

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол от

«14» декабря 2021 г. № 4

**Рабочая программа дисциплины**

Основы компьютерного проектирования и  
моделирования радиотехнических систем

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Специалитет

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

11.05.02 - Специальные радиотехнические системы

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Радиотехнические системы и комплексы специального назначения

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2022 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.13 «Основы компьютерного проектирования и моделирования радиотехнических систем» относится к вариативной части ООП направления подготовки 11.05.02 Специальные радиотехнические системы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
<p><i>ПК-2:</i></p> <p><i>Способен проводить математическое и компьютерное моделирование, а также экспериментальные исследования объектов и процессов в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений</i></p>	<p><i>ПК-2.1: Понимает основы моделирования и компьютерного проектирования радиоэлектронных средств, стандартные пакеты прикладных программ, ориентированных на решение научных и проектных задач радиоэлектроники.</i></p> <p><i>ПК-2.2: Понимает математические модели процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия радиоэлектронных средств</i></p> <p><i>ПК-2.3: Применяет компьютерные системы и пакеты прикладных программ для проектирования и моделирования радиоэлектронных средств.</i></p> <p><i>ПК-2.4: Проводит экспериментальные исследования в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений</i></p>	<p><i>ПК-2.1: Знание основ моделирования и компьютерного проектирования радиоэлектронных средств, стандартные пакеты прикладных программ, ориентированных на решение научных и проектных задач радиоэлектроники.</i></p> <p><i>ПК-2.2: Знание математических моделей процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия радиоэлектронных средств</i></p> <p><i>ПК-2.3: Умение применять компьютерные системы и пакеты прикладных программ для проектирования и моделирования радиоэлектронных средств.</i></p> <p><i>ПК-2.4: Навык экспериментальных исследований в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений</i></p>	<p><i>Собеседование</i></p>
<p><i>ПК-3:</i></p> <p><i>Расчеты по проекту в соответствии с техническим заданием с</i></p>	<p><i>ПК-3.1. Понимает основы схемотехники</i></p> <p><i>ПК-3.2. Понимает принципы и средства построения</i></p>	<p><i>ПК-3.1. Знание основ схемотехники</i></p> <p><i>ПК-3.2. Знание принципов и средств построения</i></p>	<p><i>Собеседование, задача (практическое задание)</i></p>

<i>использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ</i>	<i>физических и математических моделей объектов научных исследований ПК-3.3. Соблюдает стандарты в области разработки и постановки изделий на производство, общих технических требований, контроля качества продукции, ЕСКД, стандарты системы менеджмента качества ПК-3.4. Применяет методы анализа и синтеза сетей связи, в т.ч. современные отечественные и зарубежные пакеты программ для решения схемотехнических, системных и сетевых задач ПК-3.5. Осуществляет методологическое обоснование научного исследования</i>	<i>физических и математических моделей объектов научных исследований ПК-3.3. Знание стандартов в области разработки и постановки изделий на производство, общих технических требований, контроля качества продукции, ЕСКД, стандарты системы менеджмента качества ПК-3.4. Знание методов анализа и синтеза сетей связи, в т.ч. современных отечественных и зарубежных пакетов программ для решения схемотехнических, системных и сетевых задач и умение их применять ПК-3.5. Навык методологического обоснования научного исследования</i>	
---	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>2 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>32</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>16</b>
- КСР	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>23</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>зачет</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

*(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)*

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
	очная	очная	очная	очная	очная	очная
Тема 1. Введение. Основные методологии проектирования РЭУ	5	2			2	3
Тема 2. Структурно-функциональное описание проектируемой системы. Прямая и обратная задача исследования	12	6		2	8	4
Тема 3. Оптимизация как эффективная методология проектирования РЭУ	14	8		2	10	4
Тема 4. Численные методы поисковой оптимизации	18	6		4	10	8
Тема 5. Решение прикладных задач методами оптимизации.	12	6		4	10	2
Тема 6. Пакеты моделирования и автоматизированного проектирования РЭУ.	10	4		4	8	2
Аттестация	0					
КСР	1				1	
Итого	72	32		16	49	23

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает: решение практических задач по отдельным разделам дисциплины в рамках лабораторного практикума.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 16 ч.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:

- изучение современных методов компьютерного моделирования и проектирования радиотехнических систем;

- навык принятия решений и оптимизации сложных систем;
- навык компьютерного моделирования и проектирования радиотехнических систем различной сложности.

- компетенций ПК-2, ПК-3.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа (лабораторных работ), групповых или индивидуальных консультаций.

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный курс (Основы компьютерного проектирования и моделирования радиотехнических систем, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=9523>), созданный в системе электронного обучения ННГУ - <https://e-learning.unn.ru>.

