

# **ИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

---

---

**Учебно-научный  
институт радиоэлектроники и информационных технологий (ИРИТ)**

**УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института:**

\_\_\_\_\_ Мякиньков А.В.

« 21 » июня 2021 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Б1.В.Од.21 Нелинейные цепи и цифровые фильтры**

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: **11.03.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

Направленность: **Сети связи и системы коммутации**

Форма обучения: **очная**

Год начала подготовки 2021

Выпускающая кафедра: Электроника и сети ЭВМ (ЭСВМ)

Кафедра разработчик ЭСВМ

Объем дисциплины 180/5

Промежуточная аттестация: **экзамен**

Разработчик: Есипенко В.И., д.ф.-м.н.

**Нижний Новгород, 2021**

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 19.09.2017 № 930 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ на основании учебного плана принятого УМС НГТУ им. Р.Е Алексеева протокол от 17.06.2021 № 8

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры ЭСВМ протокол от 02.06.21 № 12

И.о. зав. кафедрой д.т.н, доцент Бабанов Н.Ю.

подпись

Программа рекомендована к утверждению УМС ИРИТ г., протокол от 10.06.21 №1

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ \_\_\_\_\_ № 11.03.02-С-43

Заведующая отделом комплектования НТБ

Кабанина Н.И.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
1.1. Цель освоения дисциплины .....	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля) .....	4
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>8</b>
4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам.....	8
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам .....	9
<b>5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>18</b>
<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>21</b>
6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда .....	21
6.2. Справочно-библиографическая литература .....	22
6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям	22
<b>7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>22</b>
7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины (модуля) .....	22
7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем .....	23
<b>8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....</b>	<b>24</b>
<b>9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>24</b>
<b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>25</b>
10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии .....	25
10.2. Методические указания для занятий лекционного типа .....	26
10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах .....	26
10.4. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях .....	26
10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающегося ....	26
<b>11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ .....</b>	<b>27</b>
11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ .....	27
11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена...	
11.3. Типовые задания для текущего контроля .....	
Лист актуализации .....	28

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1. Целями освоения дисциплины являются:**

Целью дисциплины “Нелинейные цепи и цифровые фильтры” являются приобретение студентами знаний и навыков, основных понятий, подходов и методов анализа процессов в нелинейных радиотехнических цепях во временной и частотной областях, методов синтеза цифровых фильтров для обработки цифровых сигналов, методов проведения экспериментальных исследований и измерений, анализ результатов исследований и их оформление в соответствии с требованиями.

### **1.2 Задачи освоения дисциплины (модуля):**

- изучение основных теоретических и экспериментальных методов исследования процессов в радиотехнических нелинейных цепях и устройствах связи;
- овладение методами приборных и компьютерных измерений параметров процессов в нелинейных цепях и цифровых фильтрах;
- изучение принципов создания радиотехнических устройств с нелинейными элементами;
- овладение методами теоретических расчетов процессов в нелинейных электрических цепях при анализе во временной и в частотной областях;
- изучение методов построения цифровых фильтров.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина (модуль) “Нелинейные цепи и цифровые фильтры” включена в обязательный перечень дисциплин обязательной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС3++, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Дисциплина “Нелинейные цепи и цифровые фильтры” базируется на курсах «Математика», «Физика» и «Основы теории цепей». Студент должен обладать знаниями интегрального и дифференциального исчисления, действиями с комплексными числами, знаниями физических законов электричества и магнетизма, иметь навыки работы с компьютером.

Освоение дисциплины “Нелинейные цепи и цифровые фильтры” необходимо для последующего изучения дисциплин «Общая теория связи», «Схемотехника телекоммуникационных устройств», «Электропитание устройств систем телекоммуникаций», «Системы коммутации», «Цифровая обработка сигналов», «Сети и системы радиосвязи».

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

3.1. Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующих общепрофессиональных компетенций в соответствии с ОПОП ВО по направлению 11.03.02 - Инфокоммуникационные технологии и системы связи:

ПКС-7 Способен производить расчеты по проекту сетей и средств инфокоммуникаций проводных и беспроводных систем передачи информации и в составе подразделения

устанавливать и тестировать новое программное обеспечение транспортных сетей и сетей передачи данных  
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.

