

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Степанов Павел Иванович  
Должность: Руководитель НТИ НИЯУ МИФИ  
Дата подписания: 05.05.2026 12:01:50  
Уникальный программный ключ:  
8c65c591e26b2d8e460927740c792622aa3b295

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ"

НОВОУРАЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УТВЕРЖДЕНА  
Ученым советом НТИ НИЯУ МИФИ  
Протокол № 1 от 01.04.2024 г.

Рабочая программа  
учебной дисциплины  
"Системы цифровой обработки сигналов"

|                                        |                                                              |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Направление подготовки (специальность) | 09.03.01 – Информатика и вычислительная техника              |
| Профиль подготовки (специализация)     | Автоматизированные системы обработки информации и управления |
| Квалификация (степень) выпускника      | Бакалавр                                                     |
| Форма обучения                         | очная                                                        |

|                               |                      |
|-------------------------------|----------------------|
|                               | Очная форма обучения |
| Семестр                       | 7                    |
| Трудоемкость, ЗЕТ             | 4 ЗЕТ                |
| Трудоемкость, ч.              | 144 ч.               |
| Аудиторные занятия, в т.ч.:   | 54 ч.                |
| - лекции                      | 18 ч.                |
| - практические занятия        | 36 ч.                |
| - лабораторные занятия        | 0 ч.                 |
|                               |                      |
| Самостоятельная работа        | 63 ч.                |
| Контроль                      | 27 ч.                |
| Занятия в интерактивной форме | 20 ч                 |
| Форма итогового контроля      | экзамен              |

Индекс дисциплины в Рабочем учебном плане (РУП) – Б1.В.01.ДВ.04.02

Учебную программу составил ст. преподаватель кафедры автоматизации управления  
Степанов Павел Иванович

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Цели освоения учебной дисциплины .....                                                                                                         | 4  |
| 2. Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы.....                                                                            | 4  |
| 3. Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине и их соотношение с<br>планируемыми результатами освоения образовательной программы ..... | 5  |
| 4. Структура и содержание учебной дисциплины .....                                                                                                | 7  |
| 5. Информационно-образовательные технологии .....                                                                                                 | 10 |
| 6. Средства для контроля и оценки .....                                                                                                           | 11 |
| 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины.....                                                                       | 13 |
| 8. Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины.....                                                                                    | 14 |

Рабочая программа составлена в соответствии с Образовательным стандартом высшего образования Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» (квалификация (степень) «академический бакалавр») и рабочим учебным планом (РУП) по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» (профиль – «Автоматизированные системы обработки информации и управления»).

## **1. Цели освоения учебной дисциплины**

Дисциплина "Системы цифровой обработки сигналов" относится к циклу общепрофессиональных. Целями курса являются:

- формирование четких представлений о фундаментальных положениях теории цифровой обработки сигналов;
- обучение основам аналитических и численных методов расчета и анализа цифровых преобразователей измерительных сигналов;
- развитие навыков проектирования цифровых измерительных преобразователей, обработки экспериментальных результатов и их анализа.

Задача изложения и изучения дисциплины – создание оптимальных условий обучения дисциплине с учетом уровня подготовки студентов в области математики, физики и электроники.

## **2. Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы**

В соответствии с кредитно-модульной системой подготовки бакалавров по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» данная учебная дисциплина входит в часть «Дисциплины по выбору» основного раздела общепрофессионального модуля.

Дисциплина «Системы цифровой обработки сигналов» входит в число дисциплин окончательного формирования общекультурных и профессиональных компетенций выпускника и служит опорой для подготовки к его итоговой государственной аттестации.

Данная учебная дисциплина входит в часть «Дисциплины по выбору» профессионального цикла дисциплин Б1 и является дисциплиной по выбору.

Дисциплина знакомит с основными принципами проектирования систем цифровой обработки сигналов. Предшествующий уровень образования обучаемого – среднее (полное) общее образование.

### 3. Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине и их соотношение с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Данный раздел устанавливает сквозное соотношение между планируемым результатом (ПР) в данной учебной дисциплине (УД) и образовательной программе (ОП).

#### 3.1. Планируемые результаты освоения образовательной программы, относящиеся к учебной дисциплине

В результате освоения содержания дисциплины «Системы цифровой обработки сигналов» студент должен обладать следующими компетенциями (Таблица 1).

