

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Тверской государственный технический университет»**  
(ТвГТУ)

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по учебной работе

\_\_\_\_\_ Э.Ю. Майкова  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)»  
**«Методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов и изображений»**

Направление подготовки магистров– 27.04.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль) – Управление и информатика в технических системах  
Типы задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский, проектно-конструкторский

Форма обучения – очная

Факультет информационных технологий  
Кафедра «Автоматизация технологических процессов»

Тверь 2021

Рабочая программа дисциплины соответствует ОХОП подготовки магистров в части требований к результатам обучения по дисциплине и учебному плану.

Разработчик программы: доцент кафедры АТП \_\_\_\_\_ В.Г. Васильев

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры АТП  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г., протокол № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой АТП \_\_\_\_\_ Б.И. Марголис

Согласовано  
Начальник учебно-методического  
отдела УМУ \_\_\_\_\_ Д.А. Барчуков

Начальник отдела  
комплектования  
зональной научной библиотеки \_\_\_\_\_ О.Ф. Жмыхова

### 1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины «Методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов и изображений» является изучение студентами математических и алгоритмических основ цифровой обработки сигналов в задачах проектирования систем автоматического управления и компьютерного зрения.

**Задачами дисциплины являются:**

- **приобретение** теоретических знаний по частотному анализу сигналов и их фильтрации;
- **овладение** методами проектирования цифровых фильтров;
- **формирование** практических навыков программной реализации цифровых фильтров и их применения в системах управления и робототехнике.

### 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» ОП ВО. Для изучения курса требуются знания, полученные студентами при изучении дисциплин: «Электроника», «Алгоритмические языки и программирование», «Теория автоматического управления», «Моделирование систем управления».

Знания, полученные при освоении курса, используются при изучении дисциплин: «Математическое моделирование объектов и систем управления», «Компьютерные технологии». «Измерительный эксперимент в науке и технике».

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

#### 3.1 Планируемые результаты обучения по дисциплине

#### **Компетенции, закрепленные за дисциплиной в ОХОП:**

**ОПК-9.** Способен разрабатывать методики и выполнять эксперименты на действующих объектах с обработкой результатов на основе информационных технологий и технических средств.

#### **Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:**

**ИОПК-9.3.** Обрабатывает результаты экспериментов и измерений с использованием компьютерных технологий, использует методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов и изображений для анализа результатов измерений.

#### **Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**

##### **Знать:**

- 31. Математические методы частотного анализа непрерывных и дискретных сигналов.
- 32. Методы проектирования цифровых фильтров непрерывного и дискретного времени.

##### **Уметь:**

- У1. Конструировать системы управления и компьютерного зрения с применением цифровой обработки сигналов.
- У2. Встраивать аналоговые и цифровые фильтры в системы управления и компьютерного зрения.

#### **3.2. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций**

Проведение лекционных и практических занятий, самостоятельная работа под руководством преподавателя.

### 4.Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Зачетные единицы	Академические часы
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>144</b>
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>		<b>36</b>
В том числе:		
Лекции		12
Практические занятия (ПЗ)		24
Лабораторные работы (ЛР)		
<b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>		<b>108=72+36 (экз.)</b>
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Реферат		не предусмотрен
Другие виды самостоятельной работы:		

- изучение теоретической части дисциплины		40
-выполнение заданий по практическим занятиям		32
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (экзамен)		36 (экз.)
<b>Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)</b>		<b>0</b>

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Структура дисциплины

Таблица 2. Модули дисциплины, трудоемкость в часах и виды учебной работы

№	Наименование модуля	Труд-ть часы	Лекции	Практич. занятия	Лаб. работы	Сам. работа
1	Математические основы частотного анализа сигналов	35	4	8		15+8 (экз.)
2	Методы спектрального анализа экспериментальных данных	30	2	4		17+7 (экз.)
3	Частотная передаточная функция фильтра и формы ее представления	25	2	4		12+7 (экз.)
4	Методы проектирования цифровых фильтров	27	2	4		14+7 (экз.)
5	Фильтрация цифровых изображений.	27	2	4		14+7 (экз.)
<b>Всего на дисциплину</b>		<b>144</b>	<b>12</b>	<b>24</b>		<b>72+36 (экз.)</b>

