

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра теоретических основ радиотехники

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН РЭФ

д.т.н. Хрусталева В. А.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Цифровая обработка сигналов**

Образовательная программа: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи ,  
профиль: Системы мобильной связи

Курс: 3, семестр : 6

Факультет радиотехники и электроники,

|    |                                                                                                      | Семестр |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| №  | Вид деятельности                                                                                     | 6       |
| 1  | Всего зачетных единиц (кредитов)                                                                     | 3       |
| 2  | Всего часов                                                                                          | 108     |
| 3  | Всего занятий в контактной форме, час.                                                               | 97      |
| 4  | Лекции, час.                                                                                         | 36      |
| 5  | Практические занятия, час.                                                                           | 36      |
| 6  | Лабораторные занятия, час.                                                                           | 18      |
| 7  | из них в активной и интерактивной форме, час.                                                        | 0       |
| 8  | Аттестация, час.                                                                                     | 2       |
| 9  | Консультации, час.                                                                                   | 5       |
| 10 | Самостоятельная работа, час.                                                                         | 11      |
| 11 | Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе) | РГЗ     |
| 12 | Вид аттестации                                                                                       | ДЗ      |

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

ФГОС введен в действие приказом №174 от 06.03.2015 г. , дата утверждения: 27.03.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ТОР, протокол заседания кафедры №3 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

профессор, д.т.н. Васюков В. Н.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Спектор А. А.

Ответственный за образовательную программу:

декан Хрусталева В. А.

## 1. Внешние требования

Таблица 1.1

|                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Компетенция ФГОС: ПК.17 способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики; в части следующих результатов обучения:</b> |
| з6. знать математическое описание цифровых фильтров во временной и в частотной области и методы синтеза цифровых фильтров                                                                                                               |
| у7. уметь вычислять отклик цифрового фильтра на различные входные воздействия и синтезировать цифровой фильтр                                                                                                                           |

## 2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

| Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)                                       | Формы организации занятий                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>Цифровая обработка сигналов</b>                                                                                                    |                                                                           |
| <b>ПК.17.з6 знать математическое описание цифровых фильтров во временной и в частотной области и методы синтеза цифровых фильтров</b> |                                                                           |
| 1.Знать методы математического описания дискретных сигналов                                                                           | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| 2.Знать методы математического описания дискретных систем                                                                             | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| 3.Знать z-преобразование и его свойства                                                                                               | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| 4.Знать преобразование Фурье для дискретных сигналов и его свойства                                                                   | Лекции; Практические занятия                                              |
| 5.Знать дискретное преобразование Фурье и его свойства                                                                                | Лекции; Практические занятия                                              |
| 6.Знать быстрое преобразование Фурье                                                                                                  | Лекции; Практические занятия                                              |
| 7.Знать описание дискретных систем разностными уравнениями                                                                            | Лекции; Практические занятия                                              |
| 8.Знать методы описания случайных дискретных сигналов                                                                                 | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы                         |
| 9.Знать методы синтеза дискретных систем                                                                                              | Лекции                                                                    |
| 10.Знать формы реализации дискретных систем                                                                                           | Лекции                                                                    |
| <b>ПК.17.у7 уметь вычислять отклик цифрового фильтра на различные входные воздействия и синтезировать цифровой фильтр</b>             |                                                                           |
| 11.Уметь применять математические методы для описания дискретных сигналов и систем                                                    | Практические занятия; Лабораторные работы                                 |
| 12.Уметь применять математические методы для анализа дискретных систем и анализа преобразований сигналов в дискретных системах        | Лекции; Практические занятия                                              |
| 13.Уметь определять требования к дискретным системам и проводить их синтез                                                            | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы                         |
| 14.Уметь классификации и анализа дискретных систем                                                                                    | Практические занятия                                                      |
| 15.Иметь опыт анализа преобразований детерминированных и случайных сигналов, выполняемых дискретными системами                        | Практические занятия; Лабораторные работы                                 |
| 16.Иметь опыт синтеза дискретных систем с заданными характеристиками                                                                  | Практические занятия; Лабораторные работы                                 |

