

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 м² при рядном и центральном расположении, при расположении по периметру помещения – 4 м². 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 м².

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), прочитайте пояснения и запустите примеры.

2. Скачайте с сайта СНК РТС ЮЗГУ (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 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 №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), прочитайте пояснения и запустите примеры.

В примере с утечкой замените окно Хэмминга одним из окон, предоставляемыхи 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 3000Гц, 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).

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), прочитайте пояснения и запустите примеры.

2. На сайте СНК РТС ЮЗГУ (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 (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 λ – это среднее число частиц за время каждого интервала. Можно использовать атрибут `amp`, для определения λ . 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), 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) 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 о объясняет, как воспринимается высота тона (по крайней мере, насколько об этом известно). См. 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.

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 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_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 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. 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 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 №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.