Таблица 1 - Компетенции, реализуемые при изучении дисциплины

| Код компетенции                         | Компетенции                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b> |                                                                                                                                                        |
| ПК-3                                    | Способен разрабатывать модели и компоненты аппаратно-программных комплексов и баз данных, используя современные инструментальные средства и технологии |

#### 3.2. Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

В результате освоения дисциплины «Системы цифровой обработки сигналов» студент должен:

##### **Знать:**

31 - основные методы математического описания сигналов и цифровых измерительных преобразований;

32 - важнейшие свойства и характеристики цифровых измерительных преобразователей;

##### **Уметь:**

У1 - ставить и решать задачи, возникающие в процессе аппаратной реализации систем цифровой обработки сигналов;

##### **Владеть:**

В1 - навыками расчета цифровых измерительных преобразователей.

#### 3.3 Воспитательный потенциал дисциплины

| Задачи воспитания (код)                                                                                                                       | Воспитательный потенциал дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>В17</b> Формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия | 1. Использование воспитательного потенциал дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок.<br>2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты |
| <b>В18</b> Формирование ответственности за                                                                                                    | Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| профессиональный<br>выбор,<br>профессиональное<br>развитие и<br>профессиональные<br>решения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | студентов ответственности за свое профессиональное<br>развитие посредством выбора студентами<br>индивидуальных образовательных траекторий,<br>организации системы общения между всеми<br>участниками образовательного процесса, в том числе с<br>использованием новых информационных технологий.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p><b>B20</b> Формирование<br/>навыков<br/>коммуникации,<br/>командной работы и<br/>лидерства</p> <p><b>B21</b> Формирование<br/>способности и<br/>стремления следовать в<br/>профессии нормам<br/>поведения,<br/>обеспечивающим<br/>нравственный характер<br/>трудовой деятельности<br/>и неслужебного<br/>поведения</p> <p><b>B22</b> Формирование<br/>творческого<br/>инженерного<br/>мышления, навыков<br/>организации<br/>коллективной<br/>проектной<br/>деятельности</p> | <p>1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, практик и подготовку ВКР.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для:<br/>- формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</p> |

#### 4. Структура и содержание учебной дисциплины

Объем дисциплины составляет при очной форме обучения (ОЗФО) 4 ЗЕТ, 144 ч.;

##### 4.1. Структура учебной дисциплины.

Семестр – 7

| №<br>п/п | Название темы/раздела<br>учебной дисциплины                      | Виды учебных занятий, и<br>их трудоемкость (в часах) |                      |                      |                         |                        | Ссылка на ПР УД | Форма контроля |
|----------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|----------------|
|          |                                                                  | Лекции                                               | Практические занятия | Лабораторные занятия | Курсовые работы/проекты | Самостоятельная работа |                 |                |
| 1        | 2                                                                | 4                                                    | 5                    | 6                    | 7                       | 8                      | 9               | 10             |
| 1.       | <i>Основные понятия цифровой обработки сигналов</i>              | 6                                                    | 12                   | -                    | -                       | 21                     | 31              | Пр1            |
| 2.       | <i>Цифровые фильтры</i>                                          | 6                                                    | 12                   | -                    | -                       | 21                     | 32,<br>В1       | Пр2,<br>Рк     |
| 3.       | <i>Особенности реализации систем цифровой обработки сигналов</i> | 6                                                    | 12                   | -                    | -                       | 21                     | У1              | Пр3            |
| Итого:   |                                                                  | 18                                                   | 36                   | -                    | -                       | 63                     |                 |                |
| 4.       | Зачет                                                            |                                                      |                      |                      |                         |                        |                 | ОВ             |

Примечания:

ОВ – Ответ на вопрос; Пр – Практическая работа; Рк – рубежный контроль

#### 4.2. Содержание учебной дисциплины.

##### Лекции

| №<br>п/п | Тема/раздел учебной дисциплины                                   | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Трудоемкость,<br>час. |
|----------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1.       | <i>Основные понятия цифровой обработки сигналов</i>              | Лекция 1. Виды сигналов, линейные дискретные стационарные системы. Частотные характеристики, разностные уравнения. Дискретизация и восстановление сигналов.<br>Лекция 2. Определение $Z$ преобразования, область сходимости, свойства. Методы нахождения обратного $Z$ преобразования<br>Лекция 3. Дискретное преобразование Фурье, свойства<br>Алгоритмы быстрого преобразования Фурье. | 6                     |
| 2.       | <i>Цифровые фильтры</i>                                          | Лекция 4. КИХ-фильтры. Определение, свойства.<br>Лекция 5. Синтез КИХ-фильтра методом взвешивания. Синтез КИХ-фильтра методом частотных выборок.<br>Лекция 6. БИХ-фильтры. Свойства, методы синтеза.                                                                                                                                                                                     | 6                     |
| 3.       | <i>Особенности реализации систем цифровой обработки сигналов</i> | Лекция 7. Структурные схемы цифровых фильтров. Виды, достоинства и недостатки.<br>Лекция 8. Эффекты квантования в цифровых фильтрах. Квантование по уровню, шумы квантования.<br>Лекция 9. Предельные циклы, квантование коэффициентов передаточной функции.                                                                                                                             | 6                     |