## 3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

| Темы лекций | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения |
|-------------|----------------------|------|-------------------------------|
| Семестр: 6  |                      |      |                               |

|                                                                                          |   |   |               |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---------------|
| <b>Дидактическая единица: Математические основы цос</b>                                  |   |   |               |
| 1. Элементарные последовательности.                                                      | 0 | 2 | 1             |
| 2. Пространство последовательностей                                                      | 0 | 2 | 1             |
| 3. Последовательности и дискретные цепи                                                  | 0 | 2 | 1, 2          |
| 4. Дискретная свертка и ее свойства                                                      | 0 | 2 | 1, 2          |
| 5. z-Преобразование                                                                      | 0 | 2 | 1, 2, 3       |
| 6. Дискретно-временное преобразование Фурье                                              | 0 | 2 | 1, 4          |
| 7. Дискретное преобразование Фурье                                                       | 0 | 2 | 4, 5          |
| 8. Быстрое преобразование Фурье                                                          | 0 | 2 | 3, 4, 5, 6    |
| <b>Дидактическая единица: Структурные схемы и разностные уравнения ЛИС-цепей</b>         |   |   |               |
| 9. Структура и разностное уравнение цепи с конечной импульсной характеристикой           | 0 | 2 | 2, 7          |
| 10. Разностное уравнение и структурная схема рекурсивной цепи                            | 0 | 2 | 2, 7          |
| 11. Строение передаточной функции и импульсной характеристики ЛИС-цепи конечного порядка | 0 | 2 | 2, 3, 7       |
| 12. Всепропускающие и минимально-фазовые цепи                                            | 0 | 2 | 2, 3, 7       |
| 13. ЛИС-цепи с линейной фазочастотной характеристикой                                    | 0 | 2 | 2, 3, 9       |
| 14. Формы реализации ЛИС-цепей                                                           | 0 | 2 | 10, 12, 13, 2 |
| <b>Дидактическая единица: Случайные последовательности и ЛИС-цепи</b>                    |   |   |               |
| 15. Стационарные случайные последовательности                                            | 0 | 2 | 8             |
| 16. Воздействие стационарных случайных последовательностей на ЛИС-цепи                   | 0 | 2 | 2, 7, 8       |
| <b>Дидактическая единица: Многомерные последовательности и многомерные ЛИС-цепи</b>      |   |   |               |
| 17. Многомерные последовательности и ЛИС-цепи                                            | 0 | 2 | 1, 2          |
| 18. Многомерные случайные последовательности и ЛИС-цепи                                  | 0 | 2 | 1, 2, 8       |

Таблица 3.2

| Темы лабораторных работ                                 | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность                                               |
|---------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <b>Семестр: 6</b>                                       |                      |      |                               |                                                                    |
| <b>Дидактическая единица: Математические основы цос</b> |                      |      |                               |                                                                    |
| 1. Пространство последовательностей                     | 0                    | 4    | 1, 11                         | Построение ортонормальных базисов пространства последовательностей |

|                                                                                  |   |   |           |                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------|---|---|-----------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 2. Последовательности и дискретные цепи                                          | 0 | 4 | 1, 2      | Моделирование последовательностей и дискретных цепей                             |
| <b>Дидактическая единица: Структурные схемы и разностные уравнения ЛИС-цепей</b> |   |   |           |                                                                                  |
| 3. Все пропускающие и минимально-фазовые цепи                                    | 0 | 4 | 13, 16, 3 | Построение и анализ все пропускающих и минимально-фазовых цепей                  |
| <b>Дидактическая единица: Случайные последовательности и ЛИС-цепи</b>            |   |   |           |                                                                                  |
| 4. Стационарные случайные последовательности                                     | 0 | 6 | 15, 8     | Оценивание спектральных характеристик стационарных случайных последовательностей |

