

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

УТВЕРЖДАЮ

Директор филиала

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске

Инженерно-технических наук, профессор

А.С. Федулов

2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ВВЕДЕНИЕ В ЦИФРОВУЮ ОБРАБОТКУ СИГНАЛОВ**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки: **09.03.01. «Информатика и вычислительная техника»**

Профиль: **«Автоматизированные системы обработки информации и управления»**

Уровень высшего образования: **бакалавриат**

Нормативный срок обучения: **4 года**

Форма обучения: **очная**

Год набора: **2023**

Смоленск

Программа составлена с учетом ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 09.03.01 «**Информатика и вычислительная техника**», утвержденного приказом Минобрнауки России от «19» сентября 2017 г. № 929.

**Программу составил:**

Старший преподаватель

подпись

Д.Ю. Попков

ФИО

«05» июня 2023 г.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Вычислительная техника» «07» июня 2023 г., протокол № 8.

**Заведующий кафедрой вычислительной техники  
д.т.н., профессор**

А.С. Федулов

«07» июня 2023 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

**Ответственный в филиале по работе  
с ЛОВЗ и инвалидами**

Е.В. Зуева

«07» июня 2023 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью освоения дисциплины** является подготовка обучающихся к решению задач профессиональной деятельности в области цифровой обработки сигналов по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» (профиль подготовки: «Автоматизированные системы обработки информации и управления») посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС и установленных программой бакалавриата на основе профессиональных стандартов, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

**Задачи дисциплины:** изучить понятийный аппарат дисциплины, основные теоретические положения, ознакомить обучающихся с математическими основами цифровой обработки, теорема Котельникова-Шеннона-Фурье, стробоскопический эффект, основами спектрального анализа, дискретизации сигналов, аналоговые, дискретные и цифровые сигналы, преобразование Фурье, цифровая фильтрация, БИХ (бесконечная импульсная характеристика) и КИХ (конечная импульсная характеристика) фильтры, идеальные фильтры, проектирование фильтров Баттерворта, Чебышева I рода, Чебышева II рода, эллиптических.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Введение в цифровую обработку сигналов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Данная дисциплина направлена на формирование профессиональных компетенций ПК-2 базируется на дисциплине «Математический анализ».

Перечень последующих дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной дисциплиной:  
Защита информации.

Также дисциплина является фундаментом для следующих практик и ГИА:  
Проектно-технологическая практика;  
Преддипломная практика;  
Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы.

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

#### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения
ПК-2 способен создавать и исследовать математические модели информационных процессов, связанных с функционированием объектов профессиональной деятельности	ПК 2.1. Знает: типовые решения, операции шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения	Знает: - методы математического моделирования информационных процессов и структур в области профессиональной деятельности Умеет: - разрабатывать и применять новые модели информационных процессов и структур, выполнять адаптацию моделей и анализ их адекватности.
	ПК 2.2. Умеет: использовать существующие типовые решения и проектировать программы для обработки данных	Владеет: - методами моделирования информационных процессов и структур, адаптации и анализа адекватности моделей в выбранной области исследования

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### Структура дисциплины:

№ п.п.	Индекс	Наименование дисциплины	Курс	Семестр	Контроль	Академических часов							з.е.	Компетенции	Группа	Наличие программы	
						Всего	Кон такт.	Лек	Лаб	Пр	КРП	СР					Контроль
1	Б1.В.09	Введение в цифровую обработку сигналов	4	7	заО	144	34	18	16			101	9	4	ПК-2	АС-21	

##### ОБОЗНАЧЕНИЯ:

##### Виды промежуточной аттестации (виды контроля):

Экз - экзамен;

ЗаО - зачет с оценкой;

За – зачет.

##### Виды работ:

Контакт. – контактная работа обучающихся с преподавателем;

Лек. – лекционные занятия;

Лаб.– лабораторные работы;

Пр. – практические занятия;

КРП – курсовая работа (курсовой проект);

РГР – расчетно-графическая работа (реферат);

СР – самостоятельная работа студентов;

з.е.– объем дисциплины в зачетных единицах.

### Содержание дисциплины:

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание
1	Лекционные занятия 9 шт. по 2 часа: 1.1. Введение в цифровую обработку. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы. Теорема Котельникова-Шеннона-Фурье. 1.2. Преобразование цифровых сигналов. Интерполяция. Децимация. 1.3. Спектральный анализ. Дискретное преобразование Фурье. Цифровое преобразование Фурье. Свойства преобразование Фурье. 1.4. Свертка сигналов, коррелиция, ковариаций, автокоррелиция и автоковариация. Свойства функций. Фильтрация Схемы КИХ и БИХ фильтров. 1.5. Идеальные фильтры, симметричные фильтры. 1.6. Преобразование Лапласа, Z-преобразование. Общие правила построения цифровых фильтров. 1.7. Построение фильтров Баттерворта. Построение Эллиптических фильров. 1.8. Построение фильров Чебышева I, II рода 1.9. Модуляция и демодуляция АМ, ЧМ, ФМ, КМ.
2	Лабораторные работы 4 шт. по 4 часа: 2.1. Создание цифрового сигнала, расчет свертки и автокорреляционной функции. 2.2. Спектральный анализ случайных последовательностей. Построение периодограмм методами Бартлетта и Уэлча. 2.3. Построение фильтра Баттерворта, Чебышева, Эллиптического. 2.4. Спектральный анализ аудио файла.
3	Самостоятельная работа студентов: 3.1. Подготовка к защите лабораторных работ. 3.2. Самостоятельное изучение теоретических материалов по следующим вопросам. Фильтры разностные. Фильтры сглаживания. Проектирование фильтров методом взвешивания. Метод наименьших квадратов. Ряды Фурье и базовые функции 3.3. Подготовка к зачету по дисциплине (оценочные материалы приведены в разделе 6 настоящей РПД).

