

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Институт технологий и инженерной механики  
Кафедра микро- и нанoeлектроники

УТВЕРЖДАЮ

директор института технологий и  
инженерной механики

 Могильная Е.П.  
«18» 04 2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
«ИМПУЛЬСНЫЕ И ЦИФРОВЫЕ УСТРОЙСТВА»

По направлению подготовки: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Профиль «Электронные приборы и устройства»

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Импульсные и цифровые устройства» по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника. – 27 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Импульсные и цифровые устройства» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.09.2017 года № 927.

СОСТАВИТЕЛИ:

к.т.н., доцент Войтенко В.А.;

к.т.н., доцент Войтенко Г.О.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры микро- и нанoeлектроники «14» 04 2023 г., протокол № 9.

Заведующий кафедрой

микро- и нанoeлектроники  Войтенко В. А.

Переутверждена: «  »    202   г., протокол №   .

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики «18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической

комиссии института технологий и инженерной механики  С. Н. Ясуник

© Войтенко В.А., Войтенко Г.О., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

## 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель дисциплины – изучение основных принципов и алгоритмов построения импульсных и цифровых устройств.

Задачи: ознакомление студентов с принципами дискретизации непрерывных процессов; овладение основами теории устойчивости цифровых систем; получение навыков построения импульсных и цифровых устройств, их программного управления.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО. Требования к условиям освоения содержания дисциплины

Дисциплина «Импульсные и цифровые устройства» относится к циклу профессиональных дисциплин.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания компонентов электроники, электронных и полупроводниковых приборов и интегральных микросхем; цифровой электроники, физических основ сенсорики, техники измерений, умения проводить измерения физических величин и обработку результатов измерений, микропроцессорной техники.

Содержание дисциплины основано на знаниях дисциплин «Материалы и компоненты электроники», «Специальные разделы физики (физика электронных и полупроводниковых приборов)», «Цифровая электроника», «Физические основы сенсорики», «Микропроцессорная техника» и служит основой для дипломного проектирования.

## 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-1. Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК-1.1. Знает математическое описание физических процессов, протекающих в материалах, компонентах и приборах электроники. ПК-1.2. Умеет строить физические и математические модели приборов, узлов, блоков. ПК-1.3. Владеет навыками компьютерного моделирования.	Знать: математическое описание физических процессов, протекающих в материалах, компонентах и приборах цифровой электроники, квантование непрерывных функций, аналоговую модель экстраполятора, дискретную модель объекта с экстраполятором, разомкнутые системы, понятие устойчивости, переходные процессы, эквивалентную дискретную систему, размещение полюсов; устойчивость одноконтурной цифровой

		<p>системы, стабилизируемость в вырожденных случаях, запасы устойчивости;</p> <p>Уметь: строить физические и математические модели работы импульсных и цифровых устройств; выполнять восстановление непрерывных функций; формулировать задачу переоборудования регулятора; исследовать эффекты, возникающие при замене аналогового сигнала его дискретной моделью; составить модель регулятора в среде MATLAB;</p> <p>Владеть: навыками компьютерного моделирования импульсных и цифровых устройств; навыками аппроксимации частотной характеристики импульсного устройства; навыками снятия характеристик регуляторов и представления результатов измерений; навыками работы в компьютерной среде MATLAB;</p>
<p>ПК-2. Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения</p>	<p>ПК-2.1. Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков.</p> <p>ПК-2.2. Умеет проводить исследования характеристик электронных приборов.</p>	<p>Знать: методики проведения исследований параметров и характеристик импульсных и цифровых устройств; импульсную характеристику экстраполятора, аналоговую модель экстраполятора, импульсную модель дискретного сигнала, системы, не имеющие ДПФ, параметрическую передаточную функцию; дискретизацию модели в пространстве состояний, процессы между моментами квантования, параллельное соединение импульсных систем, параметрическую передаточную функцию, устойчивость одноконтурной цифровой системы;</p>

		<p>Уметь: проводить исследования характеристик импульсных и цифровых систем; исследовать оптимальные регуляторы по критерию минимума интегральной квадратичной ошибки; анализировать логарифмическую амплитудно-фазовую частотную характеристику регулятора, дискретную модель объекта с экстраполятором, передаточную функцию эквивалентной псевдодискретной системы.</p> <p>Владеть: навыками работы с электронными библиотеками и базами данных; навыками дискретизации аналоговых регуляторов; навыками составления инструкции по эксплуатации регулятора.</p>
--	--	--