Таблица 3.3

| Темы практических занятий                                                                | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Семестр: 6</b>                                                                        |                      |      |                               |                                                                                               |
| <b>Дидактическая единица: Математические основы цос</b>                                  |                      |      |                               |                                                                                               |
| 1. Элементарные последовательности.                                                      | 0                    | 2    | 1, 11                         | Анализ элементарных дискретных сигналов                                                       |
| 2. Пространство последовательностей                                                      | 0                    | 2    | 1, 11                         | Изучение строения пространства последовательностей                                            |
| 3. Последовательности и дискретные цепи                                                  | 0                    | 2    | 1, 11, 12, 2                  | Изучение взаимодействия последовательностей и дискретных цепей                                |
| 4. Дискретная свертка и ее свойства                                                      | 0                    | 2    | 2                             | Изучение дискретной свертки и ее свойств                                                      |
| 5. z-Преобразование                                                                      | 0                    | 2    | 3                             | Изучение z-преобразования и его свойств                                                       |
| 6. Дискретно-временное преобразование Фурье                                              | 0                    | 2    | 4                             | Изучение дискретно-временное преобразования Фурье                                             |
| 7. Дискретное преобразование Фурье                                                       | 0                    | 2    | 5                             | Изучение дискретного преобразования Фурье и его свойств                                       |
| 8. Быстрое преобразование Фурье                                                          | 0                    | 2    | 11, 12, 5, 6                  | Изучение алгоритмов БПФ                                                                       |
| <b>Дидактическая единица: Структурные схемы и разностные уравнения ЛИС-цепей</b>         |                      |      |                               |                                                                                               |
| 9. Структура и разностное уравнение цепи с конечной импульсной характеристикой           | 0                    | 2    | 12, 7                         | Изучение структуры и разностного уравнения цепи с конечной импульсной характеристикой         |
| 10. Разностное уравнение и структурная схема рекурсивной цепи                            | 0                    | 2    | 2                             | Изучение разностного уравнения и структурной схемы рекурсивной цепи                           |
| 11. Строение передаточной функции и импульсной характеристики ЛИС-цепи конечного порядка | 0                    | 2    | 14, 2                         | Изучение строения передаточной функции и импульсной характеристики ЛИС-цепи конечного порядка |
| 12. Все пропускающие и минимально-фазовые цепи                                           | 0                    | 2    | 14, 3                         | Изучение свойств все пропускающих и минимально-фазовых цепей                                  |

|                                                                                     |   |   |               |                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 13. ЛИС-цепи с линейной фазочастотной характеристикой                               | 0 | 2 | 13, 14, 3     | Изучение особенностей ЛИС-цепей с линейной фазочастотной характеристикой    |
| 14. Формы реализации ЛИС-цепей                                                      | 0 | 2 | 12, 14, 16, 3 | Изучение форм реализации ЛИС-цепей                                          |
| <b>Дидактическая единица: Случайные последовательности и ЛИС-цепи</b>               |   |   |               |                                                                             |
| 15. Стационарные случайные последовательности                                       | 0 | 2 | 8             | Изучение стационарных случайных последовательностей                         |
| 16. Воздействие стационарных случайных последовательностей на ЛИС-цепи              | 0 | 2 | 12, 8         | Изучение воздействия стационарных случайных последовательностей на ЛИС-цепи |
| <b>Дидактическая единица: Многомерные последовательности и многомерные ЛИС-цепи</b> |   |   |               |                                                                             |
| 17. Многомерные последовательности и ЛИС-цепи                                       | 0 | 2 | 11, 5         | Изучение многомерных последовательностей и ЛИС-цепей                        |
| 18. Многомерные случайные последовательности и ЛИС-цепи                             | 0 | 2 | 15, 8         | Изучение многомерных случайных последовательностей и ЛИС-цепей              |