**Практические занятия**

| №<br>п/п | Тема/раздел учебной дисциплины                                   | Содержание                                                                                                                  | Трудоемкость,<br>час. |
|----------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1.       | <i>Основные понятия цифровой обработки сигналов</i>              | Практическая работа 1. Исследование дискретной системы. Определение характеристик системы и реакции на входное воздействие. | 12                    |
| 2.       | <i>Цифровые фильтры</i>                                          | Практическая работа 2. Синтез и исследование КИХ-фильтров.                                                                  | 12                    |
| 3.       | <i>Особенности реализации систем цифровой обработки сигналов</i> | Практическая работа 3. Синтез и исследование БИХ-фильтров.                                                                  | 12                    |

**Самостоятельная работа обучающихся**

Самостоятельная работа студента по учебной дисциплине регламентируется «Положением об организации самостоятельной работы студентов в НТИ НИЯУ МИФИ».

| №<br>п/п | Тема/раздел учебной дисциплины                                   | Вид самостоятельной работы и ее содержание <sup>1</sup>                                                                               | Трудоемкость,<br>час. |
|----------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1.       | <i>Основные понятия цифровой обработки сигналов</i>              | Изучение текущего материала по теме лекции. Подготовка к выполнению практической работы 1.                                            | 21                    |
| 2.       | <i>Цифровые фильтры</i>                                          | Изучение текущего материала по теме лекции. Подготовка к выполнению практической работы 2. Подготовка к промежуточному контролю (Рк). | 21                    |
| 3.       | <i>Особенности реализации систем цифровой обработки сигналов</i> | Изучение текущего материала по теме лекции. Подготовка к выполнению практической работы 3.                                            | 21                    |

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы студентов приведен в Приложении 1.

<sup>1</sup> В соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы студентов в НТИ НИЯУ МИФИ»

## 5. Информационно-образовательные технологии

Рекомендации для преподавателя по использованию информационно-образовательных технологий содержатся в «Положении об организационных формах и технологиях образовательного процесса в НТИ НИЯУ МИФИ».

| №<br>п/п | Тема/раздел<br>учебной<br>дисциплины                                         | Форма<br>занятия <sup>2</sup>     | Используемые технологии,<br>включая перечень<br>программного обеспечения и<br>информационные справочные<br>системы (при наличии) | Трудоемкость,<br>час. |
|----------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1.       | <i>Основные понятия<br/>цифровой<br/>обработки сигналов</i>                  | Лекции,<br>Практические<br>работы | Компьютерный класс, банк<br>лекций-презентаций.                                                                                  | 7                     |
| 2.       | <i>Цифровые фильтры</i>                                                      | Лекции,<br>Практические<br>работы | Компьютерный класс, банк<br>лекций-презентаций.                                                                                  | 7                     |
| 3.       | <i>Особенности<br/>реализации систем<br/>цифровой<br/>обработки сигналов</i> | Лекции,<br>Практические<br>работы | Компьютерный класс, банк<br>лекций-презентаций.                                                                                  | 6                     |

---

<sup>2</sup> В соответствии с «Положением об организационных формах и технологиях образовательного процесса в НТИ НИЯУ МИФИ»

## 6. Средства для контроля и оценки

В данном разделе приводятся средства для контроля уровня текущей успеваемости и достижения ПР УД.

Для оценки достижений студента используется балльно-рейтинговая система (Приложение 2).

Для целей промежуточной аттестации используется фонд оценочных средств (ФОС) по дисциплине (Приложение 3).

В конце освоения дисциплины студент сдает экзамен. Студенту предлагается ответить в устной форме на один вопрос из приведенного ниже списка и решить одну задачу.

