Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 12.11.2026 14:15:29
Уникальный программный ключ:
488ddcd30399efca200d034e027f45455f6eb1b9

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ А.Г. Балашов
«14» марта 2026 г.
М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Математические основы цифровой обработки сигналов»

Направление подготовки – 27.04.04 «Управление в технических системах»
Направленность (профиль) – «Автоматизация и управление в технических системах»

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат 009BD2B5B7DC0794F9C207D6C8F586BD59
Владелец ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ"
Действителен с 16.06.2026 по 09.09.2027

Москва 2026

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенции	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
ОПК-4 Способен осуществлять оценку эффективности результатов разработки систем управления математическими методами	-	**Знает** основы численных методов, информатики, микропроцессорных средств, их архитектуры, целочисленную арифметику с фиксированной точкой, форматы представления чисел
		Умеет применять численно-аналитические методы для синтеза требуемой дискретной передаточной функции, имитировать эффекты квантования по уровню, насыщения, оценивать разрядность операндов
		Имеет опыт работы с системой компьютерной алгебры, базовой реализацией цифровых фильтров, оптимальных структур данных и алгоритмов цифровой обработки сигналов
ОПК-7 Способен осуществлять обоснованный выбор, разрабатывать и реализовывать на практике схемотехнические, системотехнические и аппаратно-программные решения для систем автоматизации и управления	ОПК-7. МОЦОС Способен реализовывать на практике алгоритмы цифровой обработки сигналов, производить моделирование с фиксированной точкой произвольной разрядности, осуществлять анализ устойчивости цифровых фильтров с нелинейностью	**Знает** математический аппарат z-преобразования, рекуррентных соотношений, основ численных методов, целочисленной арифметики с фиксированной точкой
		Умеет использовать систему компьютерной алгебры для моделирования с учётом нелинейностей начальных условий и запаздывания
		Имеет опыт работы с системой компьютерной алгебры и микропроцессорными средствами цифровой обработки сигналов, системами разработки и отладки программного обеспечения

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания обязательного минимума содержания в объеме программ дисциплин «Вычислительные системы», «Теория систем автоматического регулирования», «Математический анализ», в частности нужно знать разделы теории функций комплексного переменного, численных методов, решения систем алгебраических уравнений, нахождения корней полиномов, z-преобразования, рекуррентных соотношений, программирования на языках программирования общего назначения для вычислительных систем.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕТ)	Общая трудоёмкость (часов)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1	1	4	144	16	-	32	96	ЗаО

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
М1. Регуляторы и объекты управления. Моделирование с использованием Matlab и Maple	8	-	16	8	Теоретический опрос
				15	Проверка выполнения типовых практических задач
				10	Тестирование по модулю №1
				10	Контрольная работа №1
М2. Выбор структуры и расчёт параметров дискретных регуляторов с использованием Maple и Matlab	8	-	16	8	Теоретический опрос
				15	Проверка выполнения типовых практических задач
				10	Контрольная работа №2
М1 – М2	-	-	-	20	Защита проектного задания

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	***Методы дискретизации непрерывных объектов. Особенности при проведении дискретизации.*** Рассматривается переход от непрерывной модели объекта к дискретной и условия его корректности. Обсуждаются особенности дискретизации: зависимость результата от периода квантования, влияние запаздывания и требования к сохранению динамических свойств исходной системы.
	2	2	***Метод билинейного преобразования. Методы прямоугольников, трапеций, высших порядков. Особенности частотных характеристик непрерывных и дискретизированных объектов.*** Изучаются основные способы перехода от p-области к z-области: билинейное преобразование (Тастина), методы прямоугольников (Эйлера) и трапеций. Рассматриваются формулы перехода, их точность и методы высших порядков, а также сопоставляются получаемые дискретные модели.
	3	2	***Метод согласования нулей и полюсов.*** Излагается метод синтеза цифрового фильтра путём прямого отображения нулей и полюсов непрерывной передаточной функции в z-плоскость. Рассматриваются правила отображения полюсов и нулей, а также нормировка коэффициента передачи.
	4	2	***Синтезированные частотные характеристики цифровых фильтров по заданным частотным точкам.*** Рассматривается построение цифрового фильтра по заданной желаемой частотной характеристике (по опорным точкам). Обсуждаются интерполяция и подгонка АЧХ, а также оценка точности получаемой характеристики.
	5	2	***Учёт характерных частот непрерывного объекта управления при его дискретизации. Эффект наложения спектра.*** Изучается выбор периода дискретизации исходя из характерных частот объекта и теоремы Котельникова. Разбирается эффект наложения (алиасинга) и способы борьбы с ним — предварительная фильтрация и повышение частоты опроса.
2	6	2	***Запаздывание при вычислениях. ШИМ. Экстраполятор нулевого порядка.*** Рассматривается влияние вычислительного запаздывания и широтно-импульсной модуляции на динамику цифровой системы. Изучается экстраполятор нулевого порядка как модель фиксации сигнала на период квантования и его передаточная функция.
	7	2	***Эффекты квантования по уровню. Шумы квантования.*** Анализируется квантование сигнала по уровню, оценивается шум квантования и его влияние на точность. Обсуждается связь разрядности представления чисел с точностью и устойчивостью цифровых фильтров, а также влияние постоянных времени на их реализацию.
	8	2	***Разрядность и постоянные времени цифровых фильтров.*** Рассматривается влияние разрядности представления чисел на работу