#### 4. Самостоятельная работа обучающегося

| №                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Виды самостоятельной работы | Ссылки на результаты обучения | Часы на выполнение | Часы на консультации |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|
| <b>Семестр: 6</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                             |                               |                    |                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | РГЗ                         | 1, 2, 3                       | 5                  | 3                    |
| Выполнение расчётно-графического задания: Васюков В. Н. Цифровая обработка сигналов и сигнальные процессы в системах подвижной радиосвязи : [учебник] / В. Н. Васюков. - Новосибирск, 2006. - 288, [3] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06_Vasyukov(U).rar">http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06_Vasyukov(U).rar</a>                                     |                             |                               |                    |                      |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Подготовка к занятиям       | 1, 2, 3                       | 6                  | 2                    |
| Повторение и закрепление материала предыдущих лекций по конспекту и учебнику: Васюков В. Н. Цифровая обработка сигналов и сигнальные процессы в системах подвижной радиосвязи : [учебник] / В. Н. Васюков. - Новосибирск, 2006. - 288, [3] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06_Vasyukov(U).rar">http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06_Vasyukov(U).rar</a> |                             |                               |                    |                      |

#### 5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

| Деятельность                  | Информационно-коммуникационные технологии                                                                                                                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Информирование                | Личный типовой сайт: <a href="http://ciu.nstu.ru/kaf/persons/424">http://ciu.nstu.ru/kaf/persons/424</a> ; Портал НГТУ: <a href="http://www.nstu.ru/">http://www.nstu.ru/</a> |
| Консультирование              | Личный типовой сайт; Портал НГТУ                                                                                                                                              |
| Размещение учебных материалов | Личный типовой сайт; Портал НГТУ                                                                                                                                              |

## 6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

| Оцениваемые виды деятельности обучающихся  | Мин. балл | Максимальный балл |
|--------------------------------------------|-----------|-------------------|
| <b>Семестр: 6</b>                          |           |                   |
| Лабораторная №1: Выполнение и защита       | 3         | 6                 |
| Лабораторная №2: Выполнение и защита       | 3         | 6                 |
| Лабораторная №3: Выполнение и защита       | 3         | 6                 |
| Лабораторная №4: Выполнение и защита       | 3         | 6                 |
| Практические занятия:                      | 8         | 36                |
| РГЗ:                                       | 10        | 20                |
| Зачет:                                     | 10        | 20                |
| Контролирующие материалы - список вопросов |           |                   |

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

| Коды компетенций ФГОС | Результаты обучения                                                                                                       | Формы контроля |       |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|
|                       |                                                                                                                           | Защита РГЗ     | Зачет |
| ПК.17                 | зб. знать математическое описание цифровых фильтров во временной и в частотной области и методы синтеза цифровых фильтров | +              | +     |
|                       | у7. уметь вычислять отклик цифрового фильтра на различные входные воздействия и синтезировать цифровой фильтр             | +              |       |

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

## 7. Литература

### Основная литература

1. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие для вузов / А. Б. Сергиенко. - СПб., 2007. - 750 с. : ил.
2. Попов О. Б. Цифровая обработка сигналов в трактах звукового вещания : [ учебное пособие для вузов по специальностям 201100 (210405) - "Радиосвязь, радиовещание и телевидение" и 201200 (210402) - "Средства связи с подвижными объектами" направления 654400 - "Телекоммуникации"] / О. Б. Попов, С. Г. Рихтер. - М., 2007. - 341 с. : ил.
3. Кононов В. Т. Цифровая фильтрация сигналов : учебное пособие / В. Т. Кононов, Д. С. Худяков, Г. П. Чикильдин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 61, [1] с. : ил. - Режим доступа: [http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008\\_konon.rar](http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_konon.rar)

### Дополнительная литература

1. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы : Руководство к решению задач: Учеб. пособие для радиотехн. спец. вузов. - М., 1987. - 206, [1] с. : ил.

