедитесь, что он работает. И наконец, замените шаг 2 на рекурсивные вызовы.

Примечание: помните, что ДПФ периодично; попробуйте применить `np.tile`.

О БПФ можно прочитать подробнее в Википедии: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Быстрое\\_преобразование\\_Фурье](https://ru.wikipedia.org/wiki/Быстрое_преобразование_Фурье).

## **Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных:**

1. Сформируйте отчёт со следующей структурой: титульный лист, цель и задачи работы, материально-техническое оборудование и материалы, решение поставленных заданий, выводы о проделанной работе.
2. Внесите в отчёт полученные исходные коды и результаты изложенные в заданиях.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7 «ФИЛЬТРАЦИЯ И СВЕРТКА»**

### ***Цель работы:***

формирование представления об свертке и линейной фильтрации сигналов с использованием языка программирования Python.

### ***Задачи работы:***

1. Изучить сглаживание, свертку, теорему о свертке.
2. Освоить особенности оконных функций.
3. Получить навыки осуществления эффективных свертки и автокорреляции.

### ***Материально-техническое оборудование и материалы:***

1. Персональный компьютер с характеристиками не ниже: Intel Pentium 4, оперативная память 512 Мбайт, свободное пространство на жестком диске 1,5 Гбайт, видеокарта с поддержкой OpenGL.
2. Язык программирования Python.
3. Пакеты для работы с числами NumPy (<http://www.numpy.org>), для научных вычислений SciPy (<http://www.scipy.org>), для визуализации Matplotlib (<http://matplotlib.org>).
4. Блокнот Jupyter (<http://jupyter.org>).



## ***План проведения лабораторной работы:***

1. Лабораторной работе предшествует самостоятельная работа студента (СРС), связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

*Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторному занятию:*

1.1. Дауни, Аллен Б. Цифровая обработка сигналов на языке Python / Аллен Б. Дауни. - М. : ДМК Пресс, 2017. - 160 с.

1.2. Цифровая обработка сигналов : лекции. - 2024. - URL: <https://github.com/hukenovs/dsp-theory?tab=readme-ov-file> (дата обращения 28.06.2024). - Текст : электронный.

1.3. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие / А.Б. Сергиенко. - 3-е изд. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 768 с.

2. Качество подготовки к лабораторной работе преподаватель оценивает по результатам собеседования. В случае удовлетворительного результата студент может приступать к выполнению лабораторных заданий со 2 пункта раздела «Алгоритм проведения эксперимента», в противном случае студент начинает выполнение лабораторных заданий с 1 пункта раздела «Алгоритм проведения эксперимента».

3. После выполнения всех заданий студент формирует отчет в соответствии с разделом «Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных» и проходит текущий контроль по успеваемости в соответствии с контрольными маркерами преподавателя.

## ***Алгоритм проведения эксперимента:***

1\*. С сайта СНК РТС ЮЗГУ ([vk.com](https://vk.com)) загрузите `lec_babanin_07.ipynb` прочитайте пояснения и запустите примеры.

В блокноте есть виджет, где можно экспериментировать с параметрами гауссова окна и изучить их влияние на частоту среза.

Что случится, если при увеличении ширины гауссова окна `std`

не увеличивать число экспериментов в окне  $M$ ?

2. В лекциях утверждается, что преобразование Фурье гауссовой кривой — также гауссова кривая. Для дискретного преобразования Фурье это соотношение приблизительно верно.

Попробуйте его на нескольких примерах. Что происходит с преобразованием Фурье, если меняется  $std$ ?

3. В более ранних лекциях изучалось влияние на утечки спектра окна Хэмминга и некоторых других, предоставляемых NumPy. Глубже понять эти окна можно, изучив их ДПФ.

В дополнение к Гауссову окну, использованному в лекции, создайте окно Хэмминга тех же размеров. Дополните окно нулями и напечатайте его ДПФ. Какое окно больше подходит для фильтра НЧ? Полезно напечатать ДПФ с логарифмическим масштабом по  $y$ .