Формирование указанных компетенций размещено в таблице 1.

Таблица 1 - Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>ПКС-7</b>								
<i>Математика</i>								
<i>Физика</i>								
<i>Основы теории цепей</i>								
<i>Общая теория связи</i>								
<i>НЦ и ЦФ</i>								
<i>Метрология, стандартизация и сертификация в инфокоммуникациях</i>								
<i>Теория вероятностей и математическая статистика</i>								
<i>Ознакомительная практика</i>								
<b>УК-2</b>								
<i>Дискретная математика</i>								
<i>Физика</i>								
<i>Основы теории цепей</i>								
<i>Общая теория связи</i>								
<i>НЦ и ЦФ</i>								
<i>Метрология, стандартизация и сертификация в инфокоммуникациях</i>								
<i>Ознакомительная практика</i>								
<i>Научно-исследовательская работа</i>								

### 3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (ОП)

Таблица 2 - Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Код и наименование дискриптора достижения компетенции	Код <i>ПС*</i> и <i>ТФ*</i>	Квалификационные требования К выбранной ТФ *
ПКС-7. Способен производить расчеты по проекту сетей и средств инфокоммуникаций проводных и беспроводных систем передачи информации и в составе подразделения устанавливать и тестирувать новое программное обеспечение транспортных сетей и сетей передачи данных	ИПКС-7.3- Работает с программным обеспечением, устанавливать и тестирувать новые, используемые при обработке информации инфокоммуникационных систем и их составляющих	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Основы цифровой обработки сигналов и цифровые фильтры</li> </ul> <b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Производить расчеты по проекту обработки сигналов в инфокоммуникационных сетях с использованием программного обеспечения.</li> </ul> <b>Владеть:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Программным обеспечением, используемым при обработке информации инфокоммуникационных систем</li> </ul>	06.006 A/01.6	<p><b>Трудовые действия:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Текущая эксплуатация и техобслуживание оборудования коммутационной подсистемы и другого сопутствующего сетевого и серверного оборудования и сетевых платформ в целях поддержания показателей качества работы коммутационной подсистемы в пределах нормативных значений</li> </ul> <p><b>Необходимые умения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Выполнять профилактические и регламентные работы, техническое обслуживание оборудования коммутационной подсистемы, другого сопутствующего сетевого и серверного оборудования, сетевых платформ</li> </ul> <p><b>Необходимые знания:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Основы технической эксплуатации коммутационного оборудования коммутационных подсистем и сетевых платформ.</li> </ul>
УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	ИУК-2.2. Предлагает способы решения поставленных задач и ожидаемые результаты; оценивает предложенные способы с точки зрения соответствия цели проекта.	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы анализа токов и напряжений в нелинейных цепях;</li> <li>- спектральные преобразования сигналов в нелинейных цепях;</li> <li>- математику Z-преобразований и их применение в цифровых фильтрах;</li> <li>- разностные уравнения и их решение;</li> <li>- связь преобразований во временной и частотной областях для дискретных преобразований.</li> </ul> <b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- производить спектральные преобразования в нелинейных цепях;</li> </ul>		

		<p>- составлять разностные уравнения для КИХ и БИХ фильтров;</p> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- навыками применения дискретной математики для преобразований Фурье, Лапласа и Z-преобразований.</li></ul>		
--	--	---	--	--

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 11 зач.ед. 396 часов, распределение часов по видам работ и семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	5 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>	<b>очная</b>	
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>180</b>	<b>180</b>
<b>1. Контактная работа:</b>		
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>57</b>	<b>57</b>
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	-	-
лабораторные работы (ЛР)	34	34
<b>1.2. Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	-	-
текущий контроль, консультации по дисциплине		
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	6	6
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>		
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	87	87
Подготовка к экзамену (контроль)	36	36



## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)								
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)											
		Лекции	Лабораторные работы	Практические												
<b>5 семестр</b>																
ПКС-7 ИПКС-7.3 УК-2 ИУК-2.2	<b>Раздел 1. Характеристики нелинейных элементов и систем</b>															
	Тема 1.1. Внешние характеристики безынерционных нелинейных элементов.	0,5			2,0		Домашняя самоподготовка; общение и консультации по электронной почте.	Конспекты лекций для дистанционного обучения.								
	Тема 1.2. Виды аппроксимации вольтамперных характеристик: 1)кусочно-линейная, 2)полиномиальная , 3) аппроксимация специальными функциями	0,5			2,0											
	Тема 1.3. Спектральный состав тока на выходе нелинейных элементов	0,5			4,0	Подготовка к лекционным занятиям.										
	Тема 1.4. Нелинейные резонансные усилители и умножители частоты	0,5			2,0	Подготовка лабораторным занятиям.		Дополнительные материалы, рассылаемые по электронной почте.								
					3,0	Подготовка лабораторным										

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)		
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)					
		Лекции	Лабораторные работы	Практические						
					занятиям.					
ПКС-7 ИПКС-7.3 УК-2 ИУК-2.2	<b>Раздел 2. Получение модулированных радиосигналов</b>  <b>Тема 2.1.</b> Математические модели модулированных сигналов. Получение сигналов с амплитудной, балансной и модуляцией с одной боковой полосой.	1,0			2,0	Подготовка к лекционным занятиям.	Задания для аудиторных и самостоятельных решений.	Дополнительные материалы, рассылаемые по электронной почте.		
	<b>Тема 2.2.</b> Получение сигналов с частотной и фазовой модуляцией: 1)математические модели, 2) частотный и фазовый модуляторы.	1,0			2,0	Подготовка к лекционным занятиям.	Задания для аудиторных и самостоятельных решений.			
								Дополнительные материалы, рассылаемые по электронной почте.		
	<b>Раздел 3. Демодуляция модулированных радиосигналов</b>									
	<b>Тема 3.1.</b> Демодуляция различных видов амплитудно-модулированных сигналов: 1)линейный детектор, 2)квадратичный детектор и др. .	1,0			2,0	Подготовка к лекциям.				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)		
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)					
		Лекции	Лабораторные работы	Практические						
	<b>Тема 3.2.</b> Демодуляция сигналов с частотной модуляцией: 1)применение ограничителей, 2)детектор с одним и с двумя расстроеными контурами; 3)цифровое детектирование.	1,0			4,0	Подготовка к лабораторным занятиям.	Задания для аудиторных и самостоятельных решений..			
	<b>Лабораторная работа №1.</b> Амплитудная модуляция		8,0		4,0			Дополнительные материалы, рассылаемые по электронной почте.		
	<b>Раздел 4. Линейные цепи с обратной связью.</b>									
ПКС-7 ИПКС-7.3 УК-2 ИУК-2.2	<b>Тема 4.1.</b> Комплексный коэффициент передачи линейно цепи с обратной связью: характеристика цепи, её свойства.	2,0			4,0	Подготовка к лекциям				
	<b>Тема 4.2.</b> Линейная цепь с обратной связью: примеры применения цепи.		4,0		4,0	Подготовка к выполнению лабораторной работы				
	<b>Раздел 5. Устойчивость цепей с обратной связью.</b>									
	<b>Тема 5.1.</b> Устойчивость линейной цепи с обратной связью.	0,5			4,0	Подготовка к лекциям.				
	<b>Тема 5.2.</b> Критерии устойчивости: 1)алгебраический критерий	0,5			8,0	Подготовка к лабораторным занятиям.				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)		
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)					
		Лекции	Лабораторные работы	Практические						
ПКС-7 ИПКС-7.3 УК-2 ИУК-2.2	устойчивости (Русса-Гурвица), 1)геометрический критерий (критерий Найквиста)									
	<b>Лабораторная работа №2.</b> Формирование и детектирование сигналов с частотной модуляцией	5,0	9.0		6,0					
	<b>Раздел 6. Устойчивость различных линейных систем.</b>									
	<b>Тема 6.1.</b> Усилительный каскад.	1,0			4,0	Подготовка к лекциям.				
	<b>Тема 6.2.</b> Гребенчатый фильтр.	1,0			6,0	Подготовка к лекциям				
	<b>Раздел 7. Автогенераторы.</b>									
	<b>Тема 7.1.</b> Самовозбуждение автогенератора в режиме малого сигнала.	1.0			6,0	Подготовка к лабораторным работам.		Дополнительные материалы, рассылаемые по электронной почте.		
	<b>Тема 7.2.</b> Самовозбуждение автогенератора в режиме режим сильного сигнала.	1.0								
	<b>Лабораторная работа № 3.</b> Автогенератор гармонических колебаний		8.0							
	<b>Раздел 8. Стационарный</b> режим работы автогенератора									
	<b>Тема 8.1.</b> Общая структурная схема автогенератора	1.0								
	<b>Раздел 8.2.</b> Условия стационарной работы	0.5			4.0					