### **Вопросы к экзамену**

- 1 Основные понятия: сигналы, дискретизация, квантование. Основные последовательности.
- 2 Линейные дискретные инвариантные к сдвигу системы. Свойства.
- 3 Расчет реакции линейной дискретной инвариантной к сдвигу системы на входное воздействие путем свертки.
- 4 Устойчивость и физическая реализуемость линейной дискретной инвариантной к сдвигу системы.
- 5 Разностные уравнения и их решение.
- 6 Частотные характеристики линейных дискретных инвариантных к сдвигу систем.
- 7 Дискретизация непрерывных сигналов.
- 8 Восстановление непрерывных сигналов по их дискретным отсчетам.
- 9 Z-преобразование.
- 10 Обратное z-преобразование.
- 11 Свойства z-преобразования.
- 12 Передаточная функция линейной дискретной инвариантной к сдвигу системы.
- 13 Расчет реакции линейной дискретной инвариантной к сдвигу системы на произвольное воздействие путем z-преобразования.
- 14 Дискретное преобразование Фурье.
- 15 Свойства дискретного преобразования Фурье.
- 16 Круговая и линейная свертка.
- 17 Секционированная свертка.
- 18 Быстрое преобразование Фурье. Алгоритм с прореживанием по времени.
- 19 Быстрое преобразование Фурье. Алгоритм с прореживанием по частоте.
- 20 Фильтры с конечными импульсными характеристиками. Свойства.
- 21 Синтез цифровых КИХ-фильтров методом «окна».
- 22 Синтез цифровых КИХ-фильтров методом частотной выборки.
- 23 Фильтры с бесконечными импульсными характеристиками. Свойства.
- 24 Методы дискретизации непрерывных фильтров. Метод инвариантного преобразования и метод согласованного z-преобразования.
- 25 Методы дискретизации непрерывных фильтров. Билинейное преобразование.
- 26 Методы дискретизации непрерывных фильтров. Метод отображения дифференциалов.
- 27 Структурные схемы цифровых фильтров.
- 28 Эффекты квантования в цифровых фильтрах.

**Перечень задач, включенных в экзаменационные вопросы**

1 Рассчитать с помощью z-преобразования реакцию на единичную последовательность системы, описываемой разностным уравнением

$$y(n) = 1.1y(n-1) - 0.24y(n-2) + x(n) - 0.5x(n-1)$$

2 Найти обратное z-преобразование

$$\frac{z^2 - 0.5z}{z^2 + 0.3z - 0.1}$$

3 Найти z-преобразование сигнала

$$x(n) = u(n) \cdot \cos(5 \cdot n)$$

4 Определить устойчивость системы, описываемой разностным уравнением, и реакцию на единичную последовательность

$$y(n) = -0.3y(n-1) + 0.1y(n-2) - x(n)$$

5 Рассчитать реакцию на единичную последовательность системы, описываемой передаточной функцией

$$\frac{0.25z^{-1} + 1}{z^{-2} + 1.1z^{-1} + 0.24}$$

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

### 7.1 Основная литература

- 1 Умняшкин С.В. Теоретические основы цифровой обработки и представления сигналов [Электронный ресурс]: учебное пособие — М.: Техносфера, 2012.— 368 с.— Режим доступа: ЭБС «IPRbooks», <http://www.iprbookshop.ru>
- 2 Вадутов О.С. Математические основы обработки сигналов. Практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие — Томск: Томский политехнический университет, 2014.— 102 с.— Режим доступа: ЭБС «IPRbooks», <http://www.iprbookshop.ru>
- 3 Лузин В.И. Основы формирования, передачи и приема цифровой информации [Электронный ресурс]: учебное пособие — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2014.— 320 с.— Режим доступа: ЭБС «IPRbooks», <http://www.iprbookshop.ru>
- 4 Решетов В.Н. ТОС: методы и средства ЦОС. [учеб. пособие для вузов]. Электронный ресурс. — Москва : МИФИ. 2008. — точка доступа – ЭБС НИЯУ МИФИ – [mehpi.ru](http://mehpi.ru)

### 7.2 Дополнительная литература

- 1 А. Оппенгейм. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] — М.: Техносфера, 2012.— 1048 с.— Режим доступа: ЭБС «IPRbooks», <http://www.iprbookshop.ru>
- 2 А. Оппенгейм. Цифровая обработка сигналов : [учеб. пособие] / А. Оппенгейм [и др.] ; пер. с англ. С. А. Кулешова, под ред. А. С. Ненашева. — М. : Техносфера, 2006. - 856 с.
- 3 Древш Ю.Г. Технические средства сбора информации в измерительно-вычислительных комплексах : [учебное пособие]. Электронный ресурс. — Москва : НИЯУ МИФИ., 2013. — точка доступа – ЭБС НИЯУ МИФИ – [mehpi.ru](http://mehpi.ru)
- 4 Солонина А. И. Основы цифровой обработки сигналов. Курс лекций : [учебное пособие]. / А. И. Солонина и др. — СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 768 с

### 7.3 Информационное обеспечение (включая перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»)

- 1 <http://nsti.ru>
- 2 Научная библиотека e-library
- 3 ЭБС «Лань»
- 4 ЭБС «IPRbooks»

## **8. Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Учебная дисциплина обеспечена учебно-методической документацией и материалами. Её содержание представлено в локальной сети учебного заведения и находится в режиме свободного доступа для студентов. Доступ студентов для самостоятельной подготовки осуществляется через компьютеры библиотеки и компьютерных классов НТИ НИЯУ МИФИ.

