

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна
Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
Федерального университета
Дата подписания: 23.08.2023 14:42:14
Уникальный программный ключ:
d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине
«ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ»
для направления подготовки **09.03.02 Информационные системы и технологии**
направленность (профиль) **Информационные системы и технологии обработки цифрового
контента**

**Пятигорск
2022**

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

ВВЕДЕНИЕ

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями изучения дисциплины «Основы цифровой обработки сигналов» являются формирование набора общепрофессиональной компетенции бакалавра по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии», четких представлений о фундаментальных положениях теории цифровой обработки сигналов; обучение основам аналитических и численных методов расчета и анализа цифровых преобразователей

измерительных сигналов; развитие навыков проектирования цифровых измерительных преобразователей, обработки экспериментальных результатов и их анализа.

Задачи изучения дисциплины «Основы цифровой обработки сигналов» - создание оптимальных условий обучения дисциплине с учетом уровня подготовки студентов в области математики, физики и электроники.

2.Наименование лабораторных занятий

№ Темы дисциплины	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Из них практическая подготовка, часов
7 семестр			
1	Исследование характеристик простейших КИХ-фильтров	1,5	
2	Исследование свойств различных видов окон	1,5	
3	Исследование и применение дискретного преобразования Фурье	1,5	
4	Синтез и исследование КИХ-фильтров	1,5	
	Итого за 7 семестр	6	
	Итого	6	

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Лабораторная работа 1

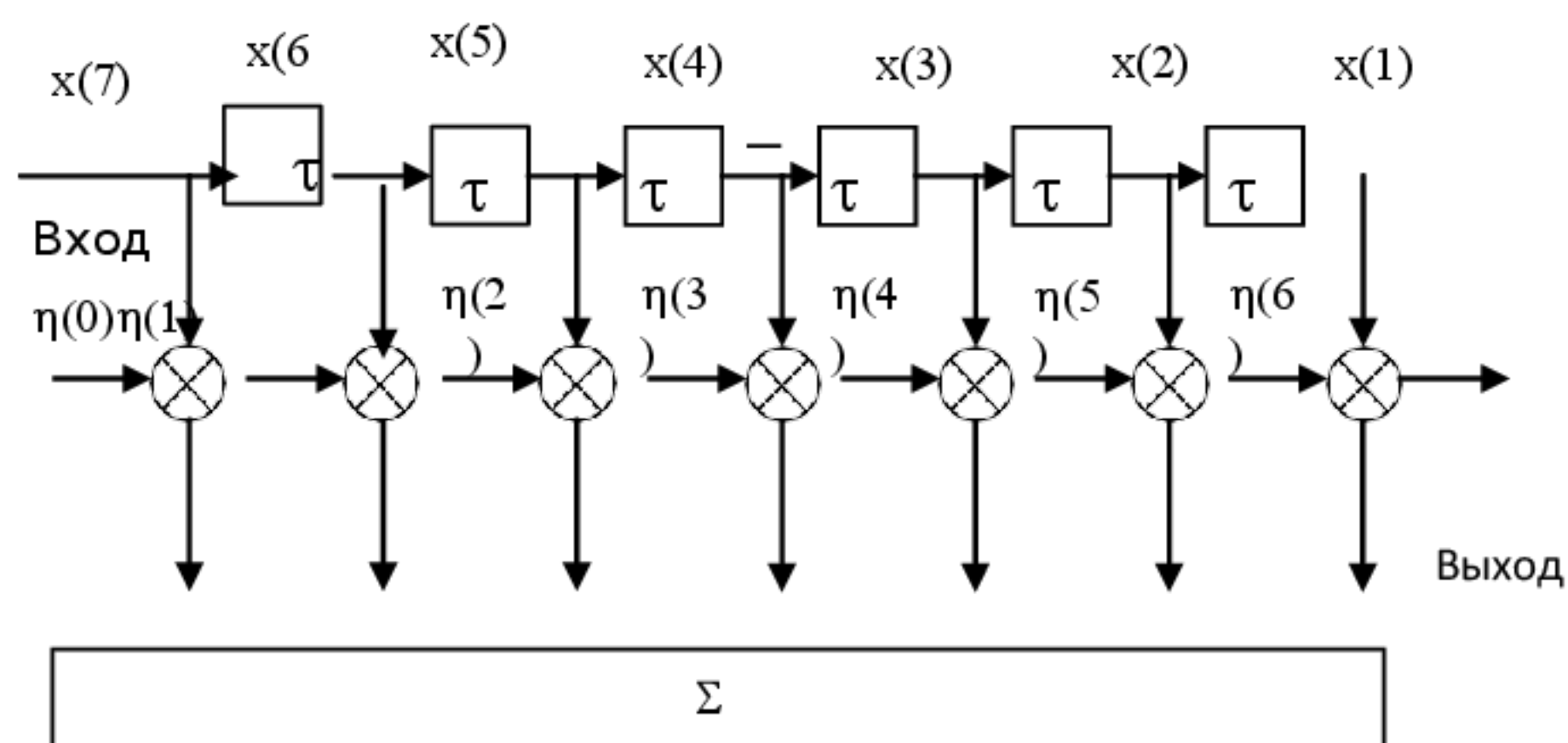
Исследование характеристик простейших КИХ-фильтров

Цель работы: получение основных понятий о работе цифровых КИХ-фильтров и приобретение практических навыков их исследования на ЭВМ.

Теоретическое обоснование

Работу простейшего фильтра с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтра) можно пояснить на элементарном примере. Предположим, что имеется некоторый набор экспериментальных данных в виде таблицы входных отсчетов, например, ежедневные замеры температуры воздуха. Для того, чтобы уяснить общие тенденции в изменении данных, без учета отклонений, вызванных случайными факторами, рассчитывается среднее арифметическое за некоторый период, например за последние 7 дней. Каждый новый выходной отсчет получается путем сдвига усредняемой выборки на один день. При этом выходной отсчет соответствует по времени середине усредняемой выборки, то есть задержан относительно последнего входного отсчета на $(7-1)/2=3$ дня.

Устройство, реализующее указанную последовательность действий $y(1)$ можно реализовать в виде набора логических и арифметических модулей:



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

время τ ;

- X – умножитель; Σ – сумматор;
- $x(n)$, $n = 0, \dots, \infty$ – входные отсчеты;
- $y(n)$, $n = 0, \dots, \infty$ – выходные отсчеты;
- $h(n)$, $n = 0, \dots, N-1$ коэффициенты;

Приведенная схема является типичной схемой КИХ-фильтра порядка N . В нашем случае $N = 7$, а все $h(n)$ равны между собой и равны $1/7$. Если на вход такого фильтра подать один отсчет с амплитудой, равной 1, на выходе получим последовательность из 7 отсчетов с амплитудой $1/7$, – импульсную характеристику фильтра. Заметим, что импульсная характеристика имеет конечную длину, что и определяет название данного типа фильтра, а ее отсчеты совпадают с коэффициентами фильтра. В рассмотренном примере импульсная характеристика имеет прямоугольную форму.

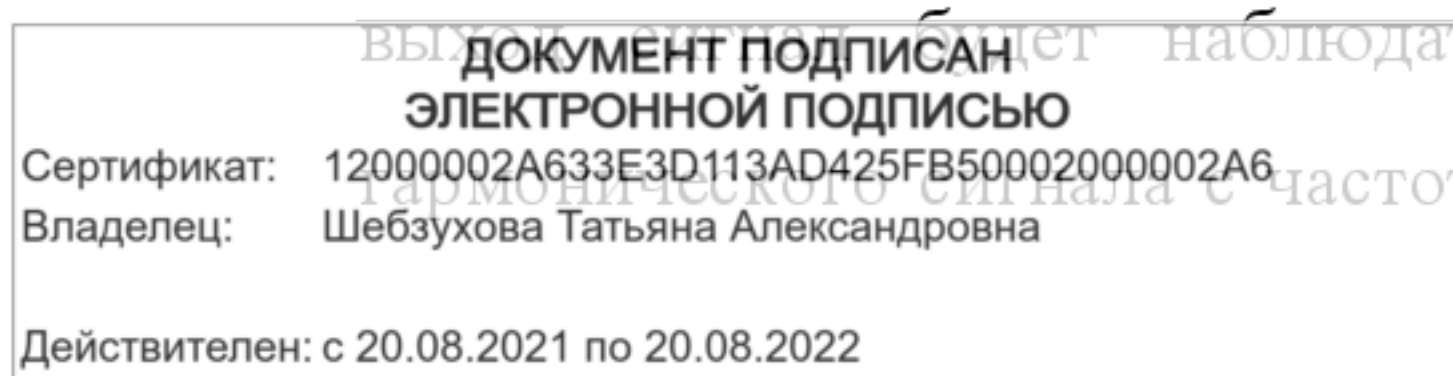
С точки зрения теории цифровых фильтров это означает, что частотная характеристика такого фильтра определяется выражением:

$$H(f) = \frac{\sin(N \frac{\omega\tau}{2})}{N \sin(\frac{\omega\tau}{2})} \times e^{-j\omega\tau \frac{N-1}{2}} \quad (1)$$

Согласно этой формуле рассмотренный фильтр (назовем его усредняющим) является фильтром нижних частот (ФНЧ) с линейной фазочастотной характеристикой (ФЧХ). На частотах $\omega_k = 2\pi k / (N\tau)$ при $k=1, \dots, \infty$, $H(\omega) = 0$. Это видно и из схемы фильтра. Действительно, при частоте гармонического сигнала ω_k , в линии задержки фильтра укладывается целое количество периодов, и усреднение приводит к нулевому выходу.

Если коэффициенты КИХ-фильтра подчиняются синусоидальному закону: $h(n) = \sin(\omega_0 n\tau)$ то, как очевидно следует из схемы на рисунке, макс

наблюдаться при воздействии на вход фильтра гармонического сигнала с частотой ω_0 . АЧХ такого фильтра пред-



ставляет собой наложение двух АЧХ предыдущего фильтра, сдвинутых на $\pm\omega_0$ относительно нулевой частоты. Таким образом, рассматриваемый фильтр из ФНЧ преобразуется в полосовой. Однако ФЧХ такого фильтра не обязательно будет линейной. Условием линейности ФЧХ является симметрия (или антисимметрия) импульсной характеристики фильтра.

Примечание: если ω_0 расположена близко к нулю, то максимум АЧХ может иметь незначительное смещение относительно ω_0 за счет наложения отрицательной и положительной частей АЧХ.