2. Солонина А. И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в MATLAB : [учебное пособие для вузов по направлению подготовки дипломированных специалистов 210400 "Телекоммуникации"] / А. И. Солонина, С. М. Арбузов. - СПб., 2008. - 806 с. : ил., табл.
3. Смит С. Цифровая обработка сигналов : практическое руководство для инженеров и научных работников / Стивен Смит ; пер. с англ. Ю. А. Линовича, С. В. Витязева, И. С. Гусинского]. - М., 2011. - 718 с. : ил. + 1 CD-ROM.
4. Бизин А. Т. Введение в цифровую обработку сигналов : учебное пособие / А. Т. Бизин ; Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики. - Новосибирск, 1998. - 52 с. : ил., табл.
5. Савченко С. М. Математическое моделирование радиосистем : Учеб. пособие для V курса дневного отд-ния РТФ (спец. 0701). - Новосибирск, 1984. - 80 с.
6. Оппенгейм А. В. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер ; пер. с англ. С. А. Кулешова под ред. А. Б. Сергиенко. - М., 2007. - 855 с. : ил.
7. Гольденберг Л. М. Цифровая обработка сигналов : справочник / Л. М. Гольденберг, Б. Д. Матюшкин, М. Н. Поляк. - М., 1985. - 311, [1] с. : схемы, табл.
8. Основы цифровой обработки сигналов : [учебное пособие по направлению подготовки специалистов 654400 "Телекоммуникации"] / А. И. Солонина [и др.]. - СПб., 2005. - 753 с. : ил.

#### *Интернет-ресурсы*

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

### **8. Методическое и программное обеспечение**

#### *8.1 Методическое обеспечение*

1. Баскей В. Я. Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях : учебное пособие / В. Я. Баскей, А. Н. Яковлев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 52, [2] с. : ил., табл. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/bask.pdf>. - Инновационная образовательная программа НГТУ «Высокие технологии».
2. Васюков В. Н. Цифровая обработка сигналов и сигнальные процессы в системах подвижной радиосвязи : [учебник] / В. Н. Васюков. - Новосибирск, 2006. - 288, [3] с. : ил. - Режим доступа: [http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06\\_Vasyukov\(U\).rar](http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06_Vasyukov(U).rar)

#### *8.2 Специализированное программное обеспечение*

- 1 Signal Processing Toolbox MATLAB
- 2 MATLAB
- 3 MathCAD

### **9. Материально-техническое обеспечение**

Компьютерный класс

| № | Наименование                                                                      | Назначение                    |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet ) | Выполнение лабораторных работ |



Комплект оборудования

| № | Наименование                                 | Назначение                                 |
|---|----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1 | Персональный компьютер INTEL CORE2 DUO E7300 | Чтение лекций с использованием презентаций |

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра теоретических основ радиотехники

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН РЭФ  
д.т.н., профессор В.А. Хрусталев  
“     ”     \_\_\_\_\_ Г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### **Цифровая обработка сигналов**

Образовательная программа: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
, профиль: Системы мобильной связи

## 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Цифровая обработка сигналов приведена в Таблице.

Таблица

| Формируемые компетенции                                                                                                                                                         | Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)                                                          | Темы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Этапы оценки компетенций                                      |                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.) | Промежуточная аттестация (экзамен, зачет) |
| ОПК.7 способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности | з2. знать математическое описание цифровых фильтров во временной и в частотной области и методы синтеза цифровых фильтров | z-Преобразование Быстрое преобразование Фурье Воздействие стационарных случайных последовательностей на ЛИС-цепи Дискретно-временное преобразование Фурье Дискретное преобразование Фурье ЛИС-цепи с линейной фазочастотной характеристикой Многомерные случайные последовательности и ЛИС-цепи Последовательности и дискретные цепи Пространство последовательностей Разностное уравнение и структурная схема рекурсивной цепи Стационарные случайные последовательности Структура и разностное уравнение цепи с конечной импульсной характеристикой Формы реализации ЛИС-цепей Элементарные последовательности. | РГЗ                                                           | Зачет                                     |
| ОПК.7                                                                                                                                                                           | у2. уметь вычислять отклик цифрового фильтра на различные входные воздействия и синтезировать цифровой фильтр             | Быстрое преобразование Фурье Все пропускающие и минимально-фазовые цепи ЛИС-цепи с линейной фазочастотной характеристикой Многомерные случайные последовательности и ЛИС-цепи Последовательности и дискретные цепи Стационарные случайные последовательности Структура передаточной функции и импульсной характеристики ЛИС-цепи конечного порядка Формы реализации ЛИС-цепей                                                                                                                                                                                                                                     | РГЗ                                                           |                                           |