## 5.2. Содержание дисциплины

### Модуль 1 «Математические основы частотного анализа сигналов»

**Понятие сигнала, классификация сигналов. Математические модели сигналов. Основные характеристики сигналов. Частотный анализ периодических, аperiodических и дискретных сигналов. Алгоритм быстрого преобразования Фурье.**

### Модуль 2 «Методы спектрального анализа экспериментальных данных»

Аналого-цифровое преобразование сигналов. Теорема Котельникова. Спектры дискретных сигналов. Проблемы частотного анализа экспериментальных данных и методы их решения (применение оконных сглаживающих функций, дополнение временной последовательности нулями, антиалиасинговые фильтры).

**Модуль 3 «Частотная передаточная функция фильтра и формы ее представления»**

Понятие линейной системы. Свойства линейных систем. Формы математического описания линейных систем (фильтров). Частотная передаточная функция, формы представления. Частотные характеристики типовых фильтров. Свертка функций. Теорема о свертке. Двумерные линейные системы. Двумерная свертка.

### Модуль 4 «Методы проектирования цифровых фильтров»

Цифровой фильтр: определение, классификация (КИХ и БИХ-фильтры). Свойства устойчивости и физической реализуемости фильтров. Методы проектирования КИХ-фильтров. Связь весовой функции фильтра с частотными характеристиками. Проектирование БИХ-фильтров на основе аналоговых фильтров-прототипов Баттерворта, Чебышева. Методы преобразования непрерывной передаточной функции фильтра в дискретную (синтез цифрового фильтра).

### Модуль 5 «Фильтрация цифровых изображений»

Основные характеристики цифровых изображений. Основные задачи, решаемые методами цифровой обработки изображений. Двумерное преобразование Фурье. Спектр изображения и его характерные особенности. Масштаб спектра по осям пространственных частот  $f_x$  и  $f_y$ . Простейшие операции над изображениями с помощью двумерного преобразования Фурье. Фильтрация изображений в частотной области. Примеры фильтров. Практическая реализация алгоритмов фильтрации изображений в частотной области в среде LabVIEW.

## 5.3. Лабораторные работы

Учебным планом лабораторные дисциплины не предусмотрены.

## 5.4. Практические занятия

Таблица 4. Тематика, форма практических занятий и их трудоемкость

Порядковый номер модуля. Цели практических занятий	Примерная тематика занятий и форма их проведения	Трудо- емкость в часах
<b>Модуль 1,2</b> <b>Цель:</b> формирование знаний о преобразовании Фурье и его свойствах применительно к анализу спектров периодических, аperiodических и дискретных сигналов. Практический спектральный анализ экспериментальных данных	Вычисление спектров простейших (тестовых) и сложных сигналов с различными временными характеристиками. Частотный анализ цифровых сигналов в программной среде LabVIEW	12
<b>Модуль 3,4</b> <b>Цель:</b> формирование знаний о методах	Проектирования цифровых фильтров и анализ их	8

частотного анализа цифровых фильтров и их проектировании	частотных характеристик. Моделирование фильтров непрерывного и дискретного времени в программной среде LabVIEW	
<b>Модуль 5</b> <b>Цель:</b> изучение типов цифровых фильтров, применяемых для обработки цифровых изображений	Проектирование и анализ частотных передаточных функций двумерных фильтров. Цифровая обработка изображений в программной среде LabVIEW	4

## 6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль успеваемости

### 6.1. Цели самостоятельной работы

Формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий в области цифровой обработки сигналов и изображений.

### 6.2. Организация и содержание самостоятельной работы

Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем по заданию преподавателя по рекомендуемой учебной литературе, в подготовке к практическим занятиям, текущему контролю успеваемости, подготовке к экзамену.