Лекционные занятия:

1. комплект электронных презентаций/слайдов,
2. аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук).

Практические занятия:

1. компьютерный класс,
2. презентационная техника (проектор, экран, ноутбук)
3. специализированное ПО: MathCAD

## **Приложение 1. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы студентов.**

- стандарт организации СТО НТИ-2-2014. Требования к оформлению текстовой документации;
- стандарт организации СТО НТИ-1-2014. Курсовое проектирование. Общие требования к организации проектирования, содержанию и оформлению курсовых проектов и работ;
- методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся НТИ НИЯУ МИФИ.

## Приложение 2. Балльно-рейтинговая система оценки.

В течение семестра каждый студент в индивидуальном порядке может набрать максимальное количество баллов, равное 50. При наличии конспекта и сдаче экзамена студент может набрать еще 50 баллов.

| № п/п        | Наименование раздела                                      | Рубежный контроль | Максимальный балл |
|--------------|-----------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| 1            | Основные понятия цифровой обработки сигналов              | Пр1               | 10                |
| 2            | Цифровые фильтры                                          | Пр2,<br>Рк        | 10<br>20          |
| 3            | Особенности реализации систем цифровой обработки сигналов | Пр3               | 10                |
| 4            | Наличие конспекта                                         |                   | 10                |
| 5            | Экзамен                                                   |                   | 40                |
| <b>ИТОГО</b> |                                                           |                   | <b>100</b>        |

Оценка за дисциплину выставляется по фактическому количеству баллов, полученных студентом.

Полученные баллы переводятся в 5-балльную систему по следующей шкале.

| Оценка по 5 балльной шкале | Зачет      | Сумма баллов по дисциплине | Оценка (ECTS) | Градация            |
|----------------------------|------------|----------------------------|---------------|---------------------|
| 5 (отлично)                | Зачтено    | 90-100                     | A             | Отлично             |
| 4 (хорошо)                 |            | 85-89                      | B             | Очень хорошо        |
|                            |            | 75-84                      | C             | Хорошо              |
|                            |            | 70-74                      | D             | Удовлетворительно   |
|                            |            | 65-69                      |               |                     |
| 3 (удовлетворительно)      |            | 60-64                      | E             | Посредственно       |
| 2 (неудовлетворительно)    | Не зачтено | Ниже 60                    | F             | Неудовлетворительно |

### Приложение 3. Фонд оценочных средств.

#### Паспорт фонда оценочных средств

#### по дисциплине "СИСТЕМЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ" (наименование дисциплины)

Фонд оценочных средств (ФОС) предназначен для контроля и оценки образовательных достижений студентов, освоивших программу учебной дисциплины «Системы цифровой обработки сигналов».

ФОС включает контрольные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации в форме экзамена, методические материалы, характеризующие показатели и критерии оценивания результатов обучения.

ФОС разработан на основе положений:

- основной образовательной программы по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»;
- рабочей программы учебной дисциплины «Системы цифровой обработки сигналов».

### 1 Модели контролируемых компетенций

#### 1.1 Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

В соответствии с образовательной программой подготовки бакалавров по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» в результате изучения дисциплины обучающийся должен овладеть следующими результатами освоения ООП:

| Код компетенции | Результаты освоения ООП – содержание компетенции                                                                                                       | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-3            | Способен разрабатывать модели и компоненты аппаратно-программных комплексов и баз данных, используя современные инструментальные средства и технологии | Знать:<br>31 - основные методы математического описания сигналов и цифровых измерительных преобразований;<br>32 - важнейшие свойства и характеристики цифровых измерительных преобразователей;<br>Уметь:<br>У1 - ставить и решать задачи, возникающие в процессе аппаратной реализации систем цифровой обработки сигналов;<br>Владеть:<br>В1 - навыками расчета цифровых измерительных преобразователей. |

