

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»
(СПбГУТ)**

Кафедра _____ Радиосистем и обработки сигналов
(полное наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор – проректор по учебной работе

Г.М. Машков
« 5 » _____ 07 _____ 20 17 г.

Регистрационный №_16.04/57-Д

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Цифровая обработка сигналов

(наименование дисциплины)

образовательная программа высшего образования

11.05.04 Инфокоммуникационные технологии и системы
специальной связи

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Инженер

(квалификация)

Оптические системы связи

(направленность / профиль образовательной программы)

очная форма

(форма обучения)

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины составлена на основе требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности) подготовки «11.05.04 Инфокоммуникационные технологии и системы специальной связи», утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 11.08.2016 № 1035, и в соответствии с рабочим учебным планом, утвержденным ректором университета.

1. Цели и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Цифровая обработка сигналов» является: приобретение базовых знаний и навыков в области цифровой обработки сигналов (ЦОС).

Эта цель достигается путем решения следующих(ей) задач(и):

- изучение основ фундаментальной теории ЦОС - базовых методов и алгоритмов, инвариантных относительно физической природы сигнала;
- овладение средствами их компьютерного моделирования.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» Б1.Б.20 является одной из дисциплин базовой части учебного плана подготовки специалитета по направлению «11.05.04 Инфокоммуникационные технологии и системы специальной связи». Исходный уровень знаний и умений, которыми должен обладать студент, приступая к изучению данной дисциплины, определяется изучением таких дисциплин, как «Дискретная математика»; «Информатика»; «Общая теория связи»; «Теория электрических цепей».

3. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Компетенции, установленные ФГОС ВО

Таблица 1

№ п/п	Код компетенции	Наименование компетенции
1	ОПК-7	Способность осуществлять сбор, обработку, анализ научно-технической информации и систематизировать ее в сфере профессиональной деятельности, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологий
2	ОПК-8	Способность применять современное измерительное, диагностическое и технологическое оборудование, используемое для решения различных научно-технических задач в области профессиональной деятельности

Планируемые результаты обучения

Таблица 2

Код компетенции	знать	уметь	владеть
ОПК-7	основные средства компьютерного моделирования ЦОС;	выбирать средства компьютерного методов и алгоритмов ЦОС;	технологией компьютерного моделирования методов и алгоритмов ЦОС;

ОПК-8	математическое описание линейных дискретных систем (ЛДС) и дискретных сигналов; типы цифровых фильтров (ЦФ) и классические методы их синтеза; алгоритмы дискретного и быстрого преобразования Фурье (ДПФ и БПФ); источники ошибок квантования в цифровых системах;	рассчитывать характеристики ЛДС; формулировать требования к частотным характеристикам ЦФ и выбирать метод его синтеза; применять алгоритм ДПФ для периодических и конечных последовательностей; оценивать ошибки квантования;	навыками компьютерного моделирования ЦФ;
-------	--	---	--

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Очная форма обучения

Таблица 3

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры
			5
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ	108	108
Контактная работа с обучающимися		50	50
в том числе:			
Лекции		20	20
Практические занятия (ПЗ)		16	16
Лабораторные работы (ЛР)		14	14
Защита контрольной работы			-
Защита курсовой работы			-
Защита курсового проекта			-
Промежуточная аттестация			-
Самостоятельная работа обучающихся (СРС)		58	58
в том числе:			
Курсовая работа			-
Курсовой проект			-
И / или другие виды самостоятельной работы: подготовка к лабораторным работам, практическим занятиям, контрольным работам, изучение теоретического материала.		50	50
Подготовка к промежуточной аттестации		8	8
Вид промежуточной аттестации			Зачет

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины.