Групповое время задержки (ГВЗ) $d(\omega)$ рассчитывается как производная по частоте от ФЧХ: $d(\omega) = \frac{d\varphi(\omega)}{d\omega}$. При линейной ФЧХ ГВЗ не зависит от частоты.

Задания к лабораторной работе

1. Построить частотные характеристики (АЧХ, ФЧХ, ГВЗ) усредняющего КИХ-фильтра.
2. Задать входной сигнал в виде суммы двух синусоидальных колебаний и шума. Построить спектр сигнала до, и после фильтрации.
3. Получить экспериментальным путем зависимость ГВЗ от порядка фильтра.
4. Изменить импульсную характеристику фильтра так, чтобы он выделял верхнюю по частоте гармоническую составляющую входного сигнала. Построить частотные характеристики (АЧХ, ФЧХ, ГВЗ), импульсную характеристику и спектр выходного сигнала.
5. Если ФЧХ получилась нелинейной и ГВЗ зависит от частоты, измените импульсную характеристику фильтра так, чтобы добиться линейности

ФЧХ и постоянства ГВЗ.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Методика выполнения работы

1. Задать коэффициенты КИХ-фильтра M -ного порядка, равными $1/M$ – усредняющий фильтр ($M=\# + 10$), где $\#$ – номер варианта.

2. Найти комплексную частотную характеристику фильтра с помощью процедуры

$$[H, F] = \text{freqz}(B, A, N, 'whole', Fs),$$

где H – комплексная ЧХ из которой с помощью $20 \cdot \log_{10}(\text{abs}(H))$ и $\text{unwrap}(\text{ANGLE}(H))$ получают АЧХ в дБ и ФЧХ. N – количество точек ЧХ ($N=2^{12}$), B – вектор коэффициентов КИХ-фильтра, $A=1$ для КИХ-фильтров, Fs – частота дискретизации ($Fs=1.2288 \cdot 4 \text{ МГц}$), F – частотная ось абсцисс для вывода ЧХ на графике, процедура **unwrap** устраняет скачки на 2π в ФЧХ, параметр 'whole' означает вывод ЧХ в пределах от 0 до Fs .

3. Найти ГВЗ фильтра с помощью процедуры

$$[Gd, F] = \text{grpdelay}(B, A, N, 'whole', Fs),$$

где Gd – ГВЗ в отсчетах. (Для получения ГВЗ в секундах необходимо умножить Gd на τ).

4. Построить графики АЧХ: $\text{abs}(H)$, ФЧХ и ГВЗ в одних осях с помощью процедуры **plot**.

5. Задать входной сигнал в виде:

$$s = s1 + s2 + 0.1 \cdot \text{Noise};$$

$$s1(n) = \sin(2 \cdot \pi \cdot f1 \cdot n \cdot \tau)$$

$$s2(n) = \sin(2 \cdot \pi \cdot f2 \cdot n \cdot \tau);$$

$n = 0, \dots, N-1$, $N=2^{12}$ $\tau = 1/Fs$; $\text{Noise} = \text{randn}(1, N)$ – процедура генерации нормально распределенного белого шума с длиной выборки N , $f1 = (700 + \# \cdot 10) \text{ кГц}$, $f2 = 1200 \text{ кГц}$;

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

7. Профильтровать входной сигнал с помощью процедуры $Y = \text{filter}(B,A,X)$, где Y , X – выходной и входной процессы, B , A – коэффициенты фильтра.

8. Найти спектр выходного сигнала с помощью процедуры **fft**.

9. Построить графики амплитудных спектров входного и выходного сигнала (**abs(fft)**) один над другим с помощью процедуры **subplot**. В качестве частотной оси можно использовать последовательность F из п.2.2.

10. Изменяя порядок фильтра M экспериментально найти зависимость ГВЗ от его порядка M .

11. Умножить вектор коэффициентов B на $\sin(2\pi f_1 n \tau)$, $n=0, \dots, M-1$, для своего M .

12. Повторить пп. 2.2 и 2.3.

13. Найти импульсную характеристику фильтра с помощью процедуры

$$[I,T] = \text{impz}(B,A),$$

где I – искомая импульсная характеристика, T – ось времени.

14. Построить график импульсной характеристики с помощью процедуры **stem**(T,I);

15. Изменяя фазу $\sin(2\pi f_1 n \tau)$, добиться симметрии импульсной характеристики относительно центра. При четном M центр располагается между отсчетами.

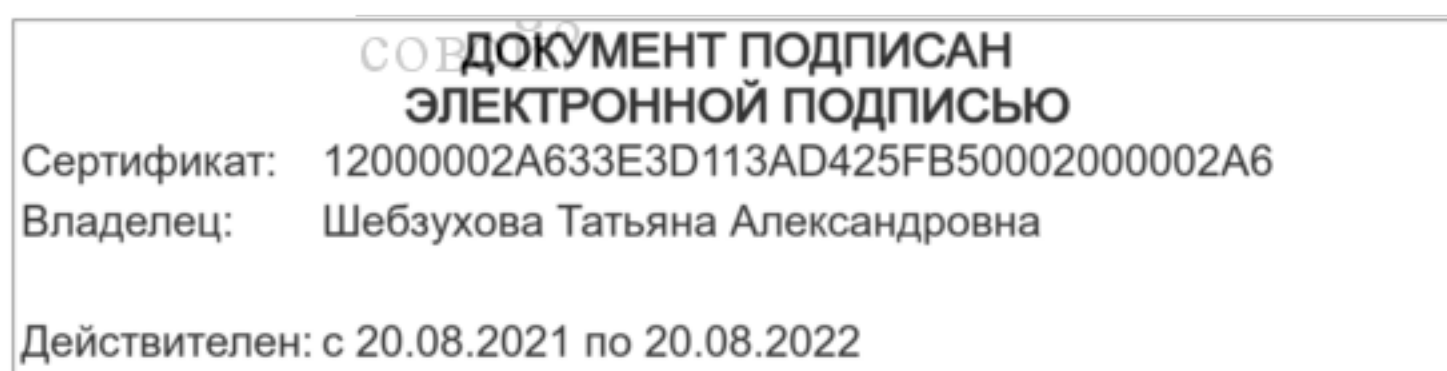
16. Убедиться в линейности ФЧХ и постоянстве ГВЗ.

Вопросы для защиты работы

1. Как зависит ГВЗ от порядка фильтра?

2. При каких условиях ГВЗ не зависит от частоты?

3. Что надо сделать для преобразования КИХ-фильтра из ФНЧ в поло-



Содержание отчета и его форма

Отчет должен быть представлен в виде файла с именем *lab1_#.m*, содержащим текст программы с подробными комментариями и файла с именем *фамилия_лаб1_вариант#.doc*, с ответами на контрольные вопросы.

Лабораторная работа 2

Исследование и применение дискретного преобразования Фурье

Цель работы: приобретение практических навыков работы с дискретным преобразованием Фурье (ДПФ).

Теоретическое обоснование

Дискретное преобразование Фурье применяется для дискретизированных во времени периодических процессов. Допустим, имеется некоторая выборка из n временных отсчетов $x(n)$, $n = 0, \dots, N-1$. Причем, предполагается, что за пределами указанного интервала данная выборка периодически повторяется. Тогда ДПФ вычисляется по формуле:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j2\pi nk / N} \quad (1)$$

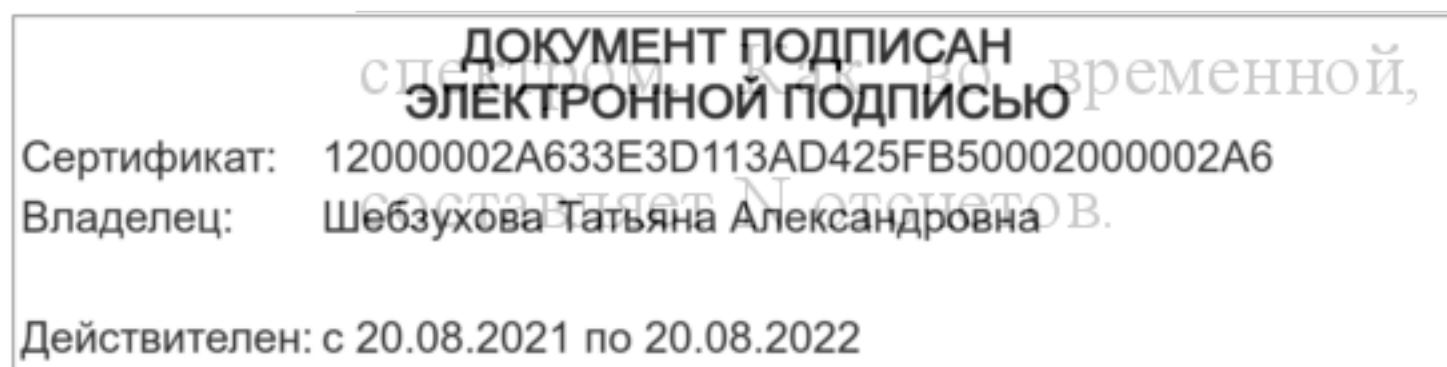
и представляет собой последовательность комплексных дискретных спектральных отсчетов равномерно распределенных на отрезке частотной оси от 0 до частоты дискретизации F_s . За пределами указанного интервала эта последовательность также периодически повторяется.