После вводной лекции, в которой определяется содержание дисциплины, проблематика и практическая значимость, студентам выдаются задания для выполнения практических занятий. Практические занятия охватывают модули 1-5.

В рамках дисциплины проводится 6 практических занятий, которые предусматривают выполнение индивидуальных заданий. Максимальная оценка за каждое задание – 5 баллов, минимальная – 3 балла.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература по дисциплине

1. Васильев, В.Г. Прикладные задачи спектрального анализа сигналов: учебник для вузов / В.Г. Васильев, С.Н. Куженькин. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2022. - 282 с. - Текст: непосредственный. - ISBN 978-5-8114-8465-2: 1699 р. 50 к. - (ID=143805-10)

2. Васильев, В.Г. Прикладные задачи спектрального анализа сигналов: учеб. пособие / В.Г. Васильев; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь: ТвГТУ, 2015. - 172 с. - Текст: непосредственный. - ISBN 978-5-7995-0783-1: [б. ц.]. - (ID=110084-68)

3. Васильев, В.Г. Прикладные задачи спектрального анализа сигналов: учеб. пособие: в составе учебно-методического комплекса / В.Г. Васильев; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь: ТвГТУ, 2015. - (УМК-У). - Сервер. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-7995-0783-1: 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/110006>. - (ID=110006-1)

4. Строгонов, А.В. Цифровая обработка сигналов в базе программируемых логических интегральных схем: учебное пособие / А.В. Строгонов. - 4-е изд. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2022. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-8114-9783-6. - URL: <https://e.lanbook.com/book/199925>. - (ID=110076-0)

5. Магазинникова, А.Л. Основы цифровой обработки сигналов: учебное пособие для вузов по направлениям подготовки «Информатика и вычислительная техника», «Программная инженерия», «Прикладная информатика», «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», «Радиотехника» и др. / А.Л. Магазинникова. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2022. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-8114-9334-0. - URL: <https://e.lanbook.com/book/189508>. - (ID=113821-0)

### 7.2. Дополнительная литература по дисциплине

1. Васюков, В.Н. Цифровая обработка сигналов: учебное пособие / В.Н. Васюков; Новосибирский государственный технический университет. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2018. - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-7782-3572-4. - URL: <https://e.lanbook.com/book/118270>. - (ID=145833-0)
2. Гетманов, В.Г. Цифровая обработка сигналов: учебное пособие / В.Г. Гетманов; Гетманов В.Г. - Москва: НИЯУ МИФИ, 2010. - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-7262-1304-0. - URL: <https://e.lanbook.com/book/75740>. - (ID=145834-0)
3. Елисеев, С.Н. Многоскоростная и многоканальная цифровая обработка сигналов (приложения в телекоммуникациях): учебное пособие / С.Н. Елисеев; Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики. - Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2018. - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - URL: <https://e.lanbook.com/book/182194>. - (ID=145838-0)
4. Лаврухин, А.А. Теоретические основы проектирования систем цифровой обработки сигналов: учебно-методическое пособие. Часть 1 / А.А. Лаврухин, А.С. Окишев; Омский государственный университет путей сообщения. - Омск: Омский государственный университет путей сообщения, 2021. - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - URL: <https://e.lanbook.com/book/190210>. - (ID=145843-0)
5. Макс, Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: в 2 т. Т. 1: Основные принципы и классические методы / Ж. Макс; под ред. Н.Г. Волкова. - Москва: Мир, 1983. - 311 с. - Текст: непосредственный. - 1 р. 50 к. - (ID=87429-2)
6. Макс, Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: в 2 т. Т. 2: Техника обработки сигналов. Применения. Новые методы / Ж. Макс; под ред. Н.Г. Волкова. - Москва: Мир, 1983. - 256 с. - Текст: непосредственный. - 1 р. 30 к. - (ID=86353-2)
7. Нечес, И.О. Цифровая обработка сигналов: учебное пособие / И.О. Нечес, Н.Д. Пирогова; Ростовский государственный университет путей сообщения. - Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-88814-893-8. - URL: <https://e.lanbook.com/book/140606>. - (ID=145832-0)
8. Никитина, А.В. Цифровая обработка сигналов в сетях доступа: учебное пособие / А.В. Никитина, А.Е. Рыжков; Никитина А.В., Рыжков А.Е. - Санкт-Петербург: СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2013. - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - URL: <https://e.lanbook.com/book/181458>. - (ID=145836-0)
9. Пасечников, И.И. Цифровая обработка сигналов: учебное пособие / И.И. Пасечников; Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина. - Тамбов: Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, 2019. - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-00078-261-3. - URL: <https://e.lanbook.com/book/137567>. - (ID=145829-0)
10. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие: в составе учебно-методического комплекса / А.Б. Сергиенко. - СПб. [и др.]: Питер, 2002. - 603