## 2 Программа оценивания контролируемых компетенций

### 2.1 Оценочные средства результатов обучения

| № п.п. | Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины          | Результаты освоения ООП        |                     | Виды аттестации  |                          | Наименование оценочного средства                                                            |
|--------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------|------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                                                           | Код контролируемой компетенции | Результаты обучения | Текущий контроль | Промежуточная аттестация |                                                                                             |
| 1      | Основные понятия цифровой обработки сигналов              | ОПК-5                          | 31                  | Пр1              | Вопросы к экзамену       | Вопросы для подготовки к экзамену.<br>Защита практической работы 1.                         |
| 2      | Цифровые фильтры                                          | ОПК-5                          | 32, В1              | Пр2, Рк          | Вопросы к экзамену       | Вопросы для подготовки к экзамену.<br>Защита практической работы 2.<br>Контрольное задание. |
| 3      | Особенности реализации систем цифровой обработки сигналов | ОПК-5                          | У1                  | Пр3              | Вопросы к экзамену       | Вопросы для подготовки к экзамену.<br>Защита практической работы 3.                         |

## 2.2 Характеристика оценочных средств

Для оценки достижений студента используется рейтинговая система оценок.

Распределение баллов рейтинга по видам деятельности «Системы цифровой обработки сигналов»:

| № п/п        | Наименование раздела                                      | Аттестация | Максимальный балл |
|--------------|-----------------------------------------------------------|------------|-------------------|
| 1            | Основные понятия цифровой обработки сигналов              | Пр1        | 10                |
| 2            | Цифровые фильтры                                          | Пр2,<br>Рк | 10<br>20          |
| 3            | Особенности реализации систем цифровой обработки сигналов | Пр3        | 10                |
| 4            | Наличие конспекта                                         |            | 10                |
| 5            | Экзамен                                                   |            | 40                |
| <b>ИТОГО</b> |                                                           |            | <b>100</b>        |

Оценка за дисциплину выставляется по фактическому количеству баллов, полученных студентом.

Полученные баллы переводятся в 5-балльную систему по следующей шкале.

| Оценка по 5 балльной шкале | Зачет      | Сумма баллов по дисциплине | Оценка (ECTS) | Градация            |
|----------------------------|------------|----------------------------|---------------|---------------------|
| 5 (отлично)                | Зачтено    | 90-100                     | A             | Отлично             |
| 4 (хорошо)                 |            | 85-89                      | B             | Очень хорошо        |
|                            |            | 75-84                      | C             | Хорошо              |
|                            |            | 70-74                      | D             | Удовлетворительно   |
| 3 (удовлетворительно)      |            | 65-69                      | E             | Посредственно       |
|                            | 60-64      |                            |               |                     |
| 2 (неудовлетворительно)    | Не зачтено | Ниже 60                    | F             | Неудовлетворительно |

Для оценки результатов обучения в зависимости от оцениваемого средства используются следующие шкалы оценок:

| Критерии оценок                                         | Шкала оценок                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                       | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Контрольное задание                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Полнота знаний теоретического контролируемого материала | <p>При текущем контроле знаний студенту предлагается ответить письменно на 2 вопроса.</p> <p>Количество баллов определяется правильностью ответа на каждый вопрос.</p> <p>Контрольное задание 1 (Рк) – макс. 20 баллов</p> <p>20 баллов ставится за полные ответы на вопросы.</p> <p>10 баллов ставится в случае неполного ответа на вопросы или в случае неправильного ответа на один из вопросов.</p> <p>0 баллов ставится, если выясняется, что он не знает основных понятий и определений курса.</p> |

| Критерии оценок                                         | Шкала оценок                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                       | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Экзамен</b>                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Полнота знаний теоретического контролируемого материала | <p>При промежуточной аттестации количество баллов определяется качеством и полнотой ответа студента на предоставленный вопрос.</p> <p>Задание на экзамен – макс. <i>40 баллов</i></p> <p>Задание на экзамен – ответ на один вопрос из приведенного списка и решение одной задачи.</p> <p>40 баллов ставится за полный ответ на вопрос и правильно решенную задачу.</p> <p>30 баллов ставится за достаточно полный ответ на вопрос с незначительными недочетами и правильно решенную задачу.</p> <p>20 баллов ставится в случае полного ответа на вопрос и неправильно решенную задачу.</p> <p>10 баллов ставится за неполный ответ на вопрос и неправильно решенную задачу.</p> <p>0 баллов ставится, если в беседе со студентом выясняется, что он не знает основных понятий и определений курса.</p> <p>В индивидуальном порядке по теме лекций могут быть заданы на экзамене дополнительные вопросы (из перечня).</p> |