Кроме того, самостоятельная проработка отдельных тем дисциплины проводится обучающимися с помощью основной и дополнительной учебной литературы, Интернет-ресурсов (п.6).

#### 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований.  Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний.  Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.  Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.  Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений  Невозможность	При решении стандартных задач не	Продemonстрированы основные умения.	Продemonстрированы все основные умения.	Продemonстрированы все основные умения.	Продemonстрированы все основные умения.	Продemonстрированы все основные умения.

	ость оценить наличие умений вследствие отказа обучающег ося от ответа	продемонст рированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	умения, решены все основные задачи с отдельными несуществе нными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом . Невозможн ость оценить наличие навыков вследствие отказа обучающег ося от ответа	При решении стандартны х задач не продемонст рированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальн ый набор навыков для решения стандартны х задач с некоторыми недочетами	Продемонстр ированы базовые навыки  при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстр ированы базовые навыки  при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонст рированы навыки  при решении нестандартн ых задач без ошибок и недочетов.	Продемонст рирован творческий подход к решению нестандартн ых задач

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

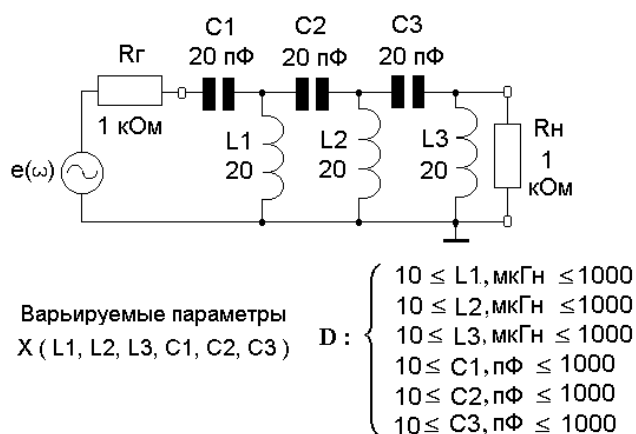
(согласно оценочным средствам п.2)

### 5.2.1. Контрольные вопросы

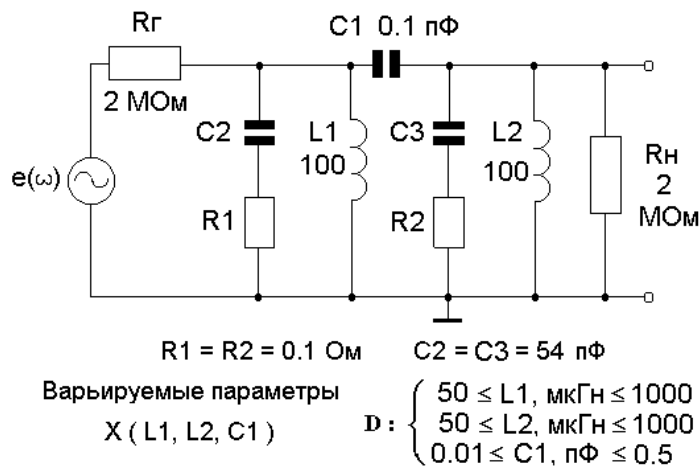
Вопросы	Код формируемой компетенции
1) Основные задачи проектирования радиотехнических систем.	ПК-2, ПК-3
2) Неформализованные и формализованные объекты проектирования.	ПК-2, ПК-3
3) Структурно-функциональное описание объекта проектирования.	ПК-2, ПК-3
4) Функциональные показатели и внутренняя структура.	ПК-2, ПК-3
5) Методы структурного синтеза систем. Принципиальные достоинства морфологического метода.	ПК-2, ПК-3
6) Оптимизация как эффективная инвариантная методология проектирования и синтеза. Общая задача векторной оптимизации.	ПК-2, ПК-3
7) Понятие эффективного (паретовского) решения многокритериальной проектной задачи.	ПК-2, ПК-3
8) Поисковая минимизация. Поисковый алгоритм.	ПК-2, ПК-3
9) Алгоритмы локальной минимизации.	ПК-2, ПК-3
10) Основные методы отыскания эффективных решений (методы формирования целевых функционалов). Метод главного критерия.	ПК-2, ПК-3