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
<b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>	<b>108</b> (3 зач. ед)	<b>108</b> (3 зач. ед)
<b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b> <b>в том числе:</b>	<b>68</b>	<b>16</b>
Лекции	34	8
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	-	-
Лабораторные работы	34	8
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса ( <i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i> )	-	-
<b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>	<b>40</b>	<b>92</b>
Форма аттестации	зачет	зачет

## **4.2. Содержание разделов дисциплины**

### **Тема 1. Дискретизация непрерывных процессов**

Квантование непрерывных функций. Восстановление непрерывных функций. Модифицированное z-преобразование.

### **Тема 2. Аналоговые модели дискретных сигналов**

Аналоговая модель экстраполятора. Импульсная модель дискретного сигнала.

### **Тема 3. Дискретизация простейшей импульсной системы**

Дискретная модель объекта с экстраполятором. Замкнутые формулы. Процессы между моментами квантования. Дискретизация моделей в пространстве состояний.

### **Тема 4. Передаточные функции цифровых систем.**

Разомкнутые системы. Замкнутые системы. Когда система имеет ДПФ. Системы, не имеющие ДПФ. Параметрическая передаточная функция.

### **Тема 5. Устойчивость цифровых систем**

Понятие устойчивости. Устойчивость одноконтурной цифровой системы. Стабилизируемость в вырожденных случаях. Скрытые колебания.

### **Тема 6. Показатели качества.**

Переходные процессы. Запасы устойчивости. Ошибка в установившемся режиме. Интегральные показатели. Статистические показатели. Робастность.

### **Тема 7. Переоборудование непрерывных регуляторов.**

Задача переоборудования. Численное интегрирование. Частотная коррекция. Устойчивость регулятора. Отображение нулей и полюсов. Фиктивное квантование. Аппроксимация частотной характеристики. Оптимальное переоборудование.

### **Тема 8. Размещение полюсов.**

Эквивалентная дискретная система. Регуляторы низкого порядка. Задача размещения полюсов. Полиномиальные уравнения. Физическая реализуемость регулятора. Пример синтеза регулятора. Размещение полюсов в плоскости  $\zeta$ .

### **Тема 9. Аперiodическое управление**

Размещение полюсов. Процессы минимальной длительности.

### **Тема 10. Синтез регулятора по эталонной модели**

Системы с двумя степенями свободы. Полиномиальный алгоритм синтеза регулятора. Пример синтеза регулятора.

### **Тема 11. Синтез с помощью билинейного преобразования**

### 4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Дискретизация непрерывных процессов	4	1
2	Аналоговые модели дискретных сигналов	4	1
3	Дискретизация простейшей импульсной системы	4	1
4	Передаточные функции цифровых систем.	4	1
5	Устойчивость цифровых систем	4	1
6	Показатели качества.	4	1
7	Переоборудование непрерывных регуляторов.	2	1
8	Размещение полюсов.	2	1
9	Апериодическое управление.	2	-
10	Синтез регулятора по эталонной модели.	2	-
11	Синтез с помощью билинейного преобразования.	2	-
<b>Итого:</b>		<b>34</b>	<b>8</b>

### 4.4. Практические занятия

Не предусмотрены учебным планом.

### 4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Аналоговая модель экстраполятора.	4	1
2	Дискретная модель объекта с экстраполятором.	4	1
3	Параметрическая передаточная функция	4	1
4	Переходные процессы.	4	1
5	Дискретизация непрерывных процессов. Аналоговые модели дискретных сигналов. Дискретизация простейшей импульсной системы.	4	1
6	Передаточные функции цифровых систем. Устойчивость цифровых систем. Показатели качества. Переоборудование непрерывных регуляторов.	6	1
7	Размещение полюсов. Апериодическое управление. Синтез регулятора по эталонной модели. Синтез с помощью билинейного преобразования.	8	2
<b>Итого:</b>		<b>34</b>	<b>8</b>

### 4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Дискретизация непрерывных процессов	Подготовка к коллоквиуму	4	8
		Подготовка к тестированию	4	8

2	Аналоговые модели дискретных сигналов	Подготовка к коллоквиуму	4	8
		Подготовка к тестированию	4	8
3	Дискретизация простейшей импульсной системы	Подготовка к коллоквиуму	4	8
		Подготовка к тестированию	2	8
4	Передаточные функции цифровых систем.	Подготовка к коллоквиуму	2	8
		Подготовка к тестированию	2	8
5	Устойчивость цифровых систем	Подготовка к тестированию	2	8
6	Показатели качества.	Подготовка к тестированию	2	8
7	Переоборудование непрерывных регуляторов.	Подготовка к тестированию	2	8
8	Размещение полюсов.	Подготовка к тестированию	2	8
9	Апериодическое управление.	Подготовка к тестированию	2	8
10	Синтез регулятора по эталонной модели.	Подготовка к тестированию	2	8
11	Синтез с помощью билинейного преобразования.	Подготовка к тестированию	2	12
<b>Итого:</b>			<b>40</b>	<b>92</b>

#### 4.7. Курсовые работы/проекты

Учебным планом не предусмотрено.

### 5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);

технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;

технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям и особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);

технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования;

технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

## **6. Формы контроля освоения дисциплины**

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем(ями), ведущими лабораторные работы и практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- контрольные вопросы к лекциям;
- вопросы к лабораторным работам;
- тесты;
- вопросы к зачету.

Фонды оценочных средств, включающие контрольные вопросы, вопросы коллоквиумов, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с «Положением о фонде оценочных средств».

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины проходит в форме зачета. Студенты, выполнившие 75 % текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по национальной шкале, приведенной в таблице.

Характеристика знания предмета и ответов	Зачеты
Обучающийся глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и	зачтено

правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	
Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	
Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30 % ошибок в излагаемых ответах.	
Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы	не зачтено

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

### а) Основная литература:

1. Симаков Г.М. Цифровые устройства и микропроцессоры в автоматизированном электроприводе: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Симаков Г.М. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. - 211 с. - ISBN 978-5-7782-2210-6 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778222106.html>

2. Дьяконов В.П. Сверхскоростная твердотельная электроника. Т. 2: Приборы специального назначения [Электронный ресурс] / Дьяконов В.П. - М.: ДМК Пресс, 2013. - 576 с. - ISBN 978-5-94074-926-4 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940749264.html>

### б) Дополнительная литература:

1. Микушин А.В. Цифровые устройства и микропроцессоры: учеб. пособие: Учебное пособие / Микушин А.В., Сажнев А.М., Сединин В.И. - СПб: БХВ-Петербург, 2010. - 832 с. ISBN 978-5-9775-0417-1 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/350706>

2. Куличков А. В. Импульсные блоки питания для IBM PC [Электронный ресурс] / А. В. Куличков. - Москва: ДМК пресс, 2008. - 120 с.: ил. - (Ремонт и обслуживание; Вып. 22). - ISBN 5-89818-075-3. - Текст: электронный. - URL: <http://znanium.com/catalog/product/406594>

3. Крухмалев В.В. Цифровые системы передачи: Учебное пособие для вузов / В.В. Крухмалев, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Гор. линия-Телеком, 2012. - 376 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Специальность). (обложка) ISBN 978-5-9912-0226-8, 500 экз. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/344185>

4. Королев В.А. Выходные каскады импульсных усилителей: Учебное пособие / Королев В.А., Зубаков А.В. - М.: НИЯУ "МИФИ", 2013. - 76 с. ISBN 978-5-7262-1748-2 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/563263>

в) Методические рекомендации/указания:

1. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Импульсные и цифровые устройства» для студентов специальности «Электронные приборы и устройства» (электронное издание) / Сост.: В.А. Войтенко, Г.О. Войтенко. – Луганск: Изд-во ЛНУ, 2018. – 46 с.

2. Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Импульсные и цифровые устройства» для студентов специальности «Электронные приборы и устройства» (электронное издание) / Сост.: В.А. Войтенко, Г.О. Войтенко. – Луганск: Изд-во ЛНУ, 2018. – 47 с.

г) Интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Далевский педагогический портал – <http://ped.dahluniver.ru/>

**Электронные библиотечные системы и ресурсы**

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Университетская библиотека On-line – <http://www.biblioclub.ru>

Научная электронная библиотека eLIBRARY – <http://elibrary.ru>

**Информационный ресурс библиотеки образовательной организации**

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

**Научные журналы**

"GNU Scientific Library" (GSL - библиотека для научных вычислений проекта GNU): <http://www.gnu.org/software/gsl>.

Система схемотехнического моделирования LTSpice IV. Краткое руководство: <http://zpostbox.ru/ltspice.html>.

Электронные компоненты: <http://www.elitan.ru/>.

Навигатор по профессиональным электронным ресурсам – [http://www.spsl.nsc.ru/win/nelbib/nav\\_ei.htm](http://www.spsl.nsc.ru/win/nelbib/nav_ei.htm)

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

Лекционные занятия проводятся с использованием комплекта электронных презентаций в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук).

Лабораторные работы проводятся с использованием некомпьютеризированных и компьютеризированных лабораторных стендов, пакета специализированных компьютерных программ, компьютерной математической среды MATLAB.

Рабочие места преподавателя и студентов в учебной лаборатории оснащены компьютерами с доступом в Интернет, предназначенными для работы в указанных специализированных компьютерных программах и средах.

Программное обеспечение:

<b>Функциональное назначение</b>	<b>Бесплатное программное обеспечение</b>	<b>Ссылки</b>
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	<a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a>
Операционная система	UBUNTU 19.04	<a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>
Браузер	Firefox Mozilla	<a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>
Браузер	Opera	<a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	<a href="http://www.mozilla.org/ru/thunderbird">http://www.mozilla.org/ru/thunderbird</a>
Файл-менеджер	Far Manager	<a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>
Архиватор	7Zip	<a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	<a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a> <a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a> <a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a>
Редактор PDF	PDFCreator	<a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>
Аудиоплеер	VLC	<a href="http://www.videolan.org/vlc/">http://www.videolan.org/vlc/</a>

## 8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт  
фонда оценочных средств по учебной дисциплине  
«Импульсные и цифровые устройства»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-1	Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и микроэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК-1.1. ПК-1.2. ПК-1.3.	Тема 1 Дискретизация непрерывных процессов	1
				Тема 2 Аналоговые модели дискретных сигналов	1
				Тема 3 Дискретизация простейшей импульсной системы	1
				Тема 4 Передаточные функции цифровых систем	1
				Тема 5 Устойчивость цифровых систем	1
				Тема 6 Показатели качества	1
				Тема 7 Переоборудование непрерывных регуляторов	1
				Тема 8 Размещение полюсов	1
				Тема 9 Апериодическое управление	1

				Тема 10 Синтез регулятора по эталонной модели	1
				Тема 11 Синтез с помощью билинейного преобразования	1
2.	ПК-2	Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	ПК-2.1.	Тема 5 Устойчивость цифровых систем	1
			ПК-2.2.	Тема 6 Показатели качества	1
				Тема 7 Переоборудование непрерывных регуляторов	1

### Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-1	ПК-1.1. ПК-1.2. ПК-1.3.	Знать: математическое описание физических процессов, протекающих в материалах, компонентах и приборах цифровой электроники, квантование непрерывных функций,	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Тема 9, Тема 10, Тема 11, Практическое занятие 1,	Контрольные вопросы к лекциям, вопросы к лабораторным работам, тесты, вопросы к зачету

			<p>аналоговую модель экстраполятора, дискретную модель объекта с экстраполятором, разомкнутые системы, понятие устойчивости, переходные процессы, эквивалентную дискретную систему, размещение полюсов; устойчивость одноконтурной цифровой системы, стабилизируемость в вырожденных случаях, запасы устойчивости;</p> <p>Уметь: строить физические и математические модели работы импульсных и цифровых устройств; выполнять восстановление непрерывных функций; формулировать задачу переоборудования регулятора; исследовать эффекты, возникающие при замене аналогового сигнала его дискретной моделью; составить модель регулятора в среде MATLAB;</p> <p>Владеть: навыками компьютерного моделирования импульсных и цифровых устройств; навыками</p>	Лабораторная работа 1	
--	--	--	--	-----------------------	--

			<p>аппроксимации частотной характеристики импульсного устройства; навыками снятия характеристик регуляторов и представления результатов измерений; навыками работы в компьютерной среде MATLAB;</p>		
2.	ПК-2	ПК-2.1. ПК-2.2.	<p>Знать: методики проведения исследований параметров и характеристик импульсных и цифровых устройств; импульсную характеристику экстраполятора, аналоговую модель экстраполятора, импульсную модель дискретного сигнала, системы, не имеющие ДПФ, параметрическую передаточную функцию; дискретизацию модели в пространстве состояний, процессы между моментами квантования, параллельное соединение импульсных систем, параметрическую передаточную функцию, устойчивость одноконтурной цифровой системы; Уметь: проводить исследования</p>	<p>Тема 5, Тема 6, Тема 7, Практическое занятие 2, Лабораторная работа 2</p>	<p>Контрольные вопросы к лекциям, вопросы к лабораторным работам, тесты, вопросы к зачету</p>

			<p>характеристик импульсных и цифровых систем; исследовать оптимальные регуляторы по критерию минимума интегральной квадратичной ошибки; анализировать логарифмическую амплитудно-фазовую частотную характеристику регулятора, дискретную модель объекта с экстраполятором, передаточную функцию эквивалентной псевдонерывной системы.</p> <p>Владеть: навыками работы с электронными библиотеками и базами данных; навыками дискретизации аналоговых регуляторов; навыками составления инструкции по эксплуатации регулятора.</p>		
--	--	--	--	--	--

### **Фонды оценочных средств по дисциплине «Импульсные и цифровые устройства»**

#### **Контрольные вопросы к лекциям:**

1. Что такое квантование сигналов?
2. Сформулируйте теорему Котельникова-Шеннона.
3. Что значит эффект наложения частот?
4. Что понимают под операторами прямого и обратного сдвига?
5. Что такое передаточная функция цифрового регулятора?
6. Как проводят восстановление непрерывных сигналов?

7. Что такое экстраполятор нулевого порядка?
8. Что такое импульсная модель дискретного сигнала?
9. Раскройте понятия импульсной характеристики и передаточной функции экстраполятора.
10. Что такое экстраполятор первого порядка?
11. Дайте определение линейных дискретных систем.
12. В чем состоят свойства однородности и суперпозиции?
13. Что такое стационарные системы?
14. Что такое дискретный сигнал?
15. Что значит единичный дискретный импульс?
16. Что такое единичный ступенчатый сигнал?
17. Что подразумевают под  $z$ -преобразованием? Перечислите его свойства.
18. Как происходит восстановление оригинала по  $z$ -преобразованию?
19. Как происходит  $z$ -преобразование запаздывающего сигнала?
20. Каковы особенности импульсных характеристик и передаточных функций дискретных систем?
21. Что такое КИХ-фильтры?
22. Как выполняют переход от разностного уравнения к передаточной функции и обратно?
23. Что такое нули и полюса передаточных функций?
24. Перечислите типовые переходные процессы для звена первого порядка.
25. Что значит пространство состояний?
26. Сформулируйте понятие устойчивости дискретных систем.
27. Сформулируйте понятие устойчивости по Ляпунову.
28. Сформулируйте задачу модального управления.
29. Как осуществляют синтез регуляторов с помощью моделей в пространстве состояний?
30. Что такое обратная связь по вектору состояния?
31. Что такое обратная связь по выходу?
32. В чем причина скрытых колебаний?
33. Что такое регулятор с двумя степенями свободы?
34. Что такое эталонная модель?
35. Как проводят построение эталонной модели второго порядка по заданным времени переходного процесса и перерегулированию?
36. Как проводят синтез регулятора с двумя степенями свободы по эталонной модели?
37. Что такое линейный квадратичный регулятор на конечном и бесконечном интервале времени?
38. В чем состоит критерий качества регулятора?
39. В чем сущность метода динамического программирования?
40. В чем состоит принцип оптимальности Беллмана?
41. Что такое корреляционная функция?
42. Поясните понятия стационарности, эргодичности.
43. Что такое формирующие фильтры?
44. Поясните понятие белого шума.

45. Как проводят цифровое моделирование непрерывных случайных процессов с заданной спектральной плотностью?
46. Сформулируйте задачу оптимальной фильтрации Винера.
47. Что такое оптимальный неустойчивый фильтр, оптимальный устойчивый фильтр?
48. Каково влияние спектральных свойств помехи и шума на эффективность фильтрации?
49. Что такое фильтр Калмана?
50. Что понимают под ковариационной матрицей?
51. Как проводят синтез оптимальных регуляторов для замкнутой системы при случайных возмущениях?
52. Что такое транзисторно-транзисторная логика?
53. Для чего используются логические функции?
54. Для чего используется кодирование?
55. Какие существуют методы кодирования?
56. Что такое сложная функция?
57. Каковы временные характеристики основных логических операций?
58. Что такое двоичное исчисление?
59. Как кодируются положительные и отрицательные числа?
60. Как реализуется сложение и вычитание двоичных чисел?
61. Как осуществляется умножение двоичных чисел?
62. Как осуществляется деление двоичных чисел?
63. Что такое плавающая запятая?
64. Что такое переполнение?
65. Для чего используется индикатор полярности?
66. Как обозначается символ отрицания?
67. Приведите обозначения логических символов.
68. Приведите обозначения зависимостей.
69. Каково назначение блоков управления?
70. Каково назначение выходных блоков?
71. Что представляют собой логические схемы?
72. Приведите семантику обозначений в логических схемах.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольные вопросы к лекциям

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией)
4	Ответ представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности)
3	Ответ представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией)

**Вопросы к лабораторным работам:**

1. Квантование сигналов. Частота квантования.
2. Восстановление сигналов. Теорема Котельникова-Шеннона.
3. Эффект наложения частот.
4. Операторы прямого и обратного сдвига. Физическая реализуемость.
5. Передаточная функция цифрового регулятора.
6. Восстановление непрерывных сигналов.
7. Экстраполятор нулевого порядка.
8. Импульсная модель дискретного сигнала.
9. Импульсная характеристика и передаточная функция экстраполятора.
10. Экстраполятор первого порядка.
11. Линейные дискретные системы.
12. Свойства однородности и суперпозиции.
13. Стационарные системы.
14. Импульсная характеристика и передаточная функция.
15. Дискретные сигналы.
16. Единичный дискретный импульс.
17. Единичный ступенчатый сигнал.
18.  $z$ -преобразование и его свойства.
19. Восстановление оригинала по  $z$ -преобразованию.  $z$ -преобразование запаздывающего сигнала.
20. Импульсные характеристики и передаточные функции дискретных систем.
21. КИХ-фильтры.
22. Переход от разностного уравнения к передаточной функции и обратно.
23. Нули и полюса передаточных функций.
24. Типовые переходные процессы для звена первого порядка.
25. Модели дискретных систем в пространстве состояний.
26. Согласованность матриц  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ .
27. Переход к передаточной функции и обратно.
28. Устойчивость дискретных систем.
29. Устойчивость по Ляпунову.
30. Асимптотическая устойчивость.
31. Устойчивость линейных систем.
32. Проверка устойчивости по передаточной функции и модели в пространстве состояний.
33. Одноконтурная дискретная система.
34. Передаточные функции.
35. Характеристический полином.
36. Характеристическое уравнение.
37. Устойчивость.
38. Нестабилизируемые системы.

39. Дискретизация импульсных систем.
40. Приведённая непрерывная часть.
41. Дискретные передаточные функции замкнутой системы.
42. Скрытые колебания.
43. Устойчивость импульсных систем.
44. Анализ устойчивости по дискретной модели.
45. Невырожденность интервала квантования.
46. Частотные характеристики дискретных систем.
47. Частота Найквиста.
48. Периодичность частотной характеристики.
49. Показатели качества импульсных систем: перерегулирование, время переходного процесса, запасы устойчивости, показатель колебательности.
50. Интегральная квадратическая ошибка.
51. Статические ошибки в импульсных системах. Астатизм.
52. Условие компенсации постоянных возмущений.
53. Дискретизация аналоговых регуляторов (методы Эйлера, Тастина, преобразования нулей и полюсов, фиктивного квантования).
54. Сохранение устойчивости регуляторов при дискретизации.
55. Численная оптимизация цифровых регуляторов (постановка задачи).
56. Аппроксимация переходных процессов и частотных характеристик для разомкнутых и замкнутых систем.
57. Задача модального управления.
58. Модальные ограничения.
59. Корневой годограф.
60. Метод D-разбиения.
61. Синтез регуляторов с помощью диофантовых уравнений.
62. Выбор порядка желаемого характеристического полинома.
63. Аperiodическое управление.
64. Задача модального управления.
65. Синтез регуляторов с помощью моделей в пространстве состояний.
66. Обратная связь по вектору состояния.
67. Обратная связь по выходу. Наблюдатель.
68. Переходные процессы минимальной длительности (общий подход к синтезу).
69. Скрытые колебания, их причина, как от них избавиться.
70. Регулятор с двумя степенями свободы.
71. Эталонная модель.
72. Линейный квадратичный регулятор на конечном и бесконечном интервале времени (постановка задачи).
73. Критерий качества.
74. Метод динамического программирования (общий подход).
75. Принцип оптимальности Беллмана.
76. Модели случайных возмущений в непрерывном времени.
77. Корреляционные функции.
78. Стационарность.
79. Эргодичность.

- 80.Спектральные плотности.
- 81.Формирующие фильтры.
- 82.Белый шум.
- 83.Модели случайных возмущений в дискретном времени.
- 84.Цифровое моделирование непрерывных случайных процессов с заданной спектральной плотностью.
- 85.Задача оптимальной фильтрации Винера.
- 86.Оптимальный неустойчивый фильтр, оптимальный устойчивый фильтр.
- 87.Влияние спектральных свойств помехи и шума на эффективность фильтрации.
- 88.Фильтр Калмана.
- 89.Ковариационная матрица.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству вопросы к лабораторным работам

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответы представлены на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 90-100% вопросов)
4	Ответы представлены на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности, правильные ответы даны на 75-89% вопросов)
3	Ответы представлены на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 50-74% вопросов)
2	Ответы представлены на неудовлетворительном уровне или не представлены (студент не готов отвечать или правильные ответы даны менее чем на 50% вопросов)

### Тесты:

1. Задача системы стабилизации:

- А) сохранять заданное значение входа при действии возмущения.
- Б) сохранять заданное значение возмущения.
- В) сохранять заданное значение выхода при действии возмущения.

2. Одной решетчатой функции может соответствовать:

- А) множество аналоговых сигналов.
- Б) один аналоговый сигнал.
- В) два или три аналоговых сигнала.

3. При квантовании происходит:

- А) преобразование информации.
- Б) потеря информации.
- В) искажение информации.

4. Временная диаграмма логической операции содержит:

- А) таблицу истинности.
- Б) временную шкалу.
- В) описание регистров.

5. Для логической схемы время является:

- А) входной переменной.
- Б) выходной переменной.
- В) независимой переменной.

6. Для анализа процессов между моментами квантования используют:

- А) модифицированное дискретное преобразование Лапласа.
- Б) модифицированное z-преобразование.
- В) z-преобразование.

7. Для вычисления непрерывного сигнала на выходе объекта управления используют:

- А) модифицированное дискретное преобразование Лапласа.
- Б) обратное преобразование Лапласа.
- В) z-преобразование.

#### Критерии и шкала оценивания по оценочному средству тесты

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов)
4	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)
3	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)
2	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов)

#### Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет)

1. Квантование непрерывных функций.
2. Восстановление непрерывных функций.
3. Модифицированное z-преобразование.
4. Аналоговая модель экстраполятора.
5. Импульсная модель дискретного сигнала.
6. Дискретная модель объекта с экстраполятором.
7. Замкнутые формулы.
8. Процессы между моментами квантования.

9. Дискретизация моделей в пространстве состояний.
10. Разомкнутые системы.
11. Замкнутые системы.
12. Когда система имеет ДПФ.
13. Системы, не имеющие ДПФ.
14. Параметрическая передаточная функция.
15. Понятие устойчивости.
16. Устойчивость одноконтурной цифровой системы.
17. Стабилизируемость в вырожденных случаях.
18. Скрытые колебания.
19. Переходные процессы.
20. Запасы устойчивости.
21. Ошибка в установившемся режиме.
22. Интегральные показатели.
23. Статистические показатели.
24. Робастность.
25. Задача переоборудования.
26. Численное интегрирование.
27. Частотная коррекция.
28. Устойчивость регулятора.
29. Отображение нулей и полюсов.
30. Фиктивное квантование.
31. Аппроксимация частотной характеристики.
32. Оптимальное переоборудование.
33. Эквивалентная дискретная система.
34. Регуляторы низкого порядка.
35. Задача размещения полюсов.
36. Полиномиальные уравнения.
37. Физическая реализуемость регулятора.
38. Размещение полюсов.
39. Процессы минимальной длительности.
40. Системы с двумя степенями свободы.
41. Полиномиальный алгоритм синтеза регулятора.
42. Билинейное преобразование.
43. Алгоритм синтеза регулятора.
44. Использование ЛАФЧХ.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (зачет)

Характеристика знания предмета и ответов	Зачеты
Обучающийся глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и	зачтено

<p>правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.</p>	
<p>Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.</p>	
<p>Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30 % ошибок в излагаемых ответах.</p>	
<p>Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы</p>	<p>не зачтено</p>

## Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)