### 3 Материалы, необходимые для оценки результатов обучения

#### 3.1 Перечень вопросов к экзамену

- 29 Основные понятия: сигналы, дискретизация, квантование. Основные последовательности.
- 30 Линейные дискретные инвариантные к сдвигу системы. Свойства.
- 31 Расчет реакции линейной дискретной инвариантной к сдвигу системы на входное воздействие путем свертки.
- 32 Устойчивость и физическая реализуемость линейной дискретной инвариантной к сдвигу системы.
- 33 Разностные уравнения и их решение.
- 34 Частотные характеристики линейных дискретных инвариантных к сдвигу систем.
- 35 Дискретизация непрерывных сигналов.
- 36 Восстановление непрерывных сигналов по их дискретным отсчетам.
- 37 Z-преобразование.
- 38 Обратное z-преобразование.
- 39 Свойства z-преобразования.
- 40 Передаточная функция линейной дискретной инвариантной к сдвигу системы.
- 41 Расчет реакции линейной дискретной инвариантной к сдвигу системы на произвольное воздействие путем z-преобразования.
- 42 Дискретное преобразование Фурье.
- 43 Свойства дискретного преобразования Фурье.
- 44 Круговая и линейная свертка.
- 45 Секционированная свертка.
- 46 Быстрое преобразование Фурье. Алгоритм с прореживанием по времени.
- 47 Быстрое преобразование Фурье. Алгоритм с прореживанием по частоте.
- 48 Фильтры с конечными импульсными характеристиками. Свойства.
- 49 Синтез цифровых КИХ-фильтров методом «окна».
- 50 Синтез цифровых КИХ-фильтров методом частотной выборки.
- 51 Фильтры с бесконечными импульсными характеристиками. Свойства.

52 Методы дискретизации непрерывных фильтров. Метод инвариантного преобразования и метод согласованного z-преобразования.

53 Методы дискретизации непрерывных фильтров. Билинейное преобразование.

54 Методы дискретизации непрерывных фильтров. Метод отображения дифференциалов.

55 Структурные схемы цифровых фильтров.

56 Эффекты квантования в цифровых фильтрах.

### **Перечень задач, включенных в экзаменационные вопросы**

6 Рассчитать с помощью z-преобразования реакцию на единичную последовательность системы, описываемой разностным уравнением

$$y(n) = 1.1y(n-1) - 0.24y(n-2) + x(n) - 0.5x(n-1)$$

7 Найти обратное z-преобразование

$$\frac{z^2 - 0.5z}{z^2 + 0.3z - 0.1}$$

8 Найти z-преобразование сигнала

$$x(n) = u(n) \cdot \cos(5 \cdot n)$$

9 Определить устойчивость системы, описываемой разностным уравнением, и реакцию на единичную последовательность

$$y(n) = -0.3y(n-1) + 0.1y(n-2) - x(n)$$

10 Рассчитать реакцию на единичную последовательность системы, описываемой передаточной функцией

$$\frac{0.25z^{-1} + 1}{z^{-2} + 1.1z^{-1} + 0.24}$$

## **3.2 Контрольные задания**

### **Контрольное задание 1 по дисциплине «Системы цифровой обработки сигналов»**

1. Что представляет собой дискретный сигнал?

2. Дать определение «Линейная система».

3. Что такое импульсная характеристика системы?

4. Определить устойчивость системы  $y(n) = y(n-1) - 0.5y(n-2) + x(n) - 0.25x(n-1)$

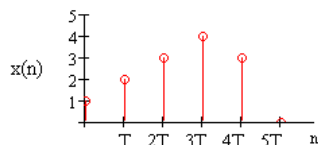
5. Чему равна импульсная характеристика системы, образованной последовательным соединением линейных стационарных систем?

6. Доказать, что  $Z\{a^n x(n)\} = X\left(\frac{z}{a}\right)$

7. Вывести  $Z\{\cos(\omega n) \cdot u(n)\}$ , указать область сходимости при  $\omega=2$ .

8. Изобразить область сходимости двусторонней последовательности, имеющей

z-преобразование 
$$X(z) = \frac{2 - z^{-1}}{3z^{-2} - 4z^{-1} + 1}$$



Чему равно  $x(2.5T)$ ?