Поэкспериментируйте с разными окнами и разными размерами этих окон.

**Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных:**

1. Сформируйте отчёт со следующей структурой: титульный лист, цель и задачи работы, материально-техническое оборудование и материалы, решение поставленных заданий, выводы о проделанной работе.

2. Внесите в отчёт полученные исходные коды и результаты изложенные в заданиях.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8 «ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ И ИНТЕГРИРОВАНИЕ»**

**Цель работы:**

формирование представления о дифференцировании и интегрировании сигналов с использованием языка программирования Python.

### ***Задачи работы:***

1. Изучить конечные разности.
2. Освоить дифференцирование, интегрирование, нарастающую сумму.
3. Получить навыки работы интегрирования шума.

### ***Материально-техническое оборудование и материалы:***

1. Персональный компьютер с характеристиками не ниже: Intel Pentium 4, оперативная память 512 Мбайт, свободное пространство на жестком диске 1,5 Гбайт, видеокарта с поддержкой OpenGL.
2. Язык программирования Python.
3. Пакеты для работы с числами NumPy (<http://www.numpy.org>), для научных вычислений SciPy (<http://www.scipy.org>), для визуализации Matplotlib (<http://matplotlib.org>).
4. Блокнот Jupyter (<http://jupyter.org>).

### ***План проведения лабораторной работы:***

1. Лабораторной работе предшествует самостоятельная работа студента (СРС), связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

*Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторному занятию:*

1.1. Дауни, Аллен Б. Цифровая обработка сигналов на языке Python / Аллен Б. Дауни. - М. : ДМК Пресс, 2017. - 160 с.

1.2. Цифровая обработка сигналов : лекции. - 2024. - URL: <https://github.com/hukenovs/dsp-theory?tab=readme-ov-file> (дата обращения 28.06.2024). - Текст : электронный.

1.3. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие / А.Б. Сергиенко. - 3-е изд. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 768 с.

2. Качество подготовки к лабораторной работе преподаватель оценивает по результатам собеседования. В случае удовлетворительного результата студент может приступать к

выполнению лабораторных заданий со 2 пункта раздела «Алгоритм проведения эксперимента», в противном случае студент начинает выполнение лабораторных заданий с 1 пункта раздела «Алгоритм проведения эксперимента».

3. После выполнения всех заданий студент формирует отчет в соответствии с разделом «Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных» и проходит текущий контроль по успеваемости в соответствии с контрольными маркерами преподавателя.

### ***Алгоритм проведения эксперимента:***

1. С сайта СНК РТС ЮЗГУ (vk.com) загрузите `lec_babanin_08.ipynb` прочитайте пояснения и запустите примеры.

2. В лекции «Нарастающая сумма» отмечено, что некоторые примеры не работают с апериодическими сигналами. Замените периодический пилообразный сигнал на непериодические данные Facebook и посмотрите, что пойдет не так.

3. В этом задании изучается влияние `diff` и `differentiate` на сигнал. Создайте треугольный сигнал и напечатайте его. Примените `diff` к сигналу и напечатайте результат. Вычислите спектр треугольного сигнала, примените `differentiate` и напечатайте результат. Преобразуйте спектр обратно в сигнал и напечатайте его. Есть ли различия в воздействии `diff` и `differentiate` на этот сигнал?

4. В данном задании изучается влияние `cumsum` и `integrate` на сигнал. Создайте прямоугольный сигнал и напечатайте его. Примените `cumsum` и напечатайте результат. Вычислите спектр прямоугольного сигнала, примените `integrate` и напечатайте результат. Преобразуйте спектр обратно в сигнал и напечатайте его. Есть ли различия в воздействии `cumsum` и `integrate` на этот сигнал?

5. В данном задании изучается влияние двойного интегрирования. Создайте пилообразный сигнал, вычислите его спектр, а затем дважды примените `integrate`. Напечатайте результирующий сигнал и его спектр. Какова математическая форма сигнала? Почему он напоминает синусоиду?