### Текущий контроль:

- проверка конспектов лекций и дополнительных теоретических материалов;
- проверка отчетов по лабораторным работам;
- защита лабораторных работ.

Результаты текущего контроля фиксируются с использованием трехбалльной системы (0, 1, 2) при проведении контрольных недель по графику филиала в течение семестра, а также учитываются преподавателем при осуществлении промежуточной аттестации по настоящей дисциплине.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Таблица - Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебных занятий по дисциплине

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1	Лекции	Классическая (традиционная, информационная) лекция в формате мультимедийных презентаций.

2	Лабораторные работы	Технология выполнения лабораторных заданий индивидуально. Технология проблемного обучения на основе анализа результатов лабораторной работы: индивидуальный опрос, представление студентом результатов лабораторной работы в форме отчета.
3	Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная)	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине).
4	Контроль (промежуточная аттестация: зачет с оценкой)	Технология устного опроса.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ – ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

К промежуточной аттестации студентов по дисциплине могут привлекаться представители работодателей, преподаватели последующих дисциплин, заведующие кафедрами.

Оценка качества освоения дисциплины включает как текущий контроль успеваемости, так и промежуточную аттестацию.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости:

Вопросы для защиты лабораторной работы

«Создание цифрового сигнала, расчет свертки и автокорреляционной функции»

1. Для чего используются понятия “корреляция” и “свертка” в такой области, как цифровая обработка сигналов и изображений?
2. Привести описание операций “свертка” и “корреляция”.
3. Каким образом связаны понятия “свертка”, “корреляция” и БПФ?
4. Привести теорему свертки, теорему корреляции.

Вопросы для защиты лабораторной работы

«Спектральный анализ случайных последовательностей. Построение периодограмм методами Бартлетта и Уэлча»

1. Определение преобразование Фурье.
2. Отличие спектра непрерывного сигнала от ДПФ.
3. Дискретное преобразование Фурье
4. Быстрое преобразование Фурье
5. Что такое СПМ?
6. Преобразование Лапласа.

Вопросы для защиты лабораторной работы

«Построение фильтра Баттерворта, Чебышева, Эллиптического»

1. Что такое КИХ фильтр?
2. Схема КИХ фильтра.
3. Что такое БИХ фильтр?
4. Схема БИХ фильтра.
5. Передаточная функция фильтра Баттерворта.
6. Полином Чебышева.
7. Преобразование Лапласа.
8. Z-преобразование.
9. Биквадратное преобразование

Вопросы для защиты лабораторной работы

«Спектральный анализ аудио файла»

1. Метод фильтрации с помощью свертки.
2. Фильтрация с помощью преобразования Фурье.
3. Типы кодирования в аудио файле.
4. Типы цифровых фильтров.
5. Что такое частота пропускание?
6. Что такое неравномерность в полосе пропускание/подавления?
7. Какие есть способы смещения частоты пропускания в нормированном фильтре?
8. Как построить передаточную. Функцию
9. Построить схемы фильтра, полученного в ходе работы.



### Оценочные средства для промежуточной аттестации:

#### Примеры вопросов к зачету по дисциплине

1. Цифровые сигналы. Преобразование сигнала в цифровую форму. Природа сигналов.
2. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы.
3. Ключевые операции цифровой обработки.
4. Области применения цифровой обработки.
5. Преобразование Фурье.
6. Теорема Котельникова.
7. Цифровые фильтры. Общие понятия. Основные достоинства цифровых фильтров. Нерекурсивные фильтры.
8. Рекурсивные фильтры.
9. Импульсная реакция фильтров. Функция отклика. Определение импульсной реакции.
10. Передаточные функции фильтров. Z-преобразование. Устойчивость фильтров.
11. Частотные характеристики фильтров. Общие понятия. Основные свойства. Фазовая и групповая задержка.
12. Корреляция входа и выхода фильтров. Области применения нерекурсивных и рекурсивных фильтров.
13. Структурные схемы цифровых фильтров. Структурные схемы. Графы фильтров. Соединения фильтров. Схемы реализации фильтров. Обращенные формы.
14. Фильтры МНК 1-го порядка. Расчет коэффициентов фильтра. Импульсная реакция фильтра. Частотная характеристика фильтра. Модификация фильтра. Оптимизация сглаживания. Последовательная фильтрация.
15. Расчет простого цифрового фильтра по частотной характеристике.
16. Разностные фильтры.
17. Метод периодограмм оценки СПМ. Метод Бартлетта.
18. Метод периодограмм оценки СПМ. Метод модифицированных периодограмм (метод Уэлча)
19. Цифровые фильтры с сосредоточенными параметрами.
20. Проектирование цифровых фильтров методом взвешивания.
21. Проектирование фильтра Баттерворта.
22. Проектирование фильтра Чебышева I рода.
23. Проектирование фильтра Чебышева II рода.
24. Проектирование эллиптического фильтра.
25. Преобразование Лапласа.
26. Явление Гиббса.
27. Идеальные частотные фильтры.