Обратное ДПФ (ОДПФ) вычисляется по формуле:

$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k) e^{j2\pi nk} \quad (2)$$

То, существует взаимно однозначное соответствие между периодическим дискретным процессом и его периодическим дискретным

спектром, так и в спектр области длина периода

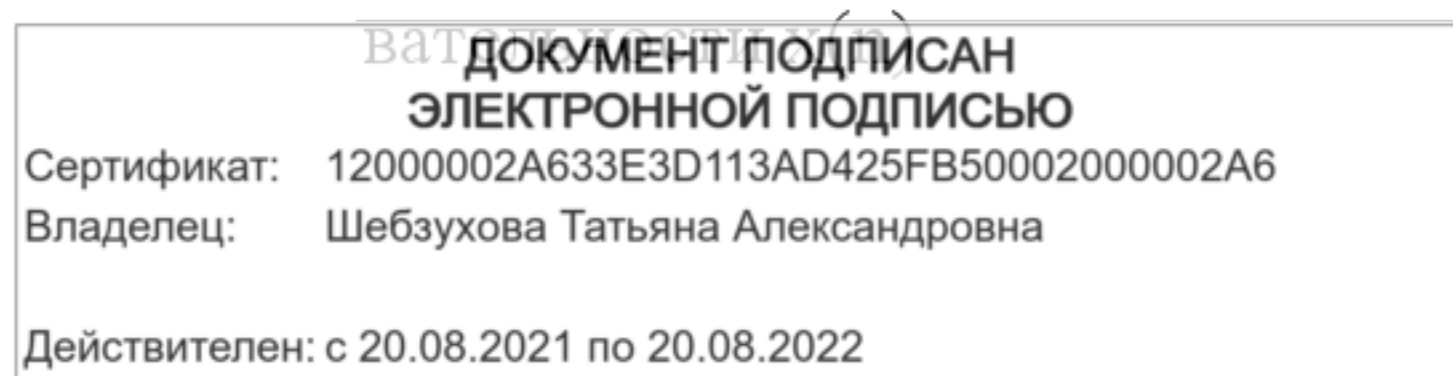


Из формул (1) и (2) видно, что ДПФ и ОДПФ требует N^2 арифметических операций. Однако, если $N=2^m$, где m – любое натуральное число возможно применение быстрого преобразования Фурье (БПФ), и обратного быстрого преобразования Фурье (ОБПФ), для выполнения которых требуется приблизительно $\frac{N}{2} \cdot \log_2 N$ операций. Если $N=2^{10}$, то БПФ работает приблизительно в 200 раз быстрее по сравнению с ДПФ. И этот выигрыш возрастает с ростом N . При этом результаты ДПФ и БПФ полностью совпадают.

Важным практическим применением преобразования Фурье является спектральный анализ аддитивной смеси сигнала и помех. Если ширина спектра и амплитуда полезного сигнала и помехи заметно различаются, это может быть использовано для подавления помех. Предположим, что имеется узкополосная, большая по амплитуде помеха на фоне широкополосного сигнала. В этом случае подавление помехи может осуществляться методом режекции спектральных составляющих, превышающих некоторый порог.

На границах временной выборки функция $x(n)$, как правило, испытывает разрыв. Это приводит к расширению основания спектра и затрудняет подавление помех. Эффект расширения спектра можно ослабить путем плавного уменьшения отсчетов выборки при движении от ее центра к краям, что осуществляется за счет умножения отсчетов временной выборки на отсчеты функции окна. Более подробно свойства различных функций окон будут исследованы в следующей лабораторной работе.

В MATLAB вычисление спектра выполняется с помощью процедуры FFT (Fast Fourier Transform): $X=FFT(x)$. FFT(x) вычисляет ДПФ от последо-



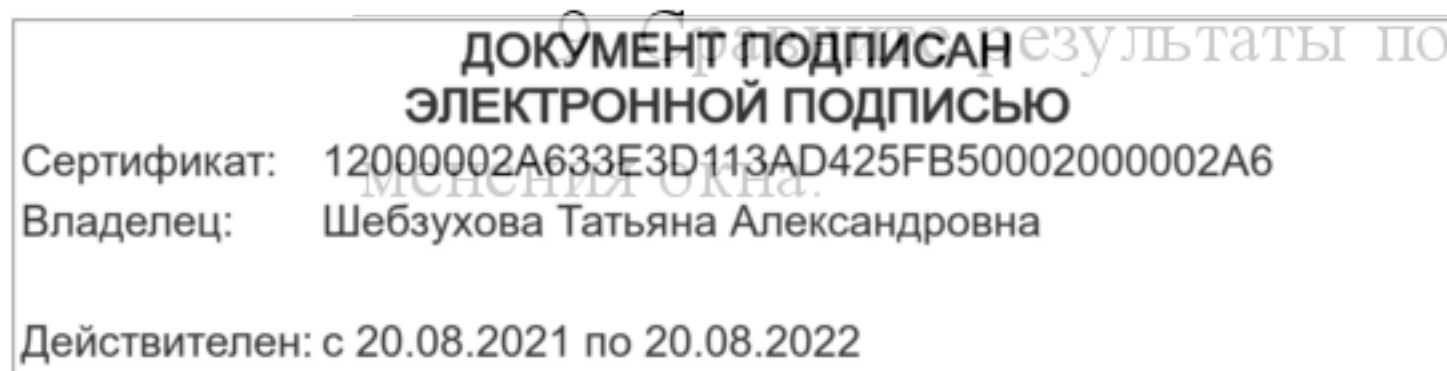
Если длина $x(n)$ равна 2^m , где m – целое, то для вычисления спектра процедура FFT использует более быстрый алгоритм – быстрое преобразование Фурье (БПФ).

Если длина $X(k)$ равна 2^m , где m – целое, то для вычисления спектра процедура IFFT использует обратное быстрое преобразование Фурье (ОБПФ).

Функция окна Хэмминга вычисляются в виде вектора-столбца с помощью процедуры $W = \text{hamming}(n)$, где n – длина последовательности. При умножении на последовательность $x(n)$ необходимо использовать транспонированный вектор окна W' .

Задания к лабораторной работе

1. Задайте входной процесс в виде суммы полезного ЧМ сигнала и АМ помехи.
2. Найдите спектр входного процесса и спектр помехи.
3. Исключите помеху методом непосредственной обработки спектра.
4. Перейдите обратно во временную область.
5. Найдите разность полезного и выходного сигнала.
6. Сравните временные диаграммы исходного процесса, полученного выходного сигнала, исходного полезного сигнала (без помехи) и разности полезного и выходного сигнала.
7. Рассматривая вышеприведенную разность как аддитивную помеху, вычислить отношение сигнал/помеха в децибелах до и после подавления помехи.
8. Умножьте входной процесс на окно Хэмминга и повторите п.п. 1.2 – 1.7



Методика выполнения работы

1. Задайте входной процесс $s_{\text{in}}(n)$ в виде суммы полезного ЧМ сигнала:

$$\text{signal} = \sin(w_0 * t_s * n + (w_d/w_m) * \sin(w_m * t_s * n) + 1),$$

и помехи:

$$\text{interference} = A * (1 + 0.5 * \sin(2 * \pi * 0.01 * F_s * t_s * n)) * \sin((w_0 + 0.7 * w_d) * t_s * n),$$

где $w_0 = 2 * \pi * (0.1 + \# * 0.005) * F_s$, $w_d = (0.07 + \# * 0.003) * F_s$, $A = 2.5 + \# * 0.05$, $\#$ - номер варианта, $w_m = 2 * \pi * 0.001 * F_s$, $F_s = 4 \text{ МГц}$ – частота дискретизации, $t_s = 1/F_s$, $n = 0, \dots, 10000$,

2. Найдите спектр входного процесса и спектр помехи с помощью процедуры **fft** и построить график его модуля: **abs(fft(...))**

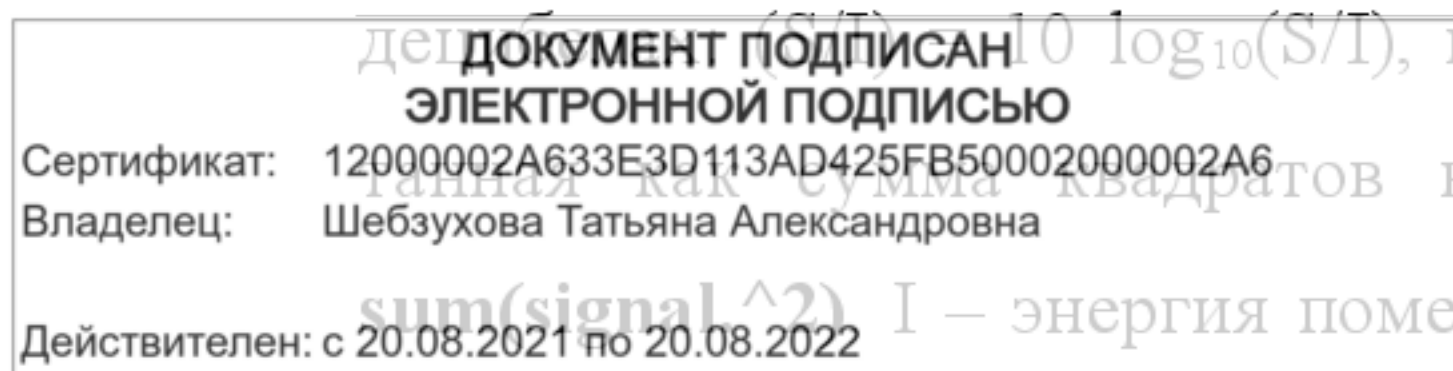
3. Проанализируйте полученный спектр и определить наименьший пороговый уровень, выше которого располагаются только спектральные составляющие помехи. С помощью процедуры **find** обнулить все спектральные составляющие, лежащие выше порога. (Графики спектров входного процесса, помехи и процесса с подавленной помехой построить в одном окне с использованием функции **subplot(3,1,*)**).

4. Перейдите от спектра к временному процессу с помощью процедуры **ifft**.

5. Найдите разность исходного полезного сигнала и полученного процесса с подавленной помехой (при идеальном подавлении помехи эта разность оказалась бы нулевой). Построить в одном окне графики исходного процесса, полезного сигнала, процесса с подавленной помехой и найденной разности.

6. Найдите отношение сигнал/помеха до и после подавления помехи в

децибелы: $10 \log_{10}(S/I)$, где S – энергия полезного сигнала, рассчитанная как сумма квадратов временных отсчетов сигнала по формуле $\text{sum}(\text{signal}^2)$, I – энергия помехи. (После подавления помехи в качестве I



рассчитывается энергия разности сигнала и процесса с подавленной помехой).

7. Умножьте сигнал и помеху на окно Хэмминга после чего повторите п.п. 2.1 – 2.5. При выполнении п.2.4 и п.2.5 использовать полезный сигнал и помеху, умноженные на окно.

8. Сравните спектры, временные диаграммы и значения (S/I) до и после применения окна.

Вопросы для защиты работы

1. Почему разность сигнала и процесса с подавленной помехой не равна нулю?
2. Каким образом можно автоматизировать вычисление порога для подавления помехи, если заранее известно, что спектр сигнала значительно шире спектра помехи, а амплитуда помехи больше амплитуды сигнала?
3. По какой причине пороговый уровень следует минимизировать?
4. За счет чего улучшается подавление помехи при использовании окна?

Содержание отчета и его форма

Отчет должен быть представлен в виде файла с именем *lab2_#.m*, содержащим текст программы с подробными комментариями и файла с именем *фамилия_лаб2_вариант#.doc*, с ответами на контрольные вопросы.

Лабораторная работа 3

Исследование свойств различных видов окон

Цель работы: приобретение практических навыков применения различных видов окон при исследовании спектров сигналов.

