

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Основы компьютерного проектирования и моделирования
радиотехнических систем

Уровень высшего образования
Специалитет

Направление подготовки / специальность
11.05.02 - Специальные радиотехнические системы

Направленность образовательной программы
Прием, анализ и обработка сигналов системами специального назначения

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.09 Основы компьютерного проектирования и моделирования радиотехнических систем относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-2: 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	<p>ПК-2.1: Понимает основы моделирования и компьютерного проектирования радиоэлектронных средств, стандартные пакеты прикладных программ, ориентированных на решение научных и проектных задач радиоэлектроники</p> <p>ПК-2.2: Понимает математические модели процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия радиоэлектронных средств</p> <p>ПК-2.3: Применяет компьютерные системы и пакеты прикладных программ для проектирования и моделирования радиоэлектронных средств</p> <p>ПК-2.4: Проводит экспериментальные исследования в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений</p>	<p>ПК-2.1: Знание основ моделирования и компьютерного проектирования радиоэлектронных средств, стандартных пакетов прикладных программ, ориентированных на решение научных и проектных задач радиоэлектроники</p> <p>ПК-2.2: Знание математических моделей процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия радиоэлектронных средств</p> <p>ПК-2.3: Умение применять компьютерные системы и пакеты прикладных программ для проектирования и моделирования радиоэлектронных средств</p> <p>ПК-2.4: Навык проведения экспериментальных исследований в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений</p>	Допуск к лабораторной работе	Зачёт: Отчет по лабораторным работам Контрольные вопросы

ПК-3: Расчеты по проекту в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ	ПК-3.1: Понимает основы схемотехники ПК-3.2: Понимает принципы и средства построения 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	ПК-3.1: Знание основ схемотехники ПК-3.2: Знание принципов и средств построения 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 ПК-3.5: Навык методологического обоснования научного исследования	Допуск к лабораторной работе Практическая задача	Зачёт: Отчет по лабораторным работам Контрольные вопросы
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1

самостоятельная работа	59
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование 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 (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1. Введение. Основные методологии проектирования РЭУ	8	2		2	6
Тема 2. Структурно-функциональное описание проектируемой системы. Прямая и обратная задача исследования	18	6	2	8	10
Тема 3. Оптимизация как эффективная методология проектирования РЭУ	20	8	2	10	10
Тема 4. Численные методы поисковой оптимизации	30	6	4	10	20
Тема 5. Решение прикладных задач методами оптимизации	16	6	4	10	6
Тема 6. Пакеты моделирования и автоматизированного проектирования РЭУ	15	4	4	8	7
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	108	32	16	49	59

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Введение. Основные методологии проектирования РЭУ

Тема 2. Структурно-функциональное описание проектируемой системы. Прямая и обратная задача исследования

Тема 3. Оптимизация как эффективная методология проектирования РЭУ

Тема 4. Численные методы поисковой оптимизации

Тема 5. Решение прикладных задач методами оптимизации.

Тема 6. Пакеты моделирования и автоматизированного проектирования РЭУ.

Практические 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.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 16 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

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

Иные учебно-методические материалы:

Самостоятельная проработка отдельных тем дисциплины проводится обучающимися с помощью основной и дополнительной учебной литературы, а также интернет-ресурсов (см. далее соответствующий пункт)

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

Задание 1

Какие программные продукты компьютерного моделирования вы знаете?

Задание 2

Напишите программу расчёта целевой функции задачи оптимизации на языке высокого уровня

Задание 3

Какие инфологические модели для описания заданной предметной области вы знаете?

Задание 4

Какие программные ресурсы Интернет в области моделирования и экспертизы систем?

Задание 5

Какие приближения используются для моделирования современных радиоэлектронных систем и технологий?

Задание 6

Как применять методы оптимизации для решения базов радиофизических задач?

Задание 7

Назовите основные отличия методики поисковой оптимизации от оптимизации аналитической

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

Задание 1

Какие модельные приближения могут применяться в радиотехнических устройствах?

Задание 2

Назовите основные приёмы обработки и представления экспериментальных данных

Задание 3

В чём отличие локальных алгоритмов поисковой оптимизации от глобальных?

Задание 4

Какие приближения используются для моделирования современных радиоэлектронных систем и технологий?

Задание 5

Приведите примеры математического моделирования радиофизических объектов или процессов.

Задание 6