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
			цифровых фильтров: показывается, как ошибки округления коэффициентов и результатов вычислений накапливаются, смещают расчётные параметры фильтра и в рекурсивных структурах могут приводить к потере устойчивости и появлению предельных циклов. Обсуждается связь постоянных времени фильтра с положением его полюсов: чем больше постоянная времени (полюсы ближе к единичной окружности), тем выше требования к разрядности и тем заметнее влияние квантования на АЧХ и динамику. На этой основе формулируются практические рекомендации по совместному выбору разрядности и периода квантования исходя из требуемой точности и запаса устойчивости.
	1	2	***Методы дискретизации непрерывных объектов. Особенности при проведении дискретизации.*** Рассматривается переход от непрерывной модели объекта к дискретной и условия его корректности. Обсуждаются особенности дискретизации: зависимость результата от периода квантования, влияние запаздывания и требования к сохранению динамических свойств исходной системы.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия/краткое содержание
M1	1	2	Дискретизация объекта управления с использованием метода прямоугольников и трапеций. Исследование и моделирование соответствия моделей непрерывного и дискретизированного объекта с использованием методов прямоугольников и трапеций.
	2	2	Метод билинейного преобразования. Исследование и моделирование соответствия моделей непрерывного и дискретизированного объекта с использованием метода билинейного преобразования высшего порядка.
	3	2	Метод билинейного преобразования. Исследование и моделирование соответствия моделей непрерывного и дискретизированного объекта с использованием метода билинейного преобразования высшего порядка.
	4	2	Метод согласования комплексно-частотных характеристик с использованием метода наименьших квадратов. Исследование и моделирование соответствия моделей непрерывного и дискретизированного объекта с использованием метода наименьших квадратов.
	5	2	Учёт характерных частот непрерывного объекта управления при его дискретизации. Высокочастотные полюсов в исходном непрерывном

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия/краткое содержание
			объекте. Отличие частотных и временных характеристик при различных значениях полюсов.
	6	2	Учёт высокочастотных полюсов. Эффект наложения спектра. Устранение влияния высокочастотных полюсов. Эффект наложения спектра и его оценка. Контрольная работа.
	7	2	Моделирование АЦП с учётом эффекта квантования по уровню. Влияние эффекта квантования по уровню.
	8	2	Влияние разрядности на амплитудно-частотные характеристики и динамический диапазон. Интегрирующее звено с сумматором малой разрядности. Требования к арифметическим операциям.
М2	9	2	ЦАП и ШИМ-модулятор. Сравнение этих двух способов формирования непрерывного сигнала. Частотные и динамические характеристики. Задержка вычислений.
	10	2	Экстраполятор нулевого и первого порядка. Задержка вычислений. Способы формирования ШИМ. Контрольная работа.
	11	2	Цифровые фильтры N-го порядка.
	12	2	Прореживание с целью обеспечения требуемого быстродействия. Разбиение на секторы вычислений.
	13	2	Апериодическое управление. Выбор коэффициентов апериодического регулятора. Контрольная работа.
	14	2	Задержки вычислений в каскаде ЦАП-преобразования и объекта управления.
	15	2	Цифровые регуляторы и компенсаторы с заданным непрерывным объектом управления. Устойчивость при наличии высокочастотных полюсов объекта управления и запаздывания.
	16	2	Оценка устойчивости при отклонении параметров объекта управления с апериодическим дискретным регулятором.