- 10 Пояснить, что такое «Система инвариантная к сдвигу»?
- 11 Необходимое и достаточное условие устойчивости линейной стационарной дискретной системы.
- 12 Определить устойчивость системы  $y(n)=y(n-1)+0.5y(n-2)+x(n)+0.5x(n-1)$
- 13 Чему равна импульсная характеристика системы, образованной параллельным соединением линейных стационарных систем?
- 14 Доказать, что  $Z\{x(n-k)\}=z^{-k}X(z)$
- 15 Вывести  $Z\{\cosh(wn) \cdot u(n)\}$ , указать область сходимости при  $w=0.5$ .
- 16 Изобразить область сходимости правосторонней последовательности, имеющей  $z$ -преобразование  $X(z)=\frac{1}{z^2-6z^{-1}+5}$
17. Почему не существует  $z$ -преобразования периодической последовательности?
18. Что представляет собой преобразование Фурье дискретного сигнала?
19. Длина последовательности  $x_1$   $N$ ,  $x_2$  –  $N$ . Чему равна длина линейной свертки  $x_1$  и  $x_2$ ?
- 20 Изобразить очередность отсчетов последовательностей на входе и выходе черного ящика, представляющего БПФ с прореживанием по времени, для 8-ми точечной последовательности.
- 21 Что можно сказать об устойчивости КИХ-фильтров?
- 22 Кратко идея синтеза КИХ-фильтра методом взвешивания.
- 23 Достоинства БИХ-фильтров по сравнению с КИХ-фильтрами
- 24 Достоинства канонических форм реализации фильтров.
- 25 К чему приводит квантование сигнала при реализации цифровых фильтров?
- 26 Изобразить структурную схему КИХ-фильтра с длиной импульсной характеристики  $N=5$ .
- 27 Что физически представляет собой ДПФ периодической последовательности?
- 28 Что представляет собой преобразование Фурье импульсной характеристики системы?

29 Длина последовательности  $x_1$   $N$ ,  $x_2$  –  $N$ . Чему равна длина круговой свертки  $x_1$  и  $x_2$ ?

30 Изобразить очередность отсчетов последовательностей на входе и выходе черного ящика, представляющего БПФ с прореживанием по частоте, для 8-ми точечной последовательности.

31 Как получить КИХ-фильтр с линейной ФЧХ?

32 Кратко идея синтеза КИХ-фильтра методом частотных выборок.

33 Кратко идея синтеза БИХ-фильтра по данным аналоговых фильтров.

34 Достоинства транспонированных форм реализации фильтров.

35 Как влияет разрядность АЦП и входные цепи масштабирования на отношение сигнал-шум?

36 Изобразить каскадную схему фильтра с передаточной функцией

$$H(z) = \frac{1}{4z^2 + 4z + 1}$$

37 Спектральная характеристика последовательности  $x(n)$  длиной 10 равна  $X(\omega) = |\sin(\omega)|$ . Записать выражение ДПФ периодической последовательности, полученной повторением  $x(n)$ .

38 Что получим в результате обратного преобразования Фурье частотной характеристики системы?

39 Длина последовательности  $x_1$   $N_1$ ,  $x_2$  –  $N_2$ . Как получить линейную свертку  $x_1$  и  $x_2$ , используя круговую?

40 Какой из известных вам алгоритмов БПФ требует больше вычислительных ресурсов?

41 Каковы условия получения КИХ-фильтра с линейной ФЧХ?

42 Достоинства КИХ-фильтров по сравнению с БИХ-фильтрами?

43 Какие требования должны быть выполнены при дискретизации аналоговых систем?

44 Как следует преобразовать передаточную функцию системы для реализации последней по каскадной и параллельной структуре?

45 К чему приводит квантование коэффициентов при реализации цифровых систем?

46 Изобразить структурную схему фильтра с передаточной функцией

$$H(z) = \frac{2 - z^{-1}}{3z^{-2} - 4z^{-1} + 1}$$

#### **4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Компетенции по дисциплине «Системы цифровой обработки сигналов» формируются последовательно в ходе проведения лекционных и практических занятий.

С целью определения уровня овладения компетенциями, закрепленными за дисциплиной, в заданные преподавателем сроки проводится текущий и промежуточный контроль знаний, умений и навыков каждого обучающегося. Все виды текущего контроля осуществляются на практических занятиях.

Фонд оценочных средств сформирован на основе ключевых принципов оценивания:

- валидность - объекты оценки соответствуют поставленным целям обучения;
- надежность - используются единообразные стандарты и критерии для оценивания достижений;
- справедливость - студенты имеют равные возможности добиться успеха;
- эффективность - соответствие результатов деятельности поставленным задачам.

Процедура оценивания компетенций обучающихся основана на принципах единства используемой технологии для всех обучающихся, выполнения условий сопоставимости результатов оценивания.

Краткая характеристика процедуры реализации текущего и промежуточного контроля для оценки компетенций обучающихся представлена в таблице.

| Наименование оценочного средства | Краткая характеристика оценочного средства                                                | Представление оценочного средства в фонде |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1 Контрольное задание            | Система заданий, позволяющая в полной мере измерить уровень знаний и умений обучающегося. | Банк контрольных заданий                  |