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 6 семестре - в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.17/ЭИ.

Зачет проводится в устной форме; студент выбирает случайным образом билет, содержащий два вопроса и задачу, после чего в течение 45 минут он готовится к ответу и решает задачу. Во время ответа на вопросы билета и при проверке решения задачи преподаватель может задавать дополнительные и наводящие вопросы, направленные на возможно более точную оценку глубины и полноты знаний студента.

Кроме того, сформированность компетенции проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 6 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ПК.17/ЭИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

### **Общая характеристика уровней освоения компетенций.**

**Ниже порогового.** Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса не освоено или освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

**Пороговый.** Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**Базовый.** Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

**Продвинутый.** Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

## Паспорт зачета

по дисциплине «Цифровая обработка сигналов», 6 семестр

### 1. Методика оценки

Зачёт проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1–15, второй вопрос из диапазона вопросов 16–30 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

### Форма билета для зачета

Министерство образования  
и науки РФ

Новосибирский  
государственный  
технический университет

По дисциплине

Факультет РЭФ

#### БИЛЕТ № 1

«Цифровая  
обработка сигналов»  
Курс III

1. Структура БИХ-цепи.
2. Стационарные случайные последовательности
3. Цепь описывается уравнением

$$y[n] = y[n] + \frac{7}{4}y[n-1] - \frac{49}{32}y[n-2];$$

Найдите передаточную функцию цепи.

Составил профессор

\_\_\_ . \_\_\_. 20\_\_ г.

Утверждаю: зав. кафедрой \_\_\_\_\_ должность, ФИО  
(подпись)

(дата)

### 2. Критерии оценки

- Ответ на билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет 0–9 баллов. Баллы к рейтингу не добавляются; экзамен считается не сданным.
- Ответ на билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи

явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *10–13 баллов*.

- Ответ на билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *14–17 баллов*.
- Ответ на билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *18–20 баллов*.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы, полученные на зачете, суммируются с баллами, полученными студентом в семестре и учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в таблице

Таблица

| Характеристика работы студента                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Диапазон баллов рейтинга | Оценка ECTS | Традиционная (4-уровневая) шкала оценки |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------|-----------------------------------------|---------|
| «Отлично» – работа высокого качества, уровень выполнения отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному                             | 98-100                   | A+          | отлично                                 | зачтено |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 93-97                    | A           |                                         |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 90-92                    | A-          |                                         |         |
| «Очень хорошо» – работа хорошая, уровень выполнения отвечает большинству требований, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному | 87-89                    | B+          | хорошо                                  |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 83-86                    | B           |                                         |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 80-82                    | B-          |                                         |         |
| «Хорошо» – уровень выполнения работы отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью,                                                                                                                                                                                                                                                                           | 77-79                    | C+          |                                         |         |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |       |    |                     |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|---------------------|------------|
| без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки                                                                                                                             | 73-76 | C  |                     |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 70-72 | C- | удовлетворительно   |            |
| «Удовлетворительно» – уровень выполнения работы отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками                                      | 67-69 | D+ | удовлетворительно   | зачтено    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 63-66 | D  |                     |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 60-62 | D- |                     |            |
| «Посредственно» – работа слабая, уровень выполнения не отвечает большинству требований, теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному                                                                            | 50-59 | E  |                     |            |
| «Неудовлетворительно» (с возможностью пересдачи) – теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий | 25-49 | FX | неудовлетворительно | Не зачтено |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |   |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|--|--|
| «Неудовлетворительно» (без возможности пересдачи) – теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий | 0-24 | F |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|--|--|