4.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
М1	8	Текущая проработка теоретического материала (изучение учебного материала по конспектам лекций, литературным источникам и составление конспекта, развернутого плана)
	15	Отработка навыков решения типовых практических задач по модулю №1

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
	10	Подготовка к тестированию №1
	10	Подготовка к контрольной работе №1
М2	8	Текущая проработка теоретического материала (изучение учебного материала по конспектам лекций, литературным источникам и составление конспекта, развернутого плана)
	15	Отработка навыков решения типовых практических задач по модулю №2
	10	Подготовка к контрольной работе №2
М1-М2	20	Выполнение и защита проектного задания

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС// URL: , http://orioks.miet.ru/):

Сценарий обучения по дисциплине;

Модуль 1. Регуляторы и объекты управления. Моделирование с использованием Matlab и Maple.

1. Теоретический материал по модулю 1.
2. Методические указания для СРС по модулю 1.
3. Список литературы.

Методические материалы, перечень литературы, информационных источников для выполнения заданий для самостоятельной работы по тематике модуля 1, требования к выполнению самостоятельной работы и методика её оценивания, а так же отражение результатов выполнения самостоятельной работы в НБС содержатся в разделе «Самостоятельная работа студентов» УМК дисциплины, размещенном на информационном ресурсе http://orioks.miet.ru/

Модуль 2. Выбор структуры и расчёт параметров дискретных регуляторов с использованием Maple и Matlab.

1. Теоретический материал по модулю 2.
2. Методические указания для СРС по модулю 2.
3. Список литературы.

Методические материалы, перечень литературы, информационных источников для выполнения заданий для самостоятельной работы по тематике модуля 2, требования к выполнению самостоятельной работы и методика её оценивания, а так же отражение результатов выполнения самостоятельной работы в НБС содержатся в разделе «Самостоятельная работа студентов» УМК дисциплины, размещенном на информационном ресурсе http://orioks.miet.ru/

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Ощепков А.Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB : Учеб. пособие / А. Ю. Ощепков. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. : Лань, 2013. - 208 с. -URL: https://e.lanbook.com/book/5848 (дата обращения: 06.02.2026). - ISBN 978-5-8114-1471-0.

2. Гайдук А.Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB : Учеб. пособие / А. Р. Гайдук, В. Е. Беляев, Т. А. Пьявченко. - 2-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2011. - 464 с. -URL: https://e.lanbook.com/book/125741(дата обращения: 10.02.2026).

3. Владимир Дьяконов: Maple 10/11/12/13/14 в математических расчетах / В.П. Дьяконов. - М. : ДМК Пресс, 2011. - 800 с. - URL: https://e.lanbook.com/book/3034 (дата обращения: 06.02.2026). - ISBN 978-5-94074-751-2.

Нормативная литература

1. ГОСТ 7.32-2017 СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления (с Поправками) = System of standards on information, librarianship and publishing. The research report. Structure and rules of presentation : Межгосударственный стандарт : Введ. 01.07.2018. - Москва : Стандартинформ, 2018. - [л.]. - URL: http://docs.cntd.ru/document/1200157208 (дата обращения: 24.02.2026). - Текст : электронный.

Периодические издания

1. АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА : Научный журнал / Российская академия наук, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Институт проблем передачи информации РАН. - М. : ИКЦ Академкнига, 1936. URL: http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7648.

2. ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ УПРАВЛЕНИЯ [Электронный ресурс] : Международный журнал / Международный НИИ проблем управления. - М., 1983. URL: http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=8642.

3. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ [Текст] : Международный научно-технический журнал / Издательство "Радиотехника". - М. : Радиотехника, 2003. - ISSN 2070-0814.

4. IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATIC CONTROL [Текст] . - USA : IEEE, [б.г.]. –URL: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=9.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Association for Computing Machinery = ACM : международная организация. - USA, 1947 - . - URL: https://www.acm.org/ (дата обращения: 06.02.2026). - Режим доступа: подписка МИЭТ. - Текст : электронный/

2. IEEE/IET Electronic Library (IEL) = IEEE Xplore : Электронная библиотека. - USA; UK, 1998 - . - URL: https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp (дата обращения :

06.02.2026). - Режим доступа: из локальной сети НИУ МИЭТ в рамках проекта "Национальная подписка". - Текст : электронный.