с. - (УМК-У). - Библиогр.: с. 583 - 585. - Текст: непосредственный. - ISBN 5-318-00666-3: 130 p. - (ID=11109-3)

11. Стариковский, А.И. Цифровая обработка сигналов: учебное пособие. Часть 1/ А.И. Стариковский, Н.А. Стариковская, А.Ю. Унгер; МИРЭА - Российский технологический университет. - Москва: МИРЭА - Российский технологический университет, 2021. - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - URL: <https://e.lanbook.com/book/182542>. - (ID=145835-0)

12. Столов, Е.Л. Цифровая обработка сигналов. Водяные знаки в аудиофайлах: учебное пособие / Е.Л. Столов; Столов Е.Л., Ким В.С. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2021. - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-8114-3014-7. - URL: <https://e.lanbook.com/book/169170>. - (ID=136111-0)

13. Цифровая обработка сигналов: учебное пособие / А.В. Безруков [и др.]; Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова. - Санкт-Петербург: Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова, 2017. - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-906920-80-5. - URL: <https://e.lanbook.com/book/121875>. - (ID=145830-0)

### 7.3. Методические материалы

1. Математические основы рентгеновской компьютерной томографии: методические указания по дисциплинам: "Цифровая обработка изображений", "Основы распознавания образов" для студентов, обучающихся в магистратуре по направлениям: 550200 "Автоматизация и управление.", 553400 "Биомедицинская инженерия": в составе учебно-методического комплекса / Тверской государственный технический университет, Кафедра АТП; составитель В.Г. Васильев. - Тверь: ТвГТУ, 2011. - 33 с.: ил. + 1 дискета. - (УМК-У). - Дискета. - Сервер. - Текст: непосредственный. - Текст: электронный. - [б. ц.]. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/87228>. - (ID=87228-3)

2. Васильев, В.Г. Обработка изображений методом точечных преобразований: метод. пособие для студ. по магистер. программе 550208 "АУ" по курсу "Обработка изображений в системах техн. диагностики" для студ. 4 курса спец. 5515 "Биотехн. машины, аппараты и системы" по курсу "Обработка изображений": в составе учебно-методического комплекса / В.Г. Васильев; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. АТП. - Тверь: ТвГТУ, 2002. - 8 с. - (УМК-У). - Сервер. - Текст: электронный. - [б. ц.]. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/56049>. - (ID=56049-1)

3. Васильев, В.Г. Обработка изображений методом точечных преобразований: метод. пособие для студ. по магистер. программе 550208 "АУ" по курсу "Обраб. изображений в системах техн. диагностики" для студ. 4 курса спец. 5515 "Биотехн. машины, аппараты и системы" по курсу "Обраб. изображений" / В.Г. Васильев; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. АТП.-Тверь: ТвГТУ, 2002. - 8 с.-[б. ц.]. - (ID=12154-6)

4. Васильев, В.Г. Гистограммные методы обработки изображений: метод. пособие по магистер. программе 550208 "АУ" по курсу "Обраб. изображений в сист. техн. диагностики" для 4 курса спец. 5515 "БМАС" по курсу "Обработка изображений" / В.Г. Васильев; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. АТП. - Тверь: ТвГТУ, 2002. - Сервер. - Текст: электронный. - [б. ц.]. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/56047>. - (ID=56047-1)