Теоретическое обоснование

Для нахождения спектра сигнала используется преобразование Фурье (для дискретизированных сигналов это Дискретное Преобразование Фурье или ДПФ). Как правило, преобразование Фурье берется от

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB500020000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

конечных временных выборок сигнала, что приводит к искажению спектра. Причина в том, что взятие конечной временной выборки от длительного сигнала эквивалентно умножению его на прямоугольную функцию – функцию окна, равную единице в пределах выборки и равную нулю за ее пределами.

При умножении двух функций во временной области из спектр находится как свертка спектров исходных функций. Поэтому на спектр длительного процесса накладывается функция $\sin(x)/x$ – спектр прямоугольного окна, боковые выбросы которой затухают достаточно медленно, со скоростью 6 дБ на октаву. Образно говоря, резкое ограничение временной выборки приводит к звону в спектре, что затрудняет различение близко лежащих спектральных компонент.

Исключение составляет тот случай, когда в выборке, взятой из периодического процесса, укладывается целое количество периодов от периодического процесса.

Для того, чтобы ослабить искажения спектра, при формировании временных выборок применяются другие оконные функции, плавно затухающие по краям. В спектре таких функций боковые выбросы малы по сравнению с главным (центральным лепестком) и быстро затухают при удалении от центра.

Таблица 3.1 Виды окон и соответствующие им стандартные процедуры MATLAB

Название окна	Процедура MATLAB
Прямоугольное	$w = \text{boxcar}(n)$
Треугольное	$w = \text{triang}(n)$
Cos^2 (фон Ханна)	$w = \text{hanning}(n)$
Хэмминга	$w = \text{hamming}(n)$
Блэкмана	$w = \text{blackman}(n)$
Каисера	$w = \text{kaiser}(n, \text{beta})$

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

1. Параметр β ($\beta > 1$) в окне Кайзера определяет высоту боковых выбросов. С ростом β боковые выбросы уменьшаются, а главный лепесток расширяется.

2. Окна задаются в виде столбца из n элементов, поэтому перед умножением на сигнал w необходимо транспонировать.

Таблица 3.2. Сравнительные характеристики окон

Окно:	Прямо- уголь- ное	Тре- угольное	фон Ханна	Хэммин- га	Блэк- мэна	Кайзе- ра $\alpha = 3.0$
Ширина главного лепестка по уровню бдБ	0.0242	0.0356	0.04	0.036	0.047	0.0478
Полная ширина главного лепестка	0.04	0.08	0.08	0.1	0.14	0.14 -70дБ
Высота наибольшего бокового выброса (дБ)	-13	-27	-32	-43	-58	-69
Скорость затухания боковых лепестков (дБ/окт)	-6	-12	-18	-6	-18	-6

Примечание: ширина главного лепестка приводится в относительных частотах (при $F_s = 1$).

Для окна фон Ханна существует экономичный способ нахождения спектра методом свертки спектра окна со спектром не взвешенной (с прямоугольным окном) последовательности по формуле:

$$Y(k) = \frac{1}{2} \left[Y(k) - \frac{1}{2} [Y(k-1) + Y(k+1)] \right], \quad (1)$$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Таким образом, вместо n операций умножения исходной выборки на окно выполняется сложение смещенных на один отсчет спектров и два деления на 2, которые в цифровой обработке выполняются простым сдвигом на один разряд влево.

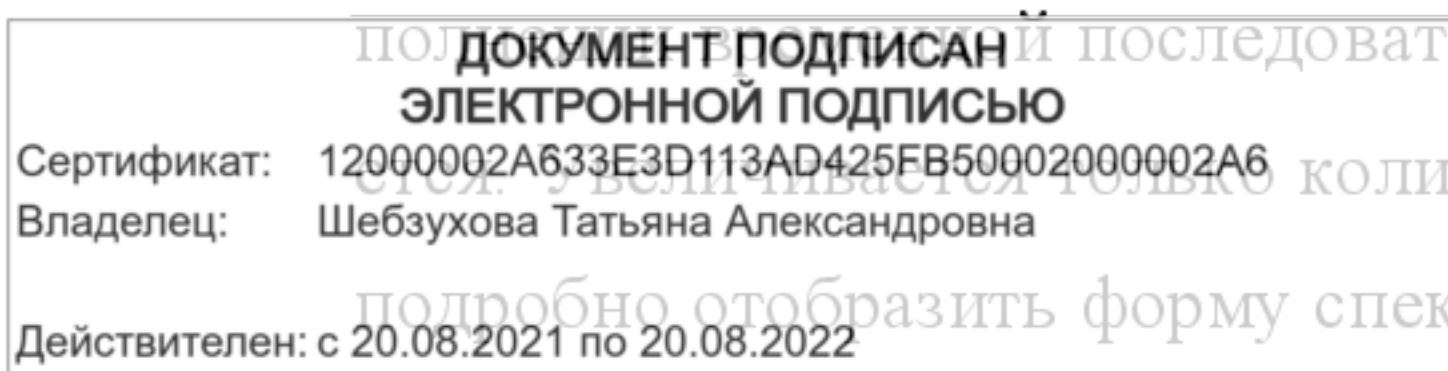
Задания к лабораторной работе

1. Найдите спектры перечисленных во введении видов окон
2. Постройте графики спектров всех окон в дБ. Сравните параметры окон с табличными (Табл.2).
3. Постройте в одних осях спектры окна Кайзера для нескольких β . Найдите β , при котором высота первого бокового выброса не превышает -66дБ относительно главного лепестка.
4. Задайте входной процесс в виде суммы АМ сигнала, тонального сигнала и шума.
5. Найдите спектры для входного процесса, применяя все перечисленные окна. Постройте графики спектров в одном окне и сравните спектры между собой. Обратите внимание на соотношение уровней сигнала и наличие боковых составляющих АМ сигнала.
6. Найдите спектр процесса с окном фон Ханна по формуле (1), построить его в одних осях со спектром, найденным обычным способом и сравнить.
7. Повторите п.п.1.4, 1.5 для $\# = 0$.

Методика выполнения работы

1. Задайте временные последовательности окон w , приведенных в таблице 1. Длина окна $n=50$. Транспонировать полученные последовательности и дополнить их последовательностью из 500 нулей: $[w' \ z(1,500)]$. При до-

получении последовательности нулями форма ее спектра не меняется. Количество точек в спектре, что позволяет более подробно отобразить форму спектра.

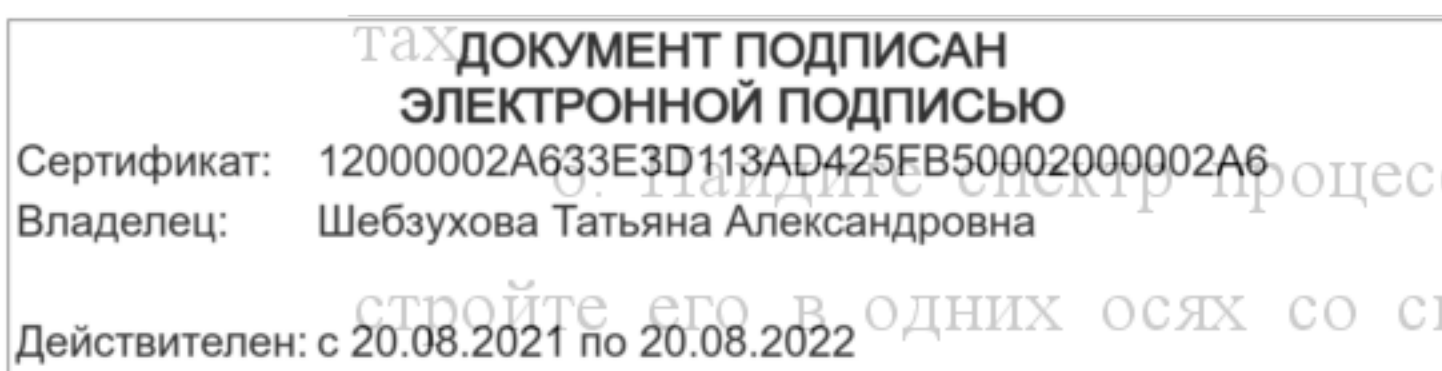


2. Найдите спектры всех графиков с помощью **fft**. Постройте графики всех спектров в дБ в одном окне с использованием оператора **subplot(3,2,k)**. Озаглавьте каждый график, используя оператор **title**. Для удобства сравнения все графики построите в одинаковом масштабе по оси ординат, используя оператор **axis**. Масштаб по оси абсцисс задать в относительных частотах (от 0 до 1). Для того, чтобы главный лепесток спектра окна располагался в центре графика, примените оператор **fftshift(fft(...))**. Сравните параметры окон с табличными (Табл.2).

3. Постройте в одних осях спектры окна Кайзера для нескольких **beta**. Найдите **beta**, при котором высота первого бокового выброса не превышает -66дБ относительно главного лепестка. При анализе спектров использовать оператор **zoom**.

4. Задайте входной процесс в виде суммы АМ сигнала, тонального сигнала и нормально распределенного белого шума: частота дискретизации: $F_s = 2\text{МГц}$, частота АМ сигнала $f_1 = (100+\#)\text{кГц}$, частота модуляции АМ сигнала $f_m = 0.01F_s$, глубина модуляции АМ сигнала 30%, средняя амплитуда АМ сигнала $A_1=1$, частота тонального сигнала $f_2=(160+\#)$, амплитуда тонального сигнала $A_2=0.01$, амплитуда шума (СКО) $A_n=0.0005$, количество отсчетов процесса $N=300$, $\#$ - номер варианта.

5. Перейдите к относительным частотам f/F_s . Найдите спектры для входного процесса, применяя все перечисленные окна. Постройте графики спектров в одном окне, используя операторы **subplot(3,2,k)**. Озаглавьте каждый график, используя оператор **title**. Сравните спектры между собой. Для удобства сравнения все графики постройте в одинаковом масштабе по оси ординат, используя оператор **axis**. Ось абсцисс взять в относительных частотах.



сравните. В качестве $Y(k)$ выберите спектр с прямоугольным окном. При сложении со смещенными спектрами недостающие крайние отсчеты считать нулевыми.

7. Повторить п.п.1.4, 1.5 для $\# \neq 0$. Сопоставить спектры с прямоугольным окном и графики временных процессов для $\# \neq 0$ и вашего $\#$.