### 5.2.2. Типовые задания для оценки сформированности компетенций ПК-2, ПК-3

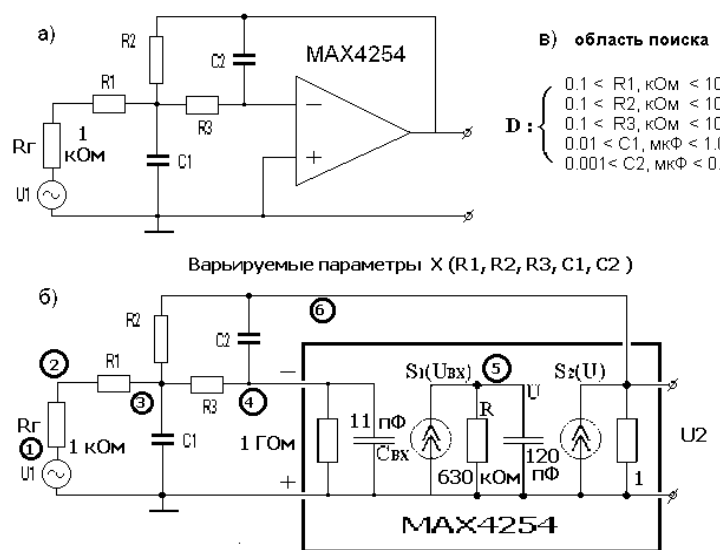
**Задание 1.** Осуществить синтез пассивного фильтра верхних частот (ФВЧ) по следующей принципиальной схеме



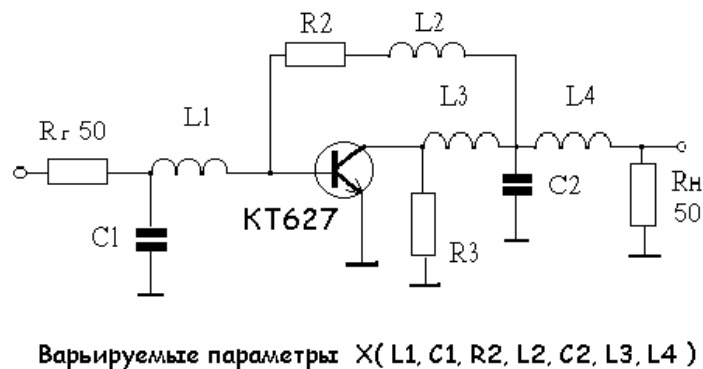
**Задание 2.** Осуществить синтез пассивного полосно-пропускающего фильтра по следующей принципиальной схеме



**Задание 3.** Синтез активного фильтра нижних частот (АФНЧ). Принципиальная схема устройства, реализованного на операционном усилителе MAX4254 по схеме с двухконтурной обратной связью,



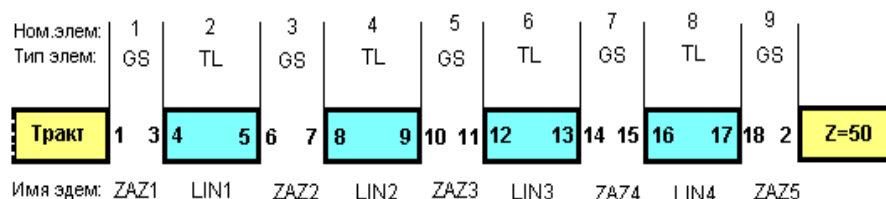
**Задание 4.** Многофункциональный синтез широкополосного транзисторного усилителя (ШПТУ). В данном задании необходимо осуществить синтез ШПТУ в рабочем диапазоне 0.1 – 75 МГц сначала по одной характеристике – требуемому коэффициенту передачи мощности  $K_p(\omega)$ , а затем по двум его частотным характеристикам ( $K_p$  и  $\Phi_{\text{ЧХ}}$ ). Усилительным элементом является биполярный СВЧ-транзистор средней мощности КТ627, включённый по схеме с общим эмиттером с резистивной нагрузкой  $R_3$  в коллекторной цепи.





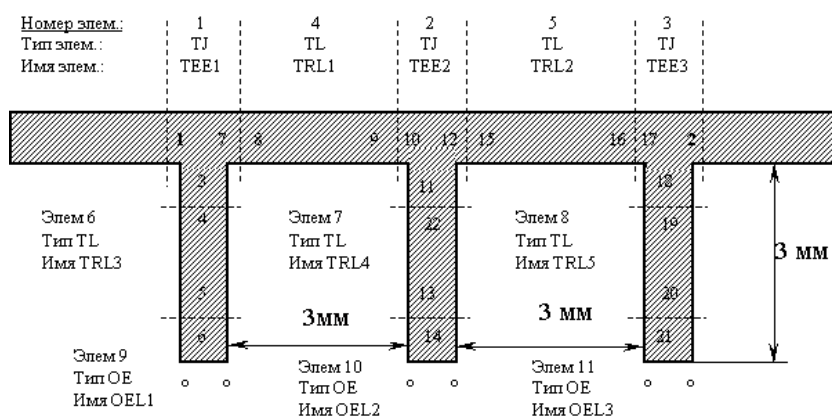
**Задание 5.** Многофункциональный синтез полосового фильтра на симметричной полосковой линии с зазорами.