5. Васильев, В.Г. Гистограммные методы обработки изображений: метод. пособие для студ. по магистер. программе 550208 "АУ" по курсу "Обраб. изображений в сист. техн. диагностики" для студ. 4 курса спец. 5515 "БМАС" по курсу "Обраб. изображений" / В.Г. Васильев; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. АТП. - Тверь: ТвГТУ, 2002. - 12 с. - Библиогр.: с. 12. - Текст: непосредственный. - [б. ц.]. - (ID=12153-7)

6. Васильев, В.Г. Гомоморфная фильтрация сигналов и изображений: метод. пособие для студ., по магистер. программе 550208 "АУ" по курсу "Обраб. изображений в системах техн. диагностики" для студ. 4 курса спец. 5515 "БМАС" по курсу "Обраб. изображений" / В.Г. Васильев, П.И. Дергунов; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. АТП. - Тверь: ТвГТУ, 2002. - ил. - Сервер. - Текст: электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/56046>. - (ID=56046-1)

7. Васильев, В.Г. Гомоморфная фильтрация сигналов и изображений: метод. пособие для студ., по магистер. программе 550208 "АУ" по курсу "Обраб. изображений в системах техн. диагностики" для студ. 4 курса спец. 5515 "БМАС" по курсу "Обраб. изображений" / В.Г. Васильев, П.И. Дергунов; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. АТП. - Тверь: ТвГТУ, 2002. - 10 с.: ил. - Библиогр.: с. 10. - Текст: непосредственный. - [б. ц.]. - (ID=12157-6)

8. Бугров, В.Н. Цифровая обработка сигналов с применением цифровых сигнальных процессоров: учебно-методическое пособие / В.Н. Бугров, Д.Н. Ивлёв, Е.И. Шкелёв; Бугров В.Н., Ивлёв Д.Н., Шкелёв Е.И. - Нижний Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2012. - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-7579-2494-6. - URL: <https://e.lanbook.com/book/152909>. - (ID=145845-0)

#### **7.4. Программное обеспечение по дисциплине**

Операционная система Microsoft Windows: лицензии № ICM-176609 и № ICM-176613 (Azure Dev Tools for Teaching).

Microsoft Office 2007 Russian Academic: OPEN No Level: лицензия № 41902814.

Прикладное программное обеспечение для обработки сигналов: среда разработки LabVIEW 7.1 или старших версий.

#### **7.5. Специализированные базы данных, справочные системы, электронно-библиотечные системы, профессиональные порталы в Интернет**

ЭБС и лицензионные ресурсы ТвГТУ размещены:

1. Ресурсы: <https://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res>
2. ЭК ТвГТУ: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/Web>
3. ЭБС "Лань": <https://e.lanbook.com/>
4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": <https://www.biblioclub.ru/>
5. ЭБС «IPRBooks»: <https://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): <https://urait.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY: <https://elibrary.ru/>
8. Информационная система "ТЕХНОРМАТИВ". Конфигурация "МАКСИМУМ": сетевая версия (годовое обновление): [нормативно-технические, нормативно-

правовые и руководящие документы (ГОСТы, РД, СНИПы и др.]. Диск 1, 2, 3, 4. - М.: Технорматив, 2014. - (Документация для профессионалов). - CD. - Текст: электронный. - 119600 р. – (105501-1)

9. База данных учебно-методических комплексов: <https://lib.tstu.tver.ru/header/umk.html>

УМК размещен: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/128954>

#### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Практические занятия проводятся в компьютерном классе В-109, где каждый студент может работать на отдельной ЭВМ. В практикуме используются персональные компьютеры с лицензионным программным обеспечением Microsoft Windows и MicrosoftOffice 2007, среда разработки программ LabVIEW 7.1 или старших версий.