#### 4. Вопросы к зачету по дисциплине «Цифровая обработка сигналов»

1. Элементарные последовательности. Пространство последовательностей.
2. Норма, метрика,
3. Базисы пространства последовательностей
4. Последовательности и дискретные цепи.
5. Дискретная свертка и ее свойства
6.  $z$ -Преобразование
7. Единичная окружность.
8. Дискретно-временное преобразование Фурье
9. Дискретное преобразование Фурье
10. Быстрое преобразование Фурье
11. Структура цепи с конечной импульсной характеристикой.
12. Разностное уравнение и структурная схема КИХ-цепи
13. Разностное уравнение и структурная схема рекурсивной цепи
14. Разностное уравнение и структура ЛИС-цепи конечного порядка
15. Строение импульсной характеристики ЛИС-цепи конечного порядка
16. Комплексная частотная характеристика ЛИС-цепи конечного порядка
17. Все пропускающие цепи.
18. Минимально-фазовые цепи
19. ЛИС-цепи с линейной фазочастотной характеристикой
20. Рекурсивная вычислимость
21. Описание цепей направленными графами
22. Формы реализации ЛИС-цепей
23. ЛИС-цепи с многими входами и многими выходами
24. Стационарные случайные последовательности
25. Эргодические случайные последовательности
26. Моделирование случайных последовательностей
27. Воздействие стационарных случайных последовательностей на ЛИС-цепи
28. Многомерные последовательности
29. Многомерные ЛИС-цепи
30. Многомерные случайные последовательности и ЛИС-цепи



## Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Цифровая обработка сигналов», 6 семестр

### 1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны по заданному разностному уравнению определить тип цепи, а также по заданным коэффициентам передаточной функции цепи составить разностное уравнение, найти комплексную частотную характеристику, АЧХ, ФЧХ, построить нуль-полюсную диаграмму, определить импульсную характеристику в соответствии с исходными данными.

### 2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), оценка составляет 0 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если РГЗ(Р) выполнено формально, допущены грубые нарушения правил оформления, работа возвращалась студенту для исправления принципиальных ошибок, после их исправления при защите РГЗ студент отвечает на вопросы с большими затруднениями и неполно. Оценка составляет 10–13 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если студентом были допущены незначительные нарушения правил оформления, в расчётах были допущены незначительные ошибки, впоследствии исправленные, при защите студент даёт в целом правильные, но неполные ответы на вопросы преподавателя. Оценка составляет 14–18 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если РГЗ(Р) выполнено своевременно, оформлено в соответствии с правилами, ошибки отсутствуют, на защите студент даёт на все вопросы полные и исчерпывающие ответы, свидетельствующие о полном понимании и самостоятельном выполнении работы. Оценка составляет 19–20 баллов.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с таблицей

| Характеристика работы студента                                                                                                                                                                                                                                 | Диапазон баллов рейтинга | Оценка ECTS | Традиционная (4-уровневая) шкала оценки |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------|-----------------------------------------|---------|
| «Отлично» – работа высокого качества, уровень выполнения отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой | 98-100                   | A+          | отлично                                 | зачтено |
|                                                                                                                                                                                                                                                                | 93-97                    | A           |                                         |         |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |       |    |                   |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|-------------------|---------|
| обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 90-92 | A- |                   |         |
| «Очень хорошо» – работа хорошая, уровень выполнения отвечает большинству требований, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному                                      | 87-89 | B+ |                   |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 83-86 | B  | хорошо            |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 80-82 | B- |                   |         |
| «Хорошо» – уровень выполнения работы отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки | 77-79 | C+ |                   |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 73-76 | C  |                   |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 70-72 | C- | удовлетворительно |         |
| «Удовлетворительно» – уровень выполнения работы отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками                                     | 67-69 | D+ | удовлетворительно | зачтено |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 63-66 | D  |                   |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 60-62 | D- |                   |         |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |       |    |                     |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|---------------------|------------|
| «Посредственно» – работа слабая, уровень выполнения не отвечает большинству требований, теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному                                                                            | 50-59 | E  |                     |            |
| «Неудовлетворительно» (с возможностью пересдачи) – теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий | 25-49 | FX | неудовлетворительно | Не зачтено |
| «Неудовлетворительно» (без возможности пересдачи) – теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий                                                                                | 0-24  | F  |                     |            |