Вопросы для защиты работы

1. С каким из окон наблюдается наилучшее разделение сигналов?
2. С каким из окон наблюдается наилучшее разделение несущей и боковых составляющих АМ сигнала? В чем причина?
3. Выберите окно с которым достигается компромисс между разделением двух сигналов и выявлением структуры АМ сигнала.
4. В чем причина медленного спада боковых выбросов окна Хэмминга?
5. В каком из окон быстрый спад боковых выбросов сочетается с узким центральным лепестком? В чем недостаток этого окна?
6. В чем причина резкого улучшения разрешающей способности в спектре с прямоугольным окном при $\# \neq 0$?

Содержание отчета и его форма

Отчет должен быть представлен в виде файла с именем *lab3_#.m*, содержащим текст программы с подробными комментариями и файла с именем *фамилия_лаб3_вариант#.doc*, с ответами на контрольные вопросы.

Лабораторная работа 4

Синтез и исследование КИХ-фильтров

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН: приобретение практических навыков разработки КИХ-фильтров

ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Теоретическое обоснование

Наиболее простым и наглядным методом разработки КИХ-фильтров является метод окна. Известно, что отсчеты импульсной характеристики цифрового фильтра $h(n)$ связаны с его частотной характеристикой $H(\omega)$ соотношением дискретного ряда Фурье:

$$h(n) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} H(\omega) e^{j\omega n} d\omega, \quad (1)$$

Для фильтра нижних частот с идеально прямоугольной амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ) и частотой среза ω_0 получаем:

$$h(n) = \frac{1}{2} \int_{-\omega_0}^{\omega_0} e^{j\omega n} d\omega = \frac{\omega_0}{\pi} \text{Sinc}\left(\frac{\omega_0}{\pi} n\right), \quad (2)$$

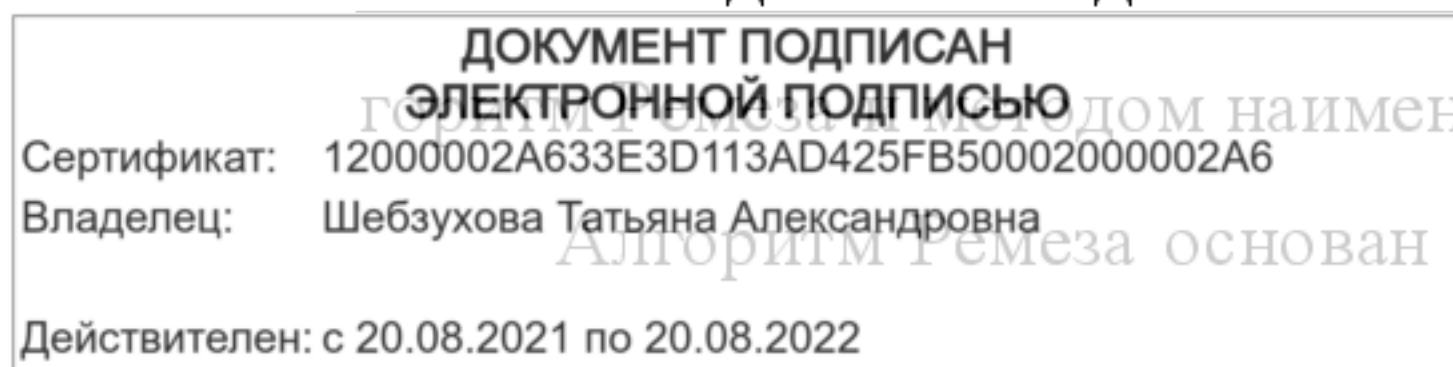
где n изменяется от $-\infty$ до $+\infty$.

Очевидно, что реализация КИХ-фильтра с такой характеристикой невозможна. Для построения реального КИХ-фильтра необходимо ограничить $h(n)$ конечным числом отсчетов N , где N – порядок фильтра. При этом линейность фазочастотной характеристики (ФЧХ) обеспечивается за счет симметрии отсчетов импульсной характеристики $h(n)$ относительно центра, а максимум огибающей $h(n)$ определяет групповую задержку фильтра.

Импульсная характеристика, полученная таким образом, имеет резкие спады по краям, что приводит к появлению выбросов в АЧХ. Для сглаживания этих выбросов необходимо перемножить вектор его коэффициентов $h(n)$ с одним из окон.

Более точное отображение желаемой АЧХ достигается оптимизационными методами: методом Чебышевской аппроксимации, использующим алгоритм Ремеза методом наименьших квадратов.

Алгоритм Ремеза основан на теории наилучшей равномерной аппрок-



симации Чебышева и позволяет проектировать оптимальные фильтры.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Фильтры оптимальны в том смысле, что минимизируются максимальные отклонения действительной АЧХ от желаемой. При этом все максимальные отклонения оказываются равными между собой. Соотношение ошибок аппроксимации в полосе пропускания и полосе подавления задается с помощью весовой функции. Например, если в полосе пропускания значение весовой функции равно 1, а в полосе подавления равно 10, то точность аппроксимации в полосе подавления будет в 10 раз выше.

Метод наименьших квадратов, в отличие от алгоритма Ремеза, минимизирует суммарное среднеквадратичное отклонение желаемой АЧХ от действительной и в этом смысле является оптимальным. Это означает, что отдельные отклонения АЧХ, полученной по методу наименьших квадратов могут оказаться больше, чем в АЧХ, полученной по алгоритму Ремеза. Но общее среднеквадратичное отклонение будет наименьшим.

Среди перечисленных методов метод Ремеза обеспечивает наибольшую крутизну спада АЧХ при прочих равных условиях. Групповая задержка D всех видов КИХ-фильтров с линейной ФЧХ зависит только от порядка N и определяется по формуле:

$$D = (N-1)/2. \quad (3)$$

При выполнении рабочего задания потребуются следующие стандартные процедуры MATLAB.

Процедура `fir2` рассчитывает коэффициенты фильтра методом окна.

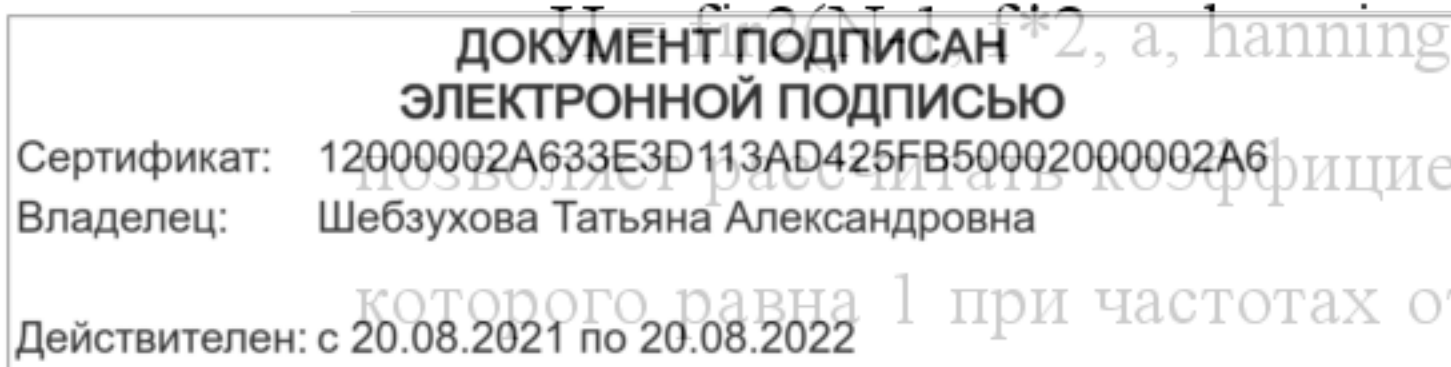
Например, последовательность операторов:

$N = 30;$

$F = [0 \ 0.2 \ 0.3 \ 0.5];$

$A = [1 \ 1 \ 0 \ 0];$

$h = \text{fir2}(N-1, f*2, a, \text{hanning}(N));$



коэффициенты фильтра h 30 порядка, желаемая АЧХ которого равна 1 при частотах от 0 до $0.2*F_s$ (полоса пропускания), и 0 при

частотах от $0.3 \cdot F_s$ до $0.5 \cdot F_s$ (полоса подавления). В полосе от $0.2 \cdot F_s$ до $0.3 \cdot F_s$ на АЧХ не накладывается ограничений. F_s – частота дискретизации в Гц.

В процедуре `fir2`, как и в других подобных процедурах MATLAB все частоты пронумерованы относительно частоты Найквиста: $F_n = F_s/2$. Поэтому в качестве аргумента частот в `fir2` подставляется не f , а $2 \cdot f$. Кроме того, вместо порядка фильтра N , равного длине импульсной характеристики, подставляется номер ее максимального отсчета при нумерации от 0 до $N-1$.

Процедура `firls` рассчитывает коэффициенты фильтра методом наименьших квадратов.

Например, последовательность операторов:

`N=30;`

`F = [0 0.2 0.3 0.5];`

`A = [1 1 0 0];`

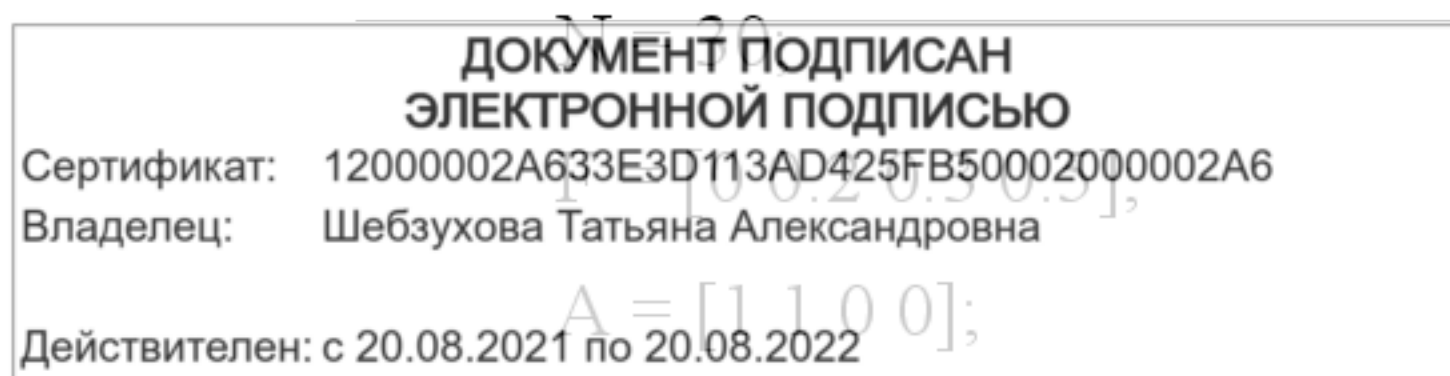
`Weight = [5, 1];`

`H = fir2(N-1, f*2, a, weight);`

позволяет рассчитать коэффициенты фильтра h 30 порядка, желаемая АЧХ которого равна 1 при частотах от 0 до $0.2 \cdot F_s$, и 0 при частотах от $0.3 \cdot F_s$ до $0.5 \cdot F_s$. Причем точность аппроксимации в полосе пропускания в 5 раз выше, чем в полосе подавления за счет применения весовой функции `weight`. При отсутствии весовой функции среди аргументов процедуры **firls** точность аппроксимации одинакова во всех полосах.