#### 9. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

##### 9.1. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена

1. Экзаменационный билет соответствует форме, утвержденной Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования с учетом профессиональных стандартов. Типовой образец экзаменационного билета приведен в Приложении. Обучающемуся даётся право выбора заданий из числа, содержащихся в билете, принимая во внимание оценку, на которую он претендует.

Число экзаменационных билетов – 10. Число вопросов (заданий) в экзаменационном билете – 3 (1 вопрос для категории «знать» и 2 вопроса для категории «уметь»).

Продолжительность экзамена – 60 минут.

2. Шкала оценивания промежуточной аттестации в форме экзамена – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

3. Критерии оценки за экзамен:

для категории «знать»:

выше базового – 2;

базовый – 1;

ниже базового – 0;

критерии оценки и ее значение для категории «уметь»:

отсутствие умения – 0 баллов;

наличие умения – 2 балла.

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

4. Вид экзамена – письменный экзамен, включающий решение задач и тестирование с использованием ЭВМ.

##### 5. База заданий, предъявляемая обучающимся на экзамене

1. Спектральный анализ периодических сигналов. Ряд Фурье в амплитудно-фазовой и в тригонометрической форме. Формулы Эйлера-Фурье для вычисления коэффициентов ряда Фурье. Представление спектров в форме спектрограмм. Равенства Парсевала.

2. Ряд Фурье в комплексной форме. Математический и физический спектр.

3. Анализ спектра периодической последовательности прямоугольных импульсов в зависимости от длительности  $\tau$  одиночного импульса и периода  $T$  следования импульсов.

4. Спектральный анализ аperiodических сигналов. Интеграл Фурье Физический смысл прямого и обратного преобразования Фурье. Формы записи преобразования Фурье. Понятие «текущий спектр» сигнала.
5. Энергия сигнала. Распределение энергии в спектре непериодического сигнала. Теорема Релея. Практическая ширина спектра сигнала.
6. Задачи цифровой фильтрации сигналов. Понятие фильтра. Базисные фильтры и их идеальные частотные характеристики. Полоса пропускания, задерживания, переходная полоса и частота среза фильтра.
7. Основные свойства линейных инвариантных во времени систем. Методы математического описания ЛИВ-систем.
8. Свертка функций. Свойство коммутативности свертки. Понятие «весовой функции» фильтра. Вычисление реакции фильтра на произвольный входной сигнал с помощью интеграла свертки.
9. Основные характеристики сигналов. Частотный анализ единичного импульса, ступенчатого и гармонического сигналов.
10. Некоторые основные свойства преобразования Фурье: теорема запаздывания, теорема подобия, теорема о свертке.
11. Преобразование Фурье операций дифференцирования и интегрирования сигнала и их применение в задачах фильтрации. Частотные характеристики интегрирующего и дифференцирующего фильтра.
12. Проблемы спектрального анализа экспериментальных данных и методы их решения. Теорема Котельникова о дискретизации аналоговых сигналов.
13. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Вычисление спектров экспериментальных данных по формулам медленного преобразования Фурье. Быстрое преобразование Фурье.
14. Частотная передаточная функция фильтра. Формы представления частотных характеристик фильтров.
15. Цифровые фильтры с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтры). Основные свойства КИХ-фильтров и методы их проектирования. Пример вычисления частотных характеристик цифровых КИХ-фильтров по импульсной характеристике.
16. Фильтры с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ-фильтры). Вычисление коэффициентов рекурсивных цифровых фильтров (БИХ-фильтров) по аналоговому фильтру-прототипу.
17. Основные характеристики цифровых изображений. Основные задачи, решаемые методами цифровой обработки изображений.
18. Двумерное преобразование Фурье. Практическая реализации двумерного преобразования. Спектр изображения и его характерные особенности. Масштаб спектра по осям пространственных частот  $f_x$  и  $f_y$ .
19. Улучшение качества изображений методом точечных (пиксельных) преобразований. Примеры простейших операции над изображениями с помощью двумерного преобразования Фурье.
20. Фильтрация изображений в частотной области. Примеры фильтров с нулевым сдвигом фазы.