6. В данном задании изучается влияние второй разности и

второй производной. Создайте CubicSignal, определенный в thinkdsp. Вычислите вторую разность, дважды применив diff. Как выглядит результат? Вычислите вторую производную, дважды применив differentiate к спектру. Похожи ли результаты?

Распечатайте фильтры, соответствующие второй разнице и второй производной, и сравните их. Подсказка: для того чтобы получить фильтры в одном масштабе, используйте сигнал с частотой кадров 1.

**Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных:**

1. Сформируйте отчёт со следующей структурой: титульный лист, цель и задачи работы, материально-техническое оборудование и материалы, решение поставленных заданий, выводы о проделанной работе.

2. Внесите в отчёт полученные исходные коды и результаты изложенные в заданиях.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9 «ЛИНЕЙНЫЕ СТАЦИОНАРНЫЕ СИСТЕМЫ»**

**Цель работы:**

формирование представления о линейных стационарных системах с использованием языка программирования Python.

**Задачи работы:**

1. Изучить особенности сигналов и систем, окон и фильтров.
2. Освоить доказательство теоремы о свертке.
3. Получить навыки работы с цифровыми фильтрами.

**Материально-техническое оборудование и материалы:**

1. Персональный компьютер с характеристиками не ниже: Intel Pentium 4, оперативная память 512 Мбайт, свободное пространство на

жестком диске 1,5 Гбайт, видеокарта с поддержкой OpenGL.

2. Язык программирования Python.

3. Пакеты для работы с числами NumPy (<http://www.numpy.org>), для научных вычислений SciPy (<http://www.scipy.org>), для визуализации Matplotlib (<http://matplotlib.org>).

4. Блокнот Jupyter (<http://jupyter.org>).

### ***План проведения лабораторной работы:***

1. Лабораторной работе предшествует самостоятельная работа студента (СРС), связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем.

*Рекомендуемая литература для подготовки к лабораторному занятию:*

1.1. Дауни, Аллен Б. Цифровая обработка сигналов на языке Python / Аллен Б. Дауни. - М. : ДМК Пресс, 2017. - 160 с.

1.2. Цифровая обработка сигналов : лекции. - 2024. - URL: <https://github.com/hukenovs/dsp-theory?tab=readme-ov-file> (дата обращения 28.06.2024). - Текст : электронный.

1.3. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие / А.Б. Сергиенко. - 3-е изд. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 768 с.

2. Качество подготовки к лабораторной работе преподаватель оценивает по результатам собеседования. В случае удовлетворительного результата студент может приступать к выполнению лабораторных заданий со 2 пункта раздела «Алгоритм проведения эксперимента», в противном случае студент начинает выполнение лабораторных заданий с 1 пункта раздела «Алгоритм проведения эксперимента».

3. После выполнения всех заданий студент формирует отчет в соответствии с разделом «Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных» и проходит текущий контроль по успеваемости в соответствии с контрольными маркерами преподавателя.

### **Алгоритм проведения эксперимента:**

1. С сайта СНК РТС ЮЗГУ (vk.com) загрузите `lec_babanin_09.ipynb` прочитайте пояснения и запустите примеры.

2. В лекции «Системы и свертка» свертка описана как сумма сдвинутых и масштабируемых копий сигнала.

А в лекции «Акустическая характеристика» умножение ДПФ сигнала на передаточную функцию соответствует круговой свертке, но в предположении периодичности сигнала. В результате можно заметить, что на выходе, в начале фрагмента, слышна лишняя нота, «затекшая» из конца этого фрагмента.

К счастью, есть стандартное решение этой проблемы. Если перед вычислением ДПФ добавить достаточно нулей в конец сигнала, эффекта «заворота» можно избежать.

Измените пример в `lec_babanin_9.ipynb` и убедитесь, что дополнение нулями устраняет лишнюю ноту в начале фрагмента.

3. Библиотека Open AIR (свободный эфир) — это «централизованный... онлайн-ресурс для тех, кто интересуется аурализацией и данными акустической импульсной характеристики» (<http://www.openairlib.net>). Просмотрите эту коллекцию импульсных характеристик и скачайте ту, звучание которой интереснее. Найдите короткие записи с той же частотой дискретизации, что и у скачанной импульсной характеристики.