Процедура `remez` рассчитывает коэффициенты фильтра методом чебышевской аппроксимации по алгоритму Ремеза.

Например, последовательность операторов:



$\text{Weight} = [5, 1];$

$H = \text{remez}(N-1, f*2, a, \text{weight});$

позволяет рассчитать коэффициенты фильтра h 30 порядка, требуемая АЧХ которого равна 1 при частотах от 0 до $0.2*F_s$, и 0 при частотах от $0.3*F_s$ до $0.5*F_s$.

Во всех перечисленных процедурах может быть задана и более сложная АЧХ за счет соответствующих векторов f и a .

Процедура $[h, n] = \text{impz}(b, a);$ позволяет находить отсчеты импульсной характеристики h и их номера n для цифровых фильтров по их коэффициентам b и a . Для КИХ-фильтров $a = 1$, а $h = b$.

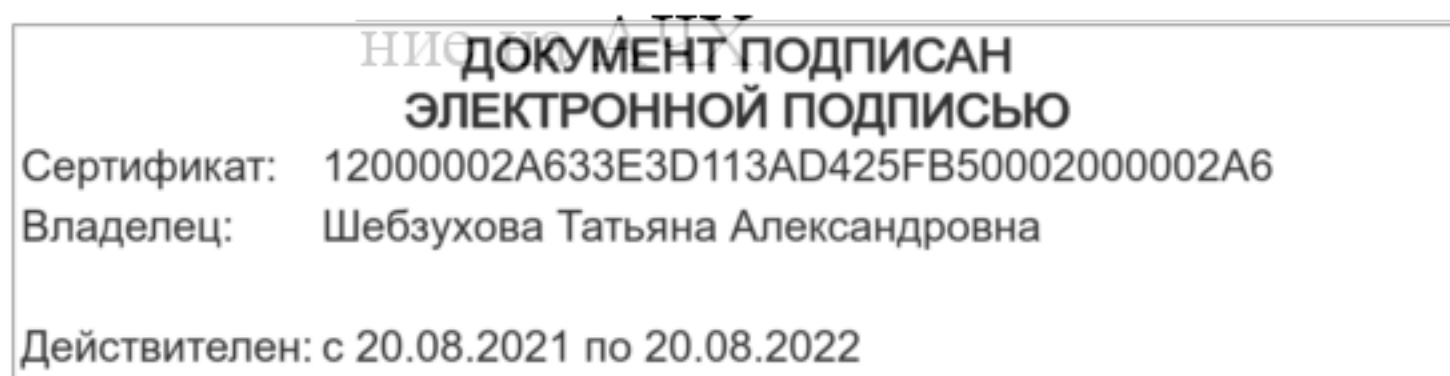
Задания к лабораторной работе

1. Рассчитайте коэффициенты КИХ-фильтра нижних частот заданного порядка, с помощью формулами (1) и (2) с использованием окна и без него. Постройте частотные и импульсные характеристики для обоих случаев.

2. Синтезируйте три фильтра нижних частот с одинаковой частотой среза, используя методом окна, Ремеза и наименьших квадратов и построить их АЧХ и импульсные характеристики.

3. Увеличьте порядок фильтров синтезированных по методу окна и методу наименьших квадратов таким образом, чтобы крутизна спада АЧХ сравнялась с крутизной фильтра Ремеза. Постройте импульсные характеристики трех фильтров. По импульсным характеристикам определите задержки для трех фильтров и сравните их с расчетными, полученными из формулы (3).

4. Для фильтров, синтезированных по методу Ремеза и наименьших квадратов, ввести некоторую весовую функцию. Проанализируйте ее влия-



Методика выполнения работы

1. Рассчитайте коэффициенты $h(n)$ фильтра порядка $N = 60 - \#$, где $\#$ – номер варианта, и частотой среза $F = 0.12 + \#/100$, пользуясь формулой (2). Постройте график импульсной характеристики фильтра. Она должна быть симметричной. Для достижения симметрии при четном N использовать сдвиг n на $\frac{1}{2}$. Постройте АЧХ фильтра. Для сглаживания выбросов АЧХ применить одно из окон. Постройте импульсную характеристику и АЧХ на тех же графиках, что и для предыдущего случая. Оцените, как влияет форма импульсной характеристики на форму АЧХ.

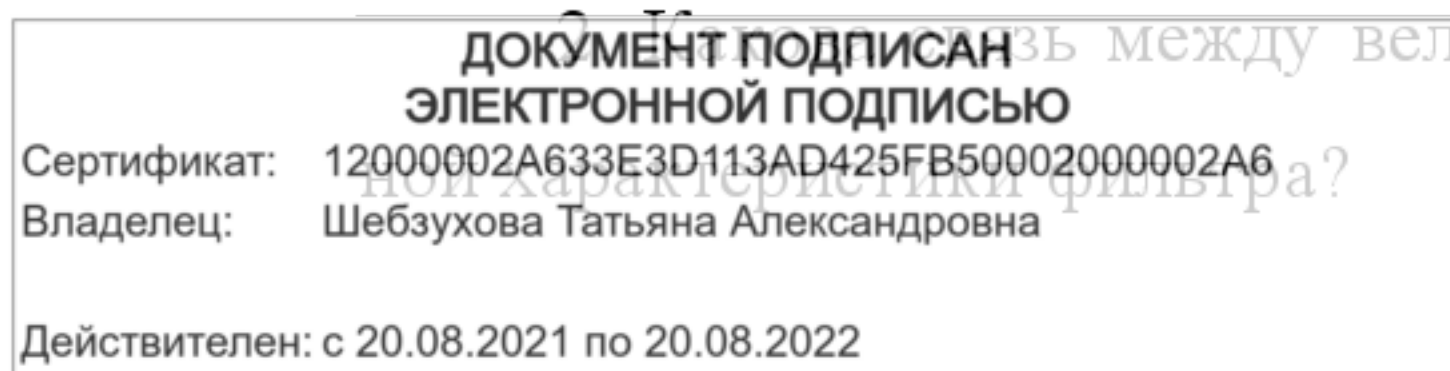
2. Синтезируйте три ФНЧ: методом окна (по процедуре **fir2**), методом наименьших квадратов (по процедуре **firls**) и методом чебышевской аппроксимации (по процедуре **remez**). Полоса пропускания всех ФНЧ - от 0 до F , полоса подавления - от $F+0.025$ до 0.5. Постройте АЧХ трех фильтров на одном графике и сравните их между собой.

3. Увеличьте порядок фильтров синтезированных по методу окна и методу наименьших квадратов таким образом, чтобы крутизна спада АЧХ сравнивалась с крутизной фильтра Ремеза. Постройте АЧХ и импульсные характеристики трех фильтров. По импульсным характеристикам определите задержки для трех фильтров и сравните их с расчетными, полученными из формулы (3).

4. Для фильтров, синтезированных по методу Ремеза и наименьших квадратов, введите некоторую весовую функцию. Проанализируйте ее влияние на АЧХ. Постройте графики АЧХ.

Вопросы для защиты работы

1. Чем отличаются КИХ-фильтры I и II типов. В чем отличие их АЧХ?



4. Как влияет весовая функция на форму АЧХ?

Отчет должен быть представлен в виде файла с именем *lab4_#.m*, содержащим текст программы с подробными комментариями и файла с именем *фамилия лаб4 вариант#.doc*, с ответами на контрольные вопросы.

Перечень основной литературы:

2. Управление проектами с использованием Microsoft Project Электронный ресурс : учебное пособие / Т.П. Пухначева / Н.А. Иванчева / Т.С. Васючкова / М.А. Держо. - Управление проектами с использованием Microsoft Project, 2021-12-01. - Москва : Интернет- Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. - 147 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

1. Матвеева, Л. Г. Управление ИТ-проектами : учебное пособие / Л.Г. Матвеева, А.Ю. Никитаева ; Министерство образования и науки РФ ; Южный федеральный университет. - Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2016. - 227 с. : схем., табл., ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9275- 2239-2

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

для обучающихся по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине «**ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ**»
для студентов направления подготовки **09.03.02 Информационные системы и технологии**
направленность (профиль) **Информационные системы и технологии обработки цифрового
контента**

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Пятигорск, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

<u>1. Общие положения</u>	3
<u>2. Цель и задачи самостоятельной работы</u>	4
<u>3. Технологическая карта самостоятельной работы студента</u>	4
<u>4. Порядок выполнения самостоятельной работы студентом</u>	5
<u>4.1. Методические рекомендации по работе с учебной литературой</u>	5
<u>4.2. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям</u>	6
<u>4.3. Методические рекомендации по самопроверке знаний</u>	7
<u>4.4. Методические рекомендации по написанию научных текстов (докладов, рефератов, эссе, научных статей и т.д.)</u>	8
<u>4.5. Методические рекомендации по подготовке к зачетам</u>	10
<u>Список литературы для выполнения СРС</u>	10

1.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

1. Общие положения

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов (СРС) в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения.

К основным видам самостоятельной работы студентов относятся:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- написание докладов;
- подготовка к семинарам, практическим и лабораторным работам, их оформление;
- составление аннотированного списка статей из соответствующих журналов по отраслям знаний (педагогических, психологических, методических и др.);
- выполнение учебно-исследовательских работ, проектная деятельность;
- подготовка практических разработок и рекомендаций по решению проблемной ситуации;
- выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов, расчетно-компьютерных и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплин и т.д.;
- компьютерный текущий самоконтроль и контроль успеваемости на базе электронных обучающих и аттестующих тестов;
- выполнение курсовых работ (проектов) в рамках дисциплин;
- выполнение выпускной квалификационной работы и др.