21. Практическая реализация алгоритмов фильтрации сигналов и изображений в частотной области в среде LabVIEW.

*Типовые задачи для заданного типа плана*

1. Вычислить коэффициенты ряда Фурье по формулам Эйлера-Фурье для периодической последовательности прямоугольных импульсов и построить амплитудную и фазовую спектрограммы данного сигнала.

2. Вычислить коэффициенты ряда Фурье в комплексной форме для периодической последовательности пилообразных импульсов и построить математический и физический амплитудный спектр данного сигнала.

3. Вычислить амплитудную и фазовую частотные характеристики одиночного импульсного сигнала и ступенчатой функции.

4. Вычислить энергию одиночного треугольного импульса. Показать, что база сигнала сохраняется при изменении длительности импульса

5. Разработать фрагмент программы в среде LabVIEW, позволяющей рассчитать параметры низкочастотного аналогового фильтра Баттерворта второго порядка с заданными характеристиками. Показать результат фильтрации высокочастотного шума, наложенного на линейно возрастающий сигнал.

6. Разработать фрагмент программы в среде LabVIEW для вычисления операции фильтрации зашумленного произвольного сигнала фильтром экспоненциального сглаживания с помощью интеграла свертки. Сравнить результаты фильтрации для различных значений постоянной времени фильтра.

Использование технических устройств, кроме ЭВМ компьютерного класса и программного обеспечения, необходимого для решения поставленных задач, в ходе проведения экзамена не допускается. При желании студента покинуть пределы аудитории во время экзамена экзаменационный билет заменяется.

Преподаватель имеет право после проверки письменных ответов на экзаменационные вопросы и решенных на компьютере задач задавать студенту в устной форме уточняющие вопросы в рамках содержания экзаменационного билета, выданного студенту.

Иные нормы, регламентирующие процедуру проведения экзамена, представлены в Положении о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

**9.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме зачета**

Учебным планом зачет по дисциплине не предусмотрен.

**9.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме курсового проекта или курсовой работы**

Учебным планом курсовая работа и курсовой проект по дисциплине не предусмотрены.

**10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

Студенты перед началом изучения дисциплины ознакомлены с системами кредитных единиц и балльно-рейтинговой оценки.

Студенты, изучающие дисциплину, обеспечиваются электронными изданиями или доступом к ним, учебно-методическим комплексом по дисциплине, включая методические указания к выполнению практических работ и всех видов самостоятельной работы.

В учебный процесс рекомендуется внедрение субъект-субъектной педагогической технологии, при которой в расписании каждого преподавателя определяется время консультаций студентов по закрепленному за ним модулю дисциплины.

## **11. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины**

Кафедра ежегодно обновляет содержание рабочих программ дисциплин, которые оформляются протоколами. Форма протокола утверждена «Положением о структуре, содержании и оформлении рабочих программ дисциплин по образовательным программам, соответствующим ФГОС ВО с учетом профессиональных стандартов».

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

Кафедра автоматизации технологических процессов

Направление подготовки магистров – **27.04.04 Управление в технических системах**  
Направленность (профиль) – **Управление и информатика в технических системах**  
Кафедра «Автоматизация технологических процессов»  
Дисциплина «Методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов и изображений»

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

Формула Эйлера. Комплексная синусоида. Связь комплексной синусоиды с тригонометрическими функциями  $\sin$  и  $\cos$ . Ряд Фурье в комплексной форме. Понятие отрицательной частоты. Преимущества комплексной записи ряда Фурье. Математический и физический спектры сигнала.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Вычислить коэффициенты ряда Фурье в комплексной форме для периодической последовательности пилообразных импульсов и построить математический и физический амплитудный спектр данного сигнала.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Разработать фрагмент программы в среде LabVIEW для вычисления спектра заданной периодической функции, используя запись ряда Фурье в комплексной форме.

#### Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: доцент кафедры АТП \_\_\_\_\_ В.Г. Васильев

Заведующий кафедрой АТП \_\_\_\_\_ Б.И. Марголис