Таблица 4

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Содержание раздела	№ семестра		
			очная	очно-заочная	заочная

1	Раздел 1. Введение в ЦОС	Основные типы сигналов. Нормирование времени. Типовые дискретные сигналы. Нормирование частоты. Основная полоса частот. Обобщенная схема ЦОС	5		
2	Раздел 2. Математическое описание ЛДС во временной области	Определение и свойства ЛДС. Импульсная характеристика (ИХ). Формула свертки. Разностное уравнение (РУ). Рекурсивные и нерекурсивные ЛДС. КИХ и БИХ ЛДС. Определение и первый критерий устойчивости ЛДС	5		
3	Раздел 3. Математическое описание ЛДС в z-области	Определение и свойства Z-преобразования. Соотношение между p- и z-плоскостями. Вычисление обратного Z-преобразования. Передаточная функция и ее разновидности. Связь с РУ. Второй критерий устойчивости	5		
4	Раздел 4. Математическое описание ЛДС в частотной области	Определение и свойства Z-преобразования. Соотношение между p- и z-плоскостями. Вычисление обратного Z-преобразования. Передаточная функция и ее разновидности. Связь с РУ. Второй критерий устойчивости	5		
5	Раздел 5. Структуры ЛДС	Определение структуры. Связь с видом передаточной функции. Основные разновидности структур	5		
6	Раздел 6. Цифровые фильтры (ЦФ)	Определение и классификация ЦФ. Этапы проектирования. Задание требований к АЧХ. КИХ-фильтры с линейной ФЧХ. Синтез КИХ-фильтров: метод окон; метод наилучшей равномерной (чебышевской) аппроксимации. Синтез БИХ-фильтров: метод инвариантности ИХ; метод билинейного Z-преобразования. Анализ характеристик КИХ- и БИХ-фильтров	5		
7	Раздел 7. Описание дискретных сигналов в частотной области	Спектральная плотность и ее свойства. Связь спектральных плотностей дискретного и аналогового сигналов. Операции со спектральной плотностью	5		
8	Раздел 8. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ)	ДПФ периодических и конечных последовательностей. Свойства ДПФ	5		
9	Раздел 9. Быстрое преобразование Фурье (БПФ)	Оценка вычислительной сложности ДПФ. Алгоритм БПФ Кули-Тьюки. Оценка вычислительной сложности БПФ. Начальные условия БПФ. Начальные условия БПФ. Быстрое вычисление ОДПФ	5		
10	Раздел 10. Эффекты квантования в цифровых системах с фиксированной точкой	Источники ошибок квантования. Эффекты квантования: шум АЦП; собственный шум цифровой системы; ошибки квантования коэффициентов передаточной функции; ошибки переполнения сумматоров	5		

5.2. Междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими)

дисциплинами.

Таблица 5

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин
1	Инфокоммуникационные системы специального назначения
2	Метрология, стандартизация и сертификация в инфокоммуникациях

5.3. Разделы дисциплин и виды занятий.

Очная форма обучения

Таблица 6

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплин	Лек-ции	Практ. занятия	Лаб. занятия	Семи-нары	СРС	Всего часов
1	Раздел 1. Введение в ЦОС	2		4		10	16
2	Раздел 2. Математическое описание ЛДС во временной области	2					2
3	Раздел 3. Математическое описание ЛДС в z- области	2	4				6
4	Раздел 4. Математическое описание ЛДС в частотной области	1		4			5
5	Раздел 5. Структуры ЛДС	1	4			14	19
6	Раздел 6. Цифровые фильтры (ЦФ)	4	4	6		18	32
7	Раздел 7. Описание дискретных сигналов в частотной области	2					2
8	Раздел 8. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ)	2	2				4
9	Раздел 9. Быстрое преобразование Фурье (БПФ)	2				8	10
10	Раздел 10. Эффекты квантования в цифровых системах с фиксированной точкой	2	2				4
Итого:		20	16	14	-	50	100

6. Лабораторный практикум

Очная форма обучения

Таблица 7

№ п/п	Номер раздела (темы)	Наименование лабораторной работы	Всего часов
1	1	Моделирование детерминированных и случайных сигналов и расчет их характеристик	4
2	4	Моделирование ЛДС	4
3	6	Синтез ЦФ и анализ его характеристик	6
Итого:			14