Методика организации самостоятельной работы студентов зависит от структуры, характера и особенностей изучаемой дисциплины, объема часов на ее изучение, вида заданий для самостоятельной работы студентов, индивидуальных качеств студентов и условий учебной деятельности.

Процесс организации самостоятельной работы студентов включает в себя следующие этапы:

- подготовительный (определение целей, составление программы, подготовка методического обеспечения, подготовка оборудования);
- основной (реализация программы, использование приемов поиска информации, усвоения, переработки, применения, передачи знаний, фиксирование результатов, самоорганизация процесса работы);
- заключительный (оценка значимости и анализ результатов, их систематизация, оценка эффективности программы и приемов работы, выводы о направлениях оптимизации труда).

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

2. Цель и задачи самостоятельной работы

Ведущая цель организации и осуществления СРС совпадает с целью обучения студента – формирование универсальных компетенций.

При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности. Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Задачами СРС являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельной работы и лабораторных занятий.

3. Технологическая карта самостоятельной работы студента

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
7 семестр					
ИД-1 _{УК-2} ИД-2 _{УК-2} ИД-3 _{УК-2} ИД-1 _{ПК-3} ИД-2 _{ПК-3}	Самостоятельное изучение литературы	Собеседование	118,8 45	13,205	132,05
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ Шебзухова Татьяна Александровна		Собеседование	1,08	0,12	1,2

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
 Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
 Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

2 _{ПК-3}					
ИД-1 _{УК-2} ИД-2 _{УК-2} ИД-3 _{УК-2} ИД-1 _{ПК-3} ИД-2 _{ПК-3}	Подготовка доклада	Доклад	9	1	10
Итого за 7 семестр			128,9 25	14,325	143,25
Итого			128,9 25	14,325	143,25

4. Порядок выполнения самостоятельной работы студентом

4.1. Методические рекомендации по работе с учебной литературой

При работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги.

Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил.

Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода).

При изучении любой дисциплины большую и важную роль играет самостоятельная индивидуальная работа.

Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем.

Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались.

Опыт показывает, что многим студентам помогает составление листа опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы и понятия. Такой лист помогает запомнить формулы, основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того, насколько осознанно читающим собственная деятельность, зависит эффективность осуществляемого действия. Внутренняя установка на обращение к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить формулы, критически проанализировать материал и т.п.) во многом определяет эффективность деятельности.

Выделяют четыре основные установки в чтении научного текста:

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A60
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)
усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)
аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)
творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Методические рекомендации по составлению конспекта:

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта.

2. Выделите главное, составьте план.

3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора.

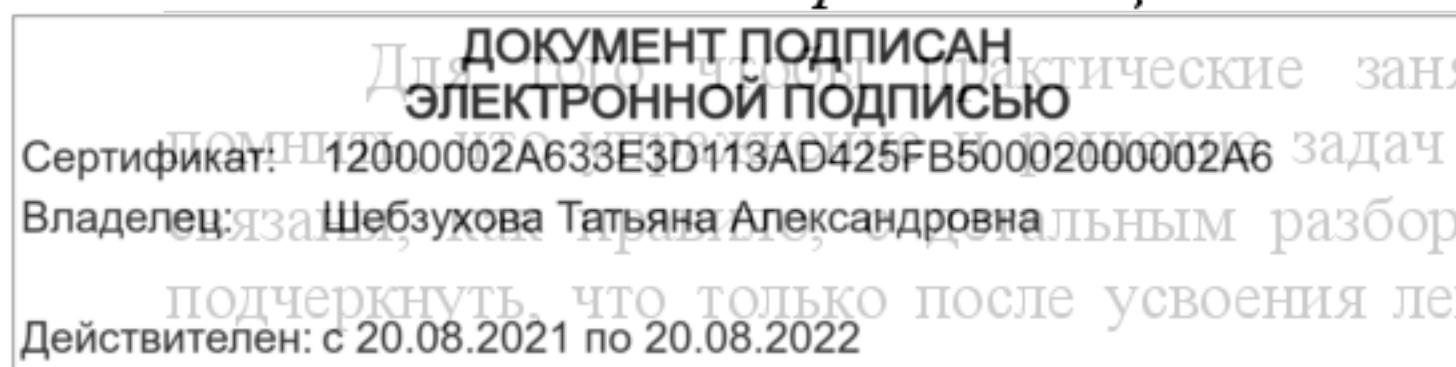
4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.

5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

4.2. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям



Для того чтобы практические занятия приносили максимальную пользу, необходимо проводить их по вычитанному на лекциях материалу и отдельным вопросам лекционного курса. Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а

именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться на лабораторных занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью решения проблемных ситуаций, задач. При этих условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

При самостоятельном решении задач нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения проблемы (задачи), то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы (задачи). Решение проблемных задач или примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных. Решения при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Следует помнить, что решение каждой учебной задачи должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с выводом. Полученный ответ следует проверить способами, вытекающими из существа данной задачи. Полезно также (если возможно) решать несколькими способами и сравнить полученные результаты. Решение задач данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

4.3. Методические рекомендации по самопроверке знаний

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих задач на практических занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется провести самопроверку усвоенных знаний, ответив на контрольные вопросы по изученной теме.

В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад и повторить плохо усвоенный материал. Важный критерий усвоения теоретического материала – умение отвечать на вопросы для собеседования.

Вопросы для собеседования Базовый уровень

1. Частотный спектр сигнала.
2. Цифровые сигналы интерфейса RS-232.
3. Ряды Фурье. Определение частотного спектра.
4. Теорема Котельникова.
5. Принцип работы АЦП.
6. Совершенная дизъюнктивная нормальная форма представления функций.
7. Формы сигналов при аналого-цифровых преобразованиях.
8. Совершенная конъюнктивная нормальная форма представления функции.
10. Принцип работы ЦАП.
11. Двоично-десятичный дешифратор.
12. Формы сигналов при цифро-аналоговых преобразованиях.
13. Синтез шифратора в базисе «или».
14. Программируемые логические устройства матричной структуры.
15. Мультиплексирование цифровых сигналов.
16. Последовательные регистры.
17. Синтез демультиплексора в базисе «и», «не».
18. Цифровые фильтры.
19. Типы систем передачи цифровых сигналов.

Сертификат:
Владелец:

12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен с 20.08.2021 по 20.08.2022

20. Принцип работы цифрового частотомера.
21. Цифровые автоматы (последовательностные устройства).
22. Дискретные преобразования Фурье.
23. Частотный спектр сигнала.
24. Электронные счетчики импульсов.
25. Код Рида-Соломона. Хранение информации на дисках.
26. Основные операции ЦОС. Свертка, корреляция, фильтрация.
27. Реверсивные счетчики импульсов.
28. Физические сигналы сети Ethernet.
29. Структурная схема цифрового фильтра.
30. Физические сигналы Ethernet. Входные /выходные цепи стандартного порта 10base-T.
31. Классификация цифровых фильтров.

Повышенный уровень

32. Сигналы сети Ethernet. Манчестерский код.
33. Формирование цифрового сигнала.
34. Структурная схема блока PHY Ethernet.
35. Цифровые сигналы. Кодирование NRZI. 4B/5B. Ширина спектра сигнала.
36. Синтез комбинационных схем.
37. Хранение и обработка информации. Код Рида-Соломона.
38. Структура цифрового сигнала (потенциальный, импульсный).
39. Алгоритм передачи цифровых сигналов в сети Ethernet.
40. Цифровой БИХ-фильтр.
41. Снижение ширины спектра сигнала Ethernet. Трехуровневый сигнал MLT-3 (многоуровневый трехпороговый).
42. Сравнение амплитудно-частотных характеристик аналоговых и цифровых фильтров.
43. Стандартные решения гальванической развязки Fast Ethernet устройств, подключаемых через разъем RJ-45.
44. Фильтр с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтр)

4.4. Методические рекомендации по написанию научных текстов (докладов, рефератов, эссе, научных статей и т.д.)

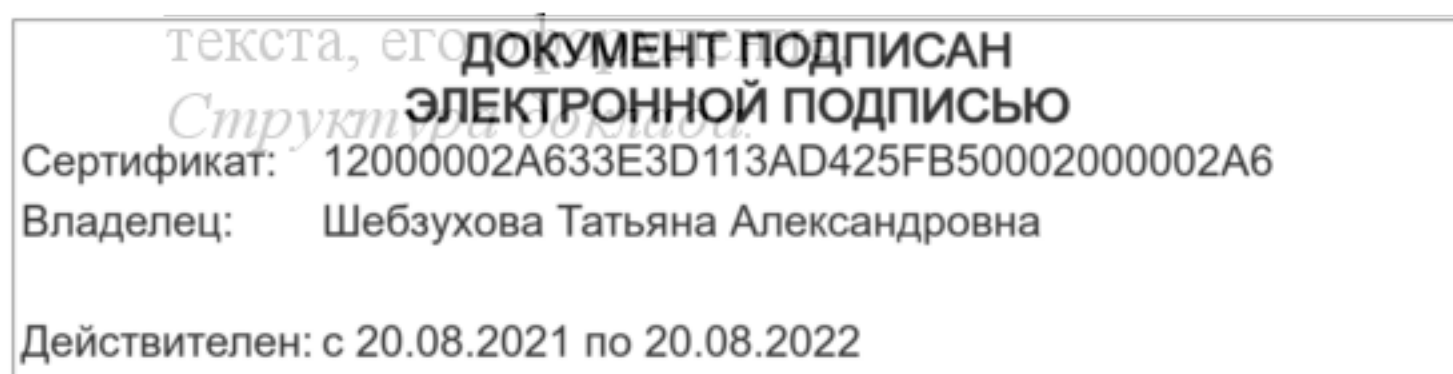
Перед тем, как приступить к написанию научного текста, важно разобраться, какова истинная цель вашего научного текста - это поможет вам разумно распределить свои силы и время.

Во-первых, сначала нужно определиться с идеей научного текста, а для этого необходимо научиться либо относиться к разным явлениям и фактам несколько критически (своя идея – как иная точка зрения), либо научиться увлекаться какими-то известными идеями, которые нуждаются в доработке (идея – как оптимистическая позиция и направленность на дальнейшее совершенствование уже известного). Во-вторых, научиться организовывать свое время.

Писать следует ясно и понятно, стараясь основные положения формулировать четко и недвусмысленно (чтобы и самому понятно было), а также стремясь структурировать свой текст.

Систематизация и анализ изученной литературы по проблеме исследования позволяют студенту написать работу.