#### 4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Задание формируется с использованием варианта и подварианта, которые назначаются каждому студенту в начале семестра.

1. По заданным разностным уравнениям цифровых цепей проверьте их физическую реализуемость (каузальность), стационарность, линейность и устойчивость:

Таблица 1

| Вариант | Разностное уравнение                                                           |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | $y[n] = a x[n - k] ,$                                                          |
| 2       | $y[n] = \begin{cases} ax[n - k], x[n] < c, \\ bx[n - k], x[n] > c \end{cases}$ |
| 3       | $y[n] = (n + a) x[n - k] ,$                                                    |

|   |                              |
|---|------------------------------|
| 4 | $y[n] = an x^2[n]$           |
| 5 | $y[n] = bx[n+1]$             |
| 6 | $y[n] = x[n] \cdot \sin(an)$ |
| 7 | $y[n] = ax[n+k] - x[n]$      |
| 8 | $y[n] = bx[n] - bx[n-k]$     |
| 9 | $y[n] = x[n+k] \exp(-nk)$    |
| 0 | $y[n] = x[n-k] \exp(-nk)$    |

Таблица 2

| Подвариант | a | b | c | k |
|------------|---|---|---|---|
| 1          | 1 | 4 | 3 | 2 |
| 2          | 3 | 2 | 4 | 1 |
| 3          | 2 | 3 | 1 | 4 |
| 4          | 4 | 1 | 2 | 3 |
| 5          | 2 | 1 | 3 | 4 |
| 6          | 3 | 2 | 4 | 3 |
| 7          | 2 | 1 | 4 | 2 |
| 8          | 3 | 1 | 4 | 2 |
| 9          | 5 | 2 | 1 | 6 |
| 0          | 3 | 4 | 6 | 5 |

2. По разностному уравнению

$$a_2 y[n-2] + a_1 y[n-1] + a_0 y[n] = b_2 x[n-2] + b_1 x[n-1] + b_0 x[n]$$

- составьте структурную схему цепи
- определите импульсную характеристику *устойчивой* дискретной цепи (аналитически)
- постройте график импульсной характеристики
- рассчитайте АЧХ и ФЧХ цепи, постройте графики.
- постройте нуль-полюсную диаграмму, обозначьте область сходимости  $z$ -преобразования ИХ.

Таблица 3

| Вариант | $a_2$ | $a_1$ | $a_0$ | Подвариант | $b_2$ | $b_1$ | $b_0$ |
|---------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|
| 1       | 3.1   | 0     | 7     | 1          | 1     | 9     | 2     |
| 2       | 5.3   | 5     | 3     | 2          | 4     | 8     | 4     |
| 3       | 7.7   | 1     | 4     | 3          | 3     | 7     | 6     |
| 4       | 8.4   | 2     | 2     | 4          | 7     | 6     | 8     |
| 5       | 5.6   | 6     | 5     | 5          | 5     | 5     | 0     |
| 6       | 3     | 4     | 2.5   | 6          | 2     | 4     | 9     |
| 7       | 6     | 9     | 6.4   | 7          | 0     | 3     | 1     |
| 8       | 9     | 8     | 2.2   | 8          | 6     | 2     | 3     |
| 9       | 7     | 5     | 7.4   | 9          | 8     | 1     | 5     |
| 0       | 4     | 7     | 9.3   | 0          | 9     | 0     | 7     |