7. Практические занятия (семинары)

Очная форма обучения

Таблица 8

№ п/п	Номер раздела (темы)	Наименование практических занятий (семинаров)	Всего часов
1	3	Вычисление прямого и обратного Z-преобразования	4
2	5	Характеристики и структуры рекурсивного звена 2-го порядка	4
3	6	Анализ характеристик и структур ЦФ, синтезированных различными методами	4
4	8	Анализ характеристик и структур ЦФ, синтезированных различными методами	2
5	10	Анализ эффектов квантования в ЦФ с фиксированной точкой	2
Итого:			16

8. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Рабочим учебным планом не предусмотрено

9. Самостоятельная работа

Очная форма обучения

Таблица 9

№ раздела дисциплины	Содержание СРС	Форма контроля	Всего часов
1	Моделирование дискретных сигналов	Вопросы по теоретическим основам описания дискретных сигналов при защите лабораторной работы	10
5	Моделирование ЛДС	Вопросы по теоретическим основам описания ЛДС при защите лабораторной работы	14
6	Моделирование ЦФ	Вопросы по теоретическим основам методов синтеза ЦФ при защите лабораторной работы	18
9	Вычисление ДПФ с помощью БПФ	Вопросы по основам теории ДПФ и БПФ на зачете	8
Итого:			50

10. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для самостоятельной работы по дисциплине рекомендовано следующее учебно-методическое обеспечение:

- Положение о самостоятельной работе студентов в Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича;
- рекомендованная основная и дополнительная литература;
- конспект занятий по дисциплине;
- слайды-презентации и другой методический материал, используемый на занятиях;
- методические рекомендации по подготовке письменных работ, требования к их содержанию и оформлению (реферат, эссе, контрольная работа) ;
- фонды оценочных средств;
- методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов;

11. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Фонд оценочных средств разрабатывается в соответствии с Методическими рекомендациями по формированию ФОС и приказом Минобрнауки России от 5 апреля 2017г. № 301 г. Москва "Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры" и является приложением к рабочей программе дисциплины.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Для каждого результата обучения по дисциплине определяются показатели и критерии оценки сформированности компетенций на различных этапах их формирования, шкалы и процедуры оценивания.

12. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

12.1. Основная литература:

1. Цифровая обработка сигналов и MATLAB [Текст] : учебное пособие / А. И. Солонина [и др.] ; рец.: Е. Б. Соловьева, В. А. Варгаузин. - СПб. : БХВ - Санкт-Петербург, 2013. - 512 с. : табл. - (Учебная литература для вузов). - ISBN 978-5-9775-0919-0 : 599.00 р. Есть автограф: Экз. У4044 : Солонина, Алла Ивановна

12.2. Дополнительная литература:

1. Солонина, Алла Ивановна. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в MATLAB [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. И. Солонина, С. М. Арбузов ; рец.: М. С. Куприянов, В. А. Варгаузин. - СПб. : БХВ-Петербург, 2008. - 816 с. : ил. - (Учебное пособие). - Библиогр. : с. 795-797. - ISBN 978-5-9775-0259-7
2. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Б. Сергиенко ; рец.: А. И. Солонина, Э. Л. Муро ; ред. Е. Кондукова. - 3-е изд. - СПб. : БХВ-Петербург, 2011. - 768 с. : табл. - (Учебная литература для вузов). - ISBN 978-5-9775-0606-9
3. Шахтарин, Б. И. Методы спектрального оценивания случайных процессов: Учеб. Пособие [Электронный ресурс] / Б.И. Шахтарин, В.А. Ковригин. - М. : Горячая линия-Телеком, 2011. - 256 с. : ил. - ISBN 978-5-9912-0168-1 : Б. ц.
4. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Оппенгейм, Р. Шафер ; пер.: С. А. Кулешов, Е. Б. Махиянова. - Москва : Техносфера, 2012. - 1048 с. - ISBN 978-5-94836-329-5 : Б. ц. Книга находится в Премиум-версии ЭБС IPRbooks.

13. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- www.sut.ru
- lib.spbgut.ru/jirbis2_spbgut

14. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

14.1. Программное обеспечение дисциплины:

- MATLAB v.7.11.0.584 (R2010b)
- Open Office

14.2. Информационно-справочные системы:

- ЭБС iBooks (<https://ibooks.ru>)
- ЭБС IPRbooks (<http://www.iprbookshop.ru>)
- ЭБС Лань (<https://e.lanbook.com/>)
- ЭБС СПбГУТ (<http://lib.spbgut.ru>)

15. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

15.1. Планирование и организация времени, необходимого для изучения дисциплины

Важным условием успешного освоения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» является создание системы правильной организации труда, позволяющей распределить учебную нагрузку равномерно в соответствии с графиком образовательного процесса. Большую помощь в этом может оказать составление плана работы на семестр, месяц, неделю, день. Его наличие позволит подчинить свободное время целям учебы, трудиться более успешно и эффективно. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Все задания, включая вынесенные на самостоятельную работу, рекомендуется выполнять непосредственно после соответствующего аудиторного занятия (лекции, практического занятия), что способствует лучшему усвоению материала, позволяет своевременно выявить и устранить «пробелы» в знаниях, систематизировать ранее пройденный материал, на его основе приступить к овладению новыми знаниями и навыками.

Система университетского обучения основывается на рациональном сочетании нескольких видов учебных занятий (в первую очередь, лекций и практических занятий), работа на которых обладает определенной спецификой.

15.2. Подготовка к лекциям

Знакомство с дисциплиной происходит уже на первой лекции, где от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. При работе с конспектом лекций необходимо учитывать тот фактор, что одни лекции дают ответы на конкретные вопросы темы, другие – лишь выявляют взаимосвязи между явлениями, помогая студенту понять глубинные процессы развития изучаемого предмета, как в истории, так и в настоящее время.

Конспектирование лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы, предполагающий интенсивную умственную деятельность студента. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное и сделано это самим обучающимся. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Целесообразно вначале понять основную мысль, излагаемую лектором, а затем записать ее. Желательно запись осуществлять на одной странице листа или оставляя поля, на которых позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно сделать дополнительные записи, отметить непонятные места.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы,

которые делает лектор, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями «важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

15.3. Подготовка к практическим занятиям

Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке пройденного материала (материала лекций, практических занятий), а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы практикума, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ.

Необходимо понимать, что невозможно во время аудиторных занятий изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов, и при изучении дисциплины недостаточно конспектов занятий. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме.

15.4. Рекомендации по работе с литературой

Работу с литературой целесообразно начать с изучения общих работ по теме, а также учебников и учебных пособий. Далее рекомендуется перейти к анализу монографий и статей, рассматривающих отдельные аспекты проблем, изучаемых в рамках курса, а также официальных материалов и неопубликованных документов (научно-исследовательские работы, диссертации), в которых могут содержаться основные вопросы изучаемой проблемы.

Работу с источниками надо начинать с ознакомительного чтения, т.е. просмотреть текст, выделяя его структурные единицы. При ознакомительном чтении закладками отмечаются те страницы, которые требуют более внимательного изучения. В зависимости от результатов ознакомительного чтения выбирается дальнейший способ работы с источником. Если для разрешения поставленной задачи требуется изучение некоторых фрагментов текста, то используется метод выборочного чтения. Если в книге нет подробного оглавления, следует обратить внимание ученика на предметные и именные указатели.

Избранные фрагменты или весь текст (если он целиком имеет отношение к теме) требуют вдумчивого, неторопливого чтения с «мысленной проработкой»

материала. Такое чтение предполагает выделение: 1) главного в тексте; 2) основных аргументов; 3) выводов. Особое внимание следует обратить на то, вытекает тезис из аргументов или нет. Необходимо также проанализировать, какие из утверждений автора носят проблематичный, гипотетический характер и уловить скрытые вопросы.