Рабочий вариант текста доклада предоставляется руководителю на проверку. На основе рабочего варианта текста руководитель вместе со студентом обсуждает возможности доработки



– Введение (не более 3-4 страниц). Во введении необходимо обосновать выбор темы, ее актуальность, очертить область исследования, объект исследования, основные цели и задачи исследования.

– Основная часть состоит из 2-3 разделов. В них раскрывается суть исследуемой проблемы, проводится обзор мировой литературы и источников Интернет по предмету исследования, в котором дается характеристика степени разработанности проблемы и авторская аналитическая оценка основных теоретических подходов к ее решению. Изложение материала не должно ограничиваться лишь описательным подходом к раскрытию выбранной темы. Оно также должно содержать собственное видение рассматриваемой проблемы и изложение собственной точки зрения на возможные пути ее решения.

– Заключение (1-2 страницы). В заключении кратко излагаются достигнутые при изучении проблемы цели, перспективы развития исследуемого вопроса

– Список использованной литературы (не меньше 10 источников), в алфавитном порядке, оформленный в соответствии с принятыми правилами. В список использованной литературы рекомендуется включать работы отечественных и зарубежных авторов, в том числе статьи, опубликованные в научных журналах в течение последних 3-х лет и ссылки на ресурсы сети Интернет.

– Приложение (при необходимости).

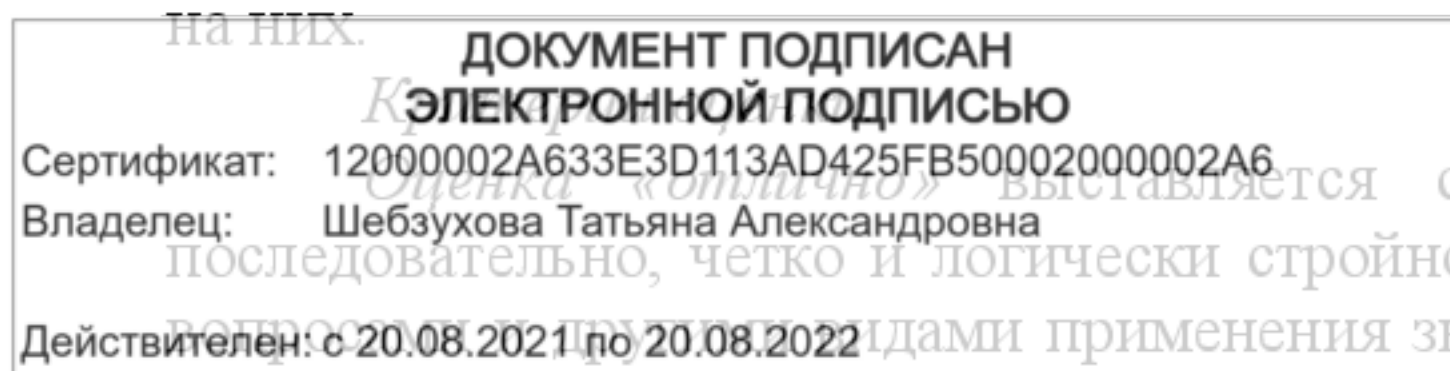
Требования к оформлению:

- текст с одной стороны листа;
- шрифт Times New Roman;
- кегль шрифта 14;
- межстрочное расстояние 1,5;
- поля: сверху 2,5 см, снизу – 2,5 см, слева - 3 см, справа 1,5 см;
- реферат должен быть представлен в сброшюрованном виде.

Порядок защиты доклада:

На защиту доклада отводится 5-7 минут времени, в ходе которого студент должен показать свободное владение материалом по заявленной теме. При защите доклада приветствуется использование мультимедиа-презентации.

Доклад оценивается по следующим критериям: соблюдение требований к его оформлению; необходимость и достаточность для раскрытия темы приведенной в тексте доклада информации; умение студента свободно излагать основные идеи, отраженные в докладе; способность студента понять суть задаваемых преподавателем и сокурсниками вопросов и сформулировать точные ответы на них.



Оценка «отлично» выставляется студенту, если в докладе студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, требует от слушателей применения знаний; использует для написания доклада современные

научные материалы; анализирует полученную информацию; проявляет самостоятельность при написании доклада.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если качество выполнения доклада достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопросы по теме доклада.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если материал доклада излагается частично, но пробелы не носят существенного характера, студент допускает неточности и ошибки при защите доклада, дает недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении материала.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не подготовил доклад или допустил существенные ошибки. Студент неуверенно излагает материал доклада, не отвечает на вопросы преподавателя.

Описание шкалы оценивания

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

Темы эссе (рефератов, докладов, сообщений)

Базовый уровень

1. Частотный спектр сигнала.
2. Цифровые сигналы интерфейса RS-232.
3. Ряды Фурье. Определение частотного спектра.
4. Теорема Котельникова.
5. Принцип работы АЦП.
6. Совершенная дизъюнктивная нормальная форма представления функций.
7. Формы сигналов при аналого-цифровых преобразованиях.
8. Совершенная конъюнктивная нормальная форма представления функции.
10. Принцип работы ЦАП.
11. Двоично-десятичный дешифратор.
12. Формы сигналов при цифро-аналоговых преобразованиях.
13. Синтез шифратора в базисе «или».
14. Программируемые логические устройства матричной структуры.
15. Мультиплексирование цифровых сигналов.

16. Последовательные цифровые регистры.

17. Сигналы «и», «не».

18. Цифровые фильтры.

19. Типы триггеров при передаче цифровых сигналов.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6 «И», «НЕ».
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

20. Принцип работы цифрового частотомера.
21. Цифровые автоматы (последовательностные устройства).
22. Дискретные преобразования Фурье.
23. Частотный спектр сигнала.
24. Электронные счетчики импульсов.
25. Код Рида-Соломона. Хранение информации на дисках.
26. Основные операции ЦОС. Свертка, корреляция, фильтрация.
27. Реверсивные счетчики импульсов.
28. Физические сигналы сети Ethernet.
29. Структурная схема цифрового фильтра.
30. Физические сигналы Ethernet. Входные /выходные цепи стандартного порта 10base-T.
31. Классификация цифровых фильтров.

Повышенный уровень

32. Сигналы сети Ethernet. Манчестерский код.
33. Формирование цифрового сигнала.
34. Структурная схема блока PHY Ethernet.
35. Цифровые сигналы. Кодирование NRZI. 4B/5B. Ширина спектра сигнала.
36. Синтез комбинационных схем.
37. Хранение и обработка информации. Код Рида-Соломона.
38. Структура цифрового сигнала (потенциальный, импульсный).
39. Алгоритм передачи цифровых сигналов в сети Ethernet.
40. Цифровой БИХ-фильтр.
41. Снижение ширины спектра сигнала Ethernet. Трехуровневый сигнал MLT-3 (многоуровневый трехпороговый).
42. Сравнение амплитудно-частотных характеристик аналоговых и цифровых фильтров.
43. Стандартные решения гальванической развязки Fast Ethernet устройств, подключаемых через разъем RJ-45.
44. Фильтр с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтр)

4.5. Методические рекомендации по подготовке к зачетам

Процедура зачета как отдельное контрольное мероприятие не проводится, оценивание знаний обучающегося происходит по результатам текущего контроля.

Зачет выставляется по результатам работы в семестре, при сдаче всех контрольных точек, предусмотренных текущим контролем успеваемости. Если по итогам семестра обучающийся имеет от 33 до 60 баллов, ему ставится отметка «зачтено». Обучающемуся, имеющему по итогам семестра менее 33 баллов, ставится отметка «не зачтено».

Количество баллов за зачет (Sзач) при различных рейтинговых баллах по дисциплине по результатам работы в семестре

Рейтинговый балл по дисциплине по результатам работы в семестре ($R_{сем}$)	Количество баллов за зачет ($S_{зач}$)
$50 < R_{сем} < 60$	40
$39 < R_{сем} < 50$	35
$33 < R_{сем} < 39$	27
$R_{сем} < 33$	0

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Контроль самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы проводится преподавателем в аудитории.

Предусмотрены следующие виды контроля: собеседование, оценка выполнения доклада и его презентации.

Подробные критерии оценивания компетенций приведены в Фонде оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации.

Список литературы для выполнения СРС

Основная литература:

1. Дворкович, В. П. Оконные функции для гармонического анализа сигналов : монография / В.П. Дворкович, А.В. Дворкович. - Издание второе, переработанное и дополненное. - Москва : Техносфера, 2016. - 216 с. : ил., табл., схем. - (Мир цифровой обработки). - <http://biblioclub.ru/>. - ISBN 978-5-94836-432-2
3. Малашкевич, И. А. Вейвлет-анализ сигналов : от теории к практике : учебное пособие / И.А. Малашкевич ; Поволжский государственный технологический университет. - Йошкар-Ола : ПГТУ, 2016. - 276 с. : схем., табл., ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр.: с. 219-225. - ISBN 978-5-8158-1745-6
4. Умняшкин, С. В. Теоретические основы цифровой обработки и представления сигналов : учебное пособие / С.В. Умняшкин. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Техносфера, 2012. - 368 с. - (Мир цифровой обработки). - <http://biblioclub.ru/>. - ISBN 978-5-94836-318-9

Дополнительная литература:

- 1 Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений : практические советы / Р. Гонсалес, Р. Вудс ; пер. П. А. Чочиа ; пер. Л. И. Рубанова. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва : Техносфера, 2012. - 1104 с. : ил.,табл., схем. - (Мир цифровой обработки). - <http://biblioclub.ru/>. - ISBN 978-5-94836-331-8

- 2 Иванова, В.Г. Цифровая обработка сигналов Электронный ресурс : учебно-методическое пособие / Н.В. Прошечкина / В.Г. Иванова. - Самара :Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2015. – 113 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

- 3 Иванова, В.Е. Цифровая обработка сигналов и сигнальные процессоры Электронный ресурс : учебное пособие / А.И. Тяжев / В.Е. Иванова ; ред. А.И. Тяжев. - Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. - 253 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

- 4 Новиков, П.В. Цифровая обработка сигналов Электронный ресурс : учебно-методическое пособие / П.В. Новиков. - Саратов : Вузовское образование, 2018. - 75 с. - Книга ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН в версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-4487-0286-0

- ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ: Цифровая обработка сигналов : учеб. пособие
файлат: 120000002A633E3D113AD425FB50002000002A6 БХВ-Петербург, 2013. - 768 с. : ил. - Гриф: Рек. УМО. -

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
ISBN 978-5-9775-0915-2
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