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)			
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)						
		Лекции	Лабораторные работы	Практические							
	автогенератора.										
	<b>Раздел 8.3.</b> Типы автогенераторов	0.5			4.0						
	<b>Раздел 9. Цифровые фильтры</b>										
	<b>Тема 9.1.</b> Прямое и обратное z-преобразования. Их свойства.	0.5									
	<b>Тема 9.2.</b> Линейные стационарные цифровые фильтры. Комплексная частотная характеристика и системная функция фильтра.	0.5			10.0	Подготовка к лабораторным занятиям.					
	<b>Тема 9.3.</b> Реализация цифровых фильтров: 1)алгоритмы работы КИХ и БИХ фильтров; 2)билинейное преобразование	0.5									
	<b>Тема 9.4.</b> Синтез цифровых фильтров: 1)метод инвариантных импульсных характеристик; 2) метод инвариантных частотных характеристик; 3)другие методы.	0.5									
	<b>Лабораторная работа №4.</b> Цифровые фильтры.		9.0								
	<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>17,0</b>	<b>34</b>		<b>87</b>						

## **5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.**

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы теоретические вопросы по темам лабораторных работ и примеры домашних заданий для домашних и контрольных работ.

Также сформирован перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме зачёта в 5 семестре.

Указанный комплект оценочных средств является неотъемлемой частью фонда оценочных средств и хранится на кафедре «Электроника и сети ЭВМ».

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели) и оценка выполнения лабораторных работ приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели) и оценка выполнения лабораторных работ

<b>Шкала оценивания</b>	<b>Контрольная неделя</b>	<b>Зачет</b>
$40 < R \leq 50$	Отлично	зачет
$30 < R \leq 40$	Хорошо	
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно	
$0 < R \leq 20$	Неудовлетворительно	

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 6 - Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не засчитено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «засчитено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «засчитено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «засчитено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПКС-7. Способен производить расчеты по проекту сетей и средств инфокоммуникаций проводных и беспроводных систем передачи информации и в составе подразделения устанавливать и тестируировать новое программное обеспечение транспортных сетей и сетей передачи данных	ИПКС-7.3- Работает с программным обеспечением, устанавливать и тестируовать новые, используемые при обработке информации инфокоммуникационных систем и их составляющих	Не знает основные физические законы поведения сигналов в нелинейных цепях во временной и частотной областях. Не имеет навыков проведения экспериментальных исследований и не владеет анализом происходящих процессов в цепях.	Знает основные аналитические выражения для сигналов в нелинейных цепях, но затрудняется объяснять их физическую сущность. Умеет проводить эксперименты по лабораторным работам, но слабо понимает суть исследуемых процессов.	Знает принципы анализа процессов в электрических нелинейных цепях во временной и частотной областях. Способен аргументированно объяснять теоретические и экспериментальные закономерности поведения сигналов в цепях..	Умеет уверенно и правильно выбрать методику и проводить теоретические и экспериментальные испытаний. Уверенно пользуется моделированием и измерениями. Грамотно оформляет результаты с соблюдением нормативных документов..
УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	ИУК-2.2. Предлагает способы решения поставленных задач и ожидаемые результаты; оценивает предложенные способы с точки зрения соответствия цели проекта.	Не знаком со стандартными пакетами программ и не умеет использовать современную вычислительную базу для обработки результатов физического эксперимента. Не умеет логически объяснить получаемые в исследованиях результаты.	Способен производить исследования по лабораторным работам с использованием пакета специализированных программ, но не может уверенно проанализировать суть происходящих физических процессов..	Владеет навыками проведения экспериментальных исследований с применением теоретических, программных и инструментальных методов. Владеет навыками оформления результатов исследований. Испытывает затруднения в объяснении исследуемых процессов.	Уверенно использует аналитические, программные и инструментальные методы при проведении экспериментальных работ. Умеет анализировать и обосновывать получаемые результаты. Умеет оформлять результаты работ в соответствии с требованиями.