Понятно, что умение таким образом работать с текстом приходит далеко не сразу. Наилучший способ научиться выделять главное в тексте, улавливать проблематичный характер утверждений, давать оценку авторской позиции – это сравнительное чтение, в ходе которого студент знакомится с различными мнениями по одному и тому же вопросу, сравнивает весомость и доказательность аргументов сторон и делает вывод о наибольшей убедительности той или иной позиции.

Если в литературе встречаются разные точки зрения по тому или иному вопросу из-за сложности прошедших событий и правовых явлений, нельзя их отвергать, не разобравшись. При наличии расхождений между авторами необходимо найти рациональное зерно у каждого из них, что позволит глубже усвоить предмет изучения и более критично оценивать изучаемые вопросы. Знакомясь с особыми позициями авторов, нужно определять их схожие суждения, аргументы, выводы, а затем сравнивать их между собой и применять из них ту, которая более убедительна.

Следующим этапом работы с литературными источниками является создание конспектов, фиксирующих основные тезисы и аргументы. Можно делать записи на отдельных листах, которые потом легко систематизировать по отдельным темам изучаемого курса. Другой способ – это ведение тематических тетрадей-конспектов по одной какой-либо теме. Большие специальные работы монографического характера целесообразно конспектировать в отдельных тетрадях. Здесь важно вспомнить, что конспекты пишутся на одной стороне листа, с полями и достаточным для исправления и ремарок межстрочным расстоянием (эти правила соблюдаются для удобства редактирования). Если в конспектах приводятся цитаты, то непременно должно быть дано указание на источник (автор, название, выходные данные, № страницы). Впоследствии эта информация может быть использована при написании текста реферата или другого задания.

Таким образом, при работе с источниками и литературой важно уметь:

- сопоставлять, сравнивать, классифицировать, группировать, систематизировать информацию в соответствии с определенной учебной задачей;
- обобщать полученную информацию, оценивать прослушанное и прочитанное;
- фиксировать основное содержание сообщений; формулировать, устно и письменно, основную идею сообщения; составлять план, формулировать тезисы;
- готовить и презентовать развернутые сообщения типа доклада;
- работать в разных режимах (индивидуально, в паре, в группе), взаимодействуя друг с другом;
- пользоваться реферативными и справочными материалами;
- контролировать свои действия и действия своих товарищей, объективно оценивать свои действия;
- обращаться за помощью, дополнительными разъяснениями к преподавателю, другим студентам;
- пользоваться лингвистической или контекстуальной догадкой, словарями

- различного характера, различного рода подсказками, опорами в тексте (ключевые слова, структура текста, предваряющая информация и др.);
- использовать при говорении и письме перифраз, синонимичные средства, слова-описания общих понятий, разъяснения, примеры, толкования, «словотворчество»
 - повторять или перефразировать реплику собеседника в подтверждении понимания его высказывания или вопроса;
 - обратиться за помощью к собеседнику (уточнить вопрос, переспросить и др.);
 - использовать мимику, жесты (вообще и в тех случаях, когда языковых средств не хватает для выражения тех или иных коммуникативных намерений).

15.5. Подготовка к промежуточной аттестации

При подготовке к промежуточной аттестации целесообразно:

- внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;
- внимательно прочитать рекомендованную литературу;
- составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

16. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Таблица 10

№ п/п	Наименование специализированных аудиторий и лабораторий	Наименование оборудования
1	Лекционная аудитория	Аудио-видео комплекс
2	Аудитории для проведения групповых и практических занятий	Аудио-видео комплекс
3	Лаборатория	Лабораторное оборудование
4	Компьютерный класс	Персональные компьютеры
5	Аудитория для курсового и дипломного проектирования	Персональные компьютеры
6	Аудитория для самостоятельной работы	Персональные компьютеры
7	Читальный зал	Персональные компьютеры