Смоделируйте двумя способами звучание записи в том пространстве, где была измерена импульсная характеристика, как сверткой самой записи с импульсной характеристикой, так и умножением ДПФ записи на вычисленный фильтр, соответствующий импульсной характеристике.

### **Алгоритм обработки полученных экспериментальных данных:**

1. Сформируйте отчет со следующей структурой: титульный лист, цель и задачи работы, материально-техническое оборудование и материалы, решение поставленных заданий, выводы о проделанной работе.

2. Внесите в отчёт полученные исходные коды и результаты изложенные в заданиях.

## **ФОРМА ОТЧЕТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ О ВЫПОЛНЕННОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ**

Отчёт должен быть оформлен с помощью редактора «LibreOffice» или «Мой Офис» (.odt).

Параметры страницы:

1. верхнее поле – 2 см;
2. нижнее поле – 2 см;
3. левое поле – 2 см;
4. правое поле – 1 см;
5. переплет – 0 см;
6. размер бумаги – А4;
7. различать колонтитулы первой страницы.

Шрифт текста Liberation Serif, 14 пунктов, через 1,5 интервала, выравнивание по ширине, первая строка с отступом 1,5 см. Номер страницы внизу, по центру, 14 пунктов.

Формулы должны быть набраны с клавиатуры и с использованием команды «Вставка→Объект→Формула...».

Отчёт обучающегося о выполненной лабораторной работе должен содержать:

1. название дисциплины, номер и название лабораторной работы;
2. фамилию и инициалы автора, номер группы;
3. фамилию и инициалы преподавателя;
4. дату выполнения и личную подпись;
5. цель занятия;
6. материально-техническое оборудование и материалы;
7. последовательность действий проведения исследований;
8. вывод о проделанной работе.

Форма титульного листа отчета представлена в приложении А.

Результаты различных измерений необходимо представить в виде нескольких самостоятельных таблиц и графиков. Каждая таблица и каждый график должны иметь свой заголовок и исходные данные эксперимента.



При выполнении численных расчетов надо записать формулу определяемой величины, сделать соответствующую численную подстановку и произвести вычисления.

## **ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕННОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

Оценка «отлично» выставляется студенту, если лабораторная работа выполнена правильно в установленное преподавателем время или с опережением времени, при этом студент выбран наиболее эффективный способ выполнения задания.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если лабораторная работа выполнена правильно в установленное преподавателем время, типовым способом и допущено наличие несущественных недочетов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если при выполнении лабораторной работы допущены ошибки некритического характера и (или) превышено установленное преподавателем время.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если лабораторная работа не выполнена или при его выполнении допущены грубые ошибки.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

По результатам выполнения лабораторных работ студентом :

1. изучены периодические сигналы и их спектры, представлены ключевые объекты в библиотеке `thinkdsp: signal, wave` и `spectrum`;

2. рассмотрены гармонические структуры простых сигналов и записей музыкальных инструментов, исследован эффект биений;

3. с помощью спектрограмм исследованы чирпы и другие звуки изменяющимися во времени спектрами;

4. сгенерированы и проанализированы шумовые сигналы, охарактеризованы природные источники шума;

5. использована автокорреляционная функция для оценки высоты тона и дополнительной оценки шума;

6. использованы комплексные экспоненты для синтеза комплексных сигналов, и обращен процесс разработки ДПФ, реализовано быстрое преобразование Фурье (БПФ), один из самых важных алгоритмов XX века;

7. изучены сглаживание, свертка и теорема о свертке, связывающая операции сглаживания во временной области и с фильтрацией в частотной области;

8. исследованы дифференцирование и интегрирование в виде линейных фильтров, то есть основы спектральных методов решения дифференциальных уравнений;

9. изучены начала теории ЛС-систем, а теорема о свертке применена для описания таких систем по их импульсной характеристике.