Таблица 7 – Критерии оценивания

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценивания</b>
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку « <b>отлично</b> » заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку « <b>хорошо</b> » заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку « <b>удовлетворительно</b> » заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку « <b>неудовлетворительно</b> » заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания выполнил в неполном объеме, практические навыки недостаточно сформированы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

#### СПИСОК ИЗДАНИЙ

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1 Основная литература		
1	Попов В.П. Основы теории цепей. Учебник.-Южный федеральный университет, 2015 г.	40
2	Астайкин А.И., Помазков А.П. Основы теории цепей. Уч. пособие в 2-х томах. –М.: Академия, 2009. Том 1	10
3	Астайкин А.И., Помазков А.П. Основы теории цепей. Уч. пособие в 2-х томах. –М.: Академия, 2009. Том 2	10
4	Иванов М.Т., Сергиенко А.Б., Ушаков В.Н. Радиотехнические цепи и сигналы. Учебник.- СПб.: Петербург, 2014,-335с.	51

5	Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Высшая школа,	10
<b>2 Дополнительная литература</b>		
	2.1 Учебные и научные издания	
1	Данилов Л.В., Матханов П.Н., Филиппов Е.С. Теория нелинейных электрических цепей. Уч. пособие, Л., Энергоатомиздат, 1990. –с. 256.	2
2	Андреев В.С. Теория нелинейных электрических цепей. Уч. Пособие, М.: Радио и связь, 1982. – с.281.	75
3		

## 6.2. Справочно-библиографическая литература

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
6.2.1.	Иванов М.Т., Сергиенко А.Б., Ушаков В.Н.	Радиотехнические цепи и сигналы.	-СПб.: Петербург 2014	Учебник	51

## 6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных занятий по дисциплине «Нелинейные цепи и цифровые фильтры» находятся на кафедре «Электроника и сети ЭВМ».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Нелинейные цепи и цифровые фильтры».

6.3.2. Методические указания к проведению лабораторных работ по курсу «Нелинейные цепи и цифровые фильтры».

6.3.3. Методические рекомендации по организации и планированию практических занятия по дисциплине «Нелинейные цепи и цифровые фильтры».

6.3.5. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Нелинейные цепи и цифровые фильтры».

## 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

### 7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
5. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
6. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
7. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.
8. Научно-техническая библиотека НГТУ <http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/bibl.html>. Электронные библиотечные системы. Электронный каталог книг <http://library.nntu.nnov.ru/>.
9. Электронный каталог периодических изданий <http://library.nntu.nnov.ru/>
10. Гости Нормы, правила, стандарты и законодательство России <http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/resyrs/norma.htm>.

## **7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

<b>№</b>	<b>Наименование ЭБС</b>	<b>Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС</b>
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>

В таблице 10 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

**Таблица 9 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

<b>№</b>	<b>Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы</b>	<b>Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
<b>2</b>	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	<a href="https://cyberpedia.su/21x47c0.html">https://cyberpedia.su/21x47c0.html</a>

## **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ**

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

На сайте НГТУ размещены в формате PDF материалы, разработанные по курсу «Нелинейные цепи и цифровые фильтры».

**Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ**

<b>№</b>	<b>Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ</b>	<b>Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования</b>
<b>1</b>	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
<b>2</b>	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
<b>3</b>	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Для контактной и самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организаций:

- специализированная аудитория 5427 с проектором и доступом в Интернет для проведения лекций, семинаров и презентаций.

Лабораторные работы проводятся в 5 корпусе в оснащённых необходимым оборудованием лабораториях:

Ауд. 5408 – для проведения лабораторных работ. Она оснащена необходимым оборудованием и программным обеспечением, проектор с экраном.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии**

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная.

При преподавании дисциплины «Нелинейные цепи и цифровые фильтры», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Для студентов создан краткий опорный электронный вариант лекционного материала курса. Электронный конспект находится на кафедре «ЭСВМ», также размещен на сайте НГТУ и может быть получен студентом в случае пропусков занятий по уважительным причинам или вынужденного перевода занятий в дистанционную форму.