В филиале используется система с традиционной шкалой оценок – "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно", "зачтено", "не зачтено" (далее - пятибалльная система).

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине – *зачет с оценкой*.

Применяемые критерии оценивания по дисциплинам (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«отлично»/ «зачтено (отлично)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практическое задание. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «эталонный».
«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющему предусмотренные задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом непринципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «продвинутый».
«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, знакомому с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившему погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившему другие практические задания из того же раздела дисциплины. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «пороговый».
«неудовлетворительно»/ не зачтено	Выставляется обучающемуся, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Учебное и учебно-лабораторное оборудование**

Для проведения лекционных занятий используется учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная специализированной мебелью; доской аудиторной; демонстрационным оборудованием: персональным компьютером (ноутбуком); переносным (стационарным) проектором.

Для проведения занятий лабораторного типа используется учебная аудитория для лабораторных работ, выполняемых в компьютерном классе, оснащенная специализированной мебелью; доской аудиторной; персональными компьютерами, связанными локальной вычислительной сетью с подключением к сети Интернет и доступом в ЭИОС филиала, укомплектованная стойкой с активным сетевым оборудованием (коммутаторами и маршрутизаторами).

Для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине используется помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное специализированной мебелью; доской аудиторной; персональными компьютерами с подключением к сети Интернет и доступом в ЭИОС филиала.

### **Программное обеспечение**

При проведении лекционных занятий предусматривается использование пакета Microsoft Office (система для подготовки и проведения презентаций Microsoft Power Point).

При проведении лабораторных работ студентами предусматривается использование математических пакетов, либо программирование на классических языках C, C++, C#, Java и др. и текстового редактора для оформления отчетов.

## **8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ**

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

### **для слепых и слабовидящих:**

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- зачёт проводится в устной форме или выполняется в письменной форме на компьютере.

### **для глухих и слабослышащих:**

- лекции оформляются в виде электронного документа;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- зачёт проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

**для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- зачёт проводится в устной форме или выполняется в письменной форме на компьютере;
- используется специальная учебная аудитория для лиц с ЛОВЗ – ауд. 106 главного учебного корпуса по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д, д.1, здание энергетического института (основной корпус).

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены филиалом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается **доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет** для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**для слепых и слабовидящих:**

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

**для глухих и слабослышащих:**

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

**для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература.**

1. Хемминг Р.В. Цифровые фильтры. – М.: Недра, 1987. – 221 с.
2. Оппенгейм А., Шаффер Р. Цифровая обработка сигналов. Москва, Техносфера, 2012. 1048 с. ISBN 978-5-94836-329-5
3. Лэм Г. Аналоговые и цифровые фильтры. Москва, Мир, 1982, 592 с.

### **Дополнительная литература.**

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 1988.- 448 с.
2. Гольденберг Л.М. и др. Цифровая обработка сигналов: Справочник. - М.: Радио и связь, 1985.- 312 с.
3. Гольденберг Л.М. и др. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1990.- 256 с.

4. Клаербоут Д.Ф. Теоретические основы обработки геофизической информации с приложением к разведке нефти. – М.: Недра, 1981. – 304 с.
5. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. – М.: Мир, 1978. – 848 с.
6. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов. Практический подход. / М., "Вильямс", 2004, 992 с.
7. Канасевич Э.Р. Анализ временных последовательностей в геофизике. - М.: Недра, 1985.- 300 с.
8. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов. Практический подход. / М., "Вильямс", 2004, 992с.  
Ноябрь, 2010.
9. Никитин А.А. Теоретические основы обработки геофизической информации: Учебник для вузов. - М.: Недра, 1986.- 342 с.

**Список авторских методических разработок.**

Методическое обеспечение по дисциплине «Введение в цифровую обработку» включает следующие авторские разработки:

- комплект лекций в формате мультимедийных презентаций;
- методические указания к лабораторным работам;
- учебно-методические материалы размещены на ресурсах кафедры.

### ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но- мер изме- мене- ния	Номера страниц				Всего стра- ниц в доку- менте	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего измене- ния в данный эк- земпляр	Дата внесения из- менения в данный эк- земпляр	Дата введения из- менения
	изме- ме- нен- ных	заме- ме- нен- ных	но- вых	анну- лиро- ро- ванн- ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10