3. Лань : Электронно-библиотечная система Издательства Лань. - СПб., 2011-. - URL: https://e.lanbook.com (дата обращения: 06.02.2026). - Режим доступа: для авторизированных пользователей МИЭТ.

4. Юрайт : Электронно-библиотечная система : образовательная платформа. - Москва, 2013 - . - URL: https://urait.ru/ (дата обращения : 06.02.2026); Режим доступа: для авторизированных пользователей МИЭТ.

5. Единое окно доступа к информационным ресурсам : сайт / ФГАУ ГНИИ ИТТ "Информика". – Москва, 2005-2010. - URL: http://window.edu.ru/catalog/ (дата обращения: 06.02.2026).

6. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000. – URL: https://elibrary.ru (дата обращения: 06.02.2026). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации дисциплины используется **смешанное обучение**, в основе которого лежит интеграция технологий традиционного и электронного освоения компетенций, в частности за счет использования таких инструментов как видеолекции, онлайн-тестирование, взаимодействие со студентами в электронной образовательной среде.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта, сервисы видеоконференцсвязи и социальные сети.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах тестирования в ОРИОКС.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome), Acrobat reader DC
Компьютерный класс	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome), Acrobat reader DC,

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
	образовательную среду МИЭТ	MATLAB
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome), Acrobat reader DC

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по компетенции ОПК-4 Способен осуществлять оценку эффективности результатов разработки систем управления математическими методами.

ФОС по подкомпетенции ОПК-7.МОЦОС Способен реализовывать на практике алгоритмы цифровой обработки сигналов, производить моделирование с фиксированной точкой произвольной разрядности, осуществлять анализ устойчивости цифровых фильтров с нелинейностью.

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: http://orioks.miet.ru/

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Дисциплина «Математические основы цифровой обработки сигналов» служит для формирования знаний и умений в области дискретных систем регулирования с применением символических и численных методов для исследования влияния конечных значений дискретизации сигналов по уровню, вычисления арифметических операций при использовании микропроцессорных средств.

Целями освоения учебной дисциплины «Математические основы цифровой обработки сигналов» являются формирование у студентов опыта применения алгоритмов цифровой обработки сигналов, дискретизации непрерывных объектов управления с учётом наличия высокочастотных полюсов.

Студенты, изучающие дисциплину, обязаны:

- посетить лекции по предмету;
- выполнить задания для СРС к каждой из лекций;
- выполнить задания практических занятий;
- принять участие в дискуссиях во время лекций и практических занятий.

В процессе изучения курса предполагается самостоятельная работа студента при подготовке к лекционным занятиям, практическим занятиям, использование литературы, интернет-ресурсов при выполнении контрольных работ и проектных заданий.

На практических занятиях рассматривается задача исследования цифровой системы управления непрерывным объектом: для заданного непрерывного объекта управления требуется выполнить его дискретизацию, синтезировать цифровой регулятор и комплексно оценить соответствие полученной цифровой системы исходной непрерывной модели с учётом всех реальных эффектов цифровой реализации.

По завершению изучения дисциплины предусмотрена промежуточная аттестация в виде зачёта с оценкой, а также публичное представлением результатов заданий СРС на опыт деятельности и заданий проектного типа.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система (НБС).

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме максимум 80 баллов), и сдача зачёта с оценкой (максимум 20 баллов). По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступны в системе ОРИОКС http://orioks.miet.ru/.

При выставлении итоговой оценки, используется шкала, приведенная ниже в таблице.

Сумма баллов	Оценка
Менее 50	2
50 – 69	3
70 – 85	4
86 – 100	5

РАЗРАБОТЧИКИ:

Доцент Института МПСУ, к.т.н. _____ Т.Ю. Жораев

Рабочая программа дисциплины «Математические основы цифровой обработки сигналов» по направлению подготовки 27.04.04 «Управление в технических системах», направленности (профилю) «Автоматизация и управление в технических системах» разработана в Институте МПСУ и утверждена на заседании УС Института МПСУ «25» марта 2026 года, протокол № 6.

Директор Института МПСУ, д.т.н. _____ А.Л. Переверзев

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК _____ И.М. Никулина

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки _____ Т.П. Филиппова