Фильтр реализован на СПЛ со следующими размерами (рис. 1): толщина линии  $b=6,35$  мм, толщина проводника  $l=0,03556$  мм, относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_0 = 2,55$ .



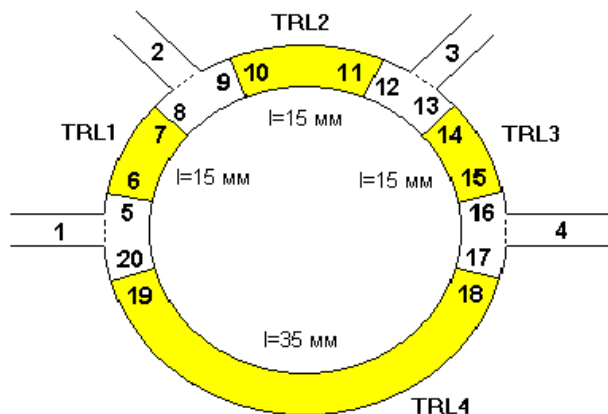
**Задание 6.** Многофункциональный синтез шлейфового фильтра нижних частот на микрополосковой линии.

Фильтр реализован на МПЛ со следующими параметрами (рис. 2): толщина подложки  $h=3,175$  мм, толщина проводника  $l=0,03556$  мм, относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_0 = 9,8$  (поликор).



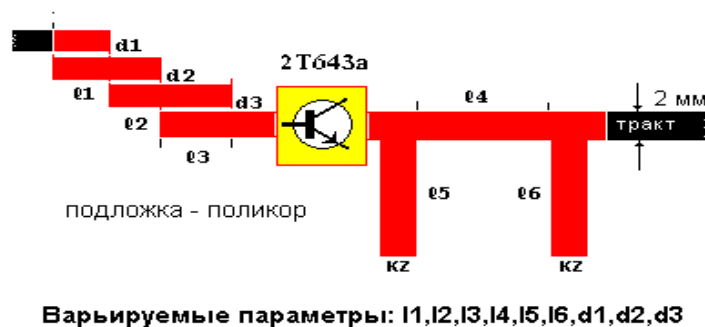
**Задание 7.** Синтез направленного ответвителя (НО) на кольцевом гибридном соединении.

НО реализован на МПЛ со следующими параметрами: толщина подложки  $h=3,175$  мм, толщина проводника  $l=0,03556$  мм, относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_0 = 2,55$ . На рисунке указаны исходные (до синтеза) геометрические размеры НО.



**Задание 8.** Многофункциональный синтез микрополоскового СВЧ усилителя на транзисторе 2Т643а.

Во входной цепи усилителя включен полосовой фильтр на секциях связанных микрополосковых линий, а в выходной цепи – шлейфовый полосовой фильтр. Фильтры реализованы на МПЛ со следующими параметрами: толщина подложки  $h=3.0$  мм, толщина проводника  $l=0,03$  мм, относительная диэлектрическая проницаемость подложки  $\epsilon_0 = 9,8$  (поликор). Транзистор 2Т643а задаётся его матрицей рассеяния, рассчитанной по теоретической модели.



## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. Монаков А.А. Математическое моделирование радиотехнических систем. М., Лань, 2016.
2. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. М., Изд. Юрайт, 2017.
3. Волкова В.Н. Моделирование систем и процессов. М., Изд. Юрайт, 2017.

б) дополнительная литература:

4. Доррер Г.А. Теория принятия решений: Учебное пособие для студентов направления 230100.62 – Информатика и вычислительная техника. Сибирский государственный технологический университет, 2013, Лань
5. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink. Издательство "ДМК Пресс", 2007, Лань
6. Синтез оптимальных приемных устройств радиосигналов на фоне помех, Кривошеев В.И. /Учебно-методическое пособие, Н.Новгород: издательство ННГУ, 2009, 79 с. (15 экз.)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<https://e.lanbook.com/>  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703833186.html>  
<http://znanium.com>  
<https://biblio-online.ru/>

Курс в СЭО ННГУ Основы компьютерного проектирования и моделирования радиотехнических систем,  
<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=9523>

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: аудитории для практических занятий в группах, мультимедийный проектор.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО/ОС ННГУ по направлению 11.05.02 «Специальные радиотехнические системы», специальности (специализации) «Радиотехнические системы и комплексы специального назначения».

Автор(ы): Бугров В.Н.

Заведующий кафедрой: Фитасов Е.С.

Программа одобрена на заседании методической комиссии президиума ученого совета ННГУ от 14 декабря 2021, протокол № 4.