На лекциях, практических и лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам приобретать навыки выполнения работ в коллективе, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на лабораторных занятиях, практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч с студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom.

Инициируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенций применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с оценкой (на 3-м семестре) экзамена (4 семестр) с учетом текущей успеваемости.

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с

установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

**Результат обучения считается несформированным**, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

## **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах**

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

## **10.4. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях**

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков решения задач;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

## **10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего

контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Развернутые методические указания по всем видам работы студента находятся на кафедре «ЭСВМ».

## **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости**

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая

- проведение контрольных работ;
- теоретический опрос и защита отчетов по лабораторным работам;
- экзамен.

### **11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ**

Контрольные вопросы для лабораторных работ приведены в учебно-методических пособиях по проведению лабораторных работ.

### **11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена**

#### **11.2.1. Вопросы к экзамену, проводимому по окончании пятого семестра**

1. Нелинейные элементы и их характеристики. Метод угла отсечки.
2. Спектральный состав сигнала на выходе нелинейной цепи в бигармоническом режиме. Что такое порядок бигармонической составляющей?
3. Нелинейные элементы и нелинейные цепи. Составление уравнений для нелинейной цепи.
4. Какова взаимосвязь между различными способами описания линейных электрических цепей (дифференциальные уравнения, частотные характеристики, операторные передаточные функции, импульсные характеристики, переходные характеристики).
5. Детекторная характеристика АМ детектора. Её назначение и экспериментальное измерение.
6. Схемы получения АМ-колебаний. Принцип работы, характеристики.
7. Принцип получения АМ-колебаний, схемы модуляторов. Статическая модуляционная характеристика, её назначение, экспериментальное измерение и расчёт.
8. Схемы сумматоров и интеграторов на операционном усилителе.

- 9.Принцип получения ЧМ-колебаний. Детектирование ЧМ-колебаний.
- 10.Как можно снять характеристику ЧМ-детектора и что можно по ней определить?
- 11.Детектирование АМ-колебаний, схемы детекторов.
- 12.Определение устойчивой и неустойчивой линейной системы. Расположение корней характеристического уравнения этих систем на комплексной плоскости.
- 13.Положительная и отрицательная обратная связь. Влияние обратной связи на характеристики систем.
- 14.Принципы построения автогенераторов гармонических колебаний.
- 15.Критерий устойчивости Раусса-Гурвица.
- 16.Причины нестабильности частоты колебаний в автогенераторе и меры по её снижению.
- 17.Условия возбуждения автогенератора и их физический смысл.
- 18.Трёхточечные схемы автогенераторов гармонических колебаний.
- 19.RC-автогенераторы гармонических колебаний.
- 20.Критерий устойчивости Найквиста.
- 21.Прямое Z-преобразование и его свойства.
- 22.Взаимосвязь системной функции с импульсной характеристикой цифрового фильтра.
23. Прямое Z-преобразование и его свойства. Обратное Z-преобразование и его вычисление с помощью вычетов.
- 24.Передаточная функция дискретного фильтра. Разностные уравнения.
- 25.Комплексная функция цифрового фильтра, её связь с системной функцией.
- 26.Детектирование АМ-колебаний.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института ИРИТ

“\_\_\_” Мякиньков А.В.  
2022 г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

**«Б1.В.ОД.21 Нелинейные цепи и цифровые фильтры»**  
индекс по учебному плану, наименование

для подготовки бакалавров/ специалистов/ магистров

Направление: {шифр – название} 11.03.02 –Инфокоммуникационные технологии и  
системы связи

Направленность: Сети связи и системы коммутации

Форма обучения очная

Год начала подготовки: 2021

Курс 3

Семестр 5

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для  
2021 г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год  
начала подготовки):

1) .....

2) .....

3) .....

Разработчик (и): Есипенко В.И., д.ф.-м.н., с.н.с \_\_\_\_\_ «\_\_» 2022 г.  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
ЭСВМ \_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» 2022 г.

Заведующий кафедрой Бабанов Н.Ю.

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой ЭСВМ \_\_\_\_\_ «\_\_» 2022 г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ «\_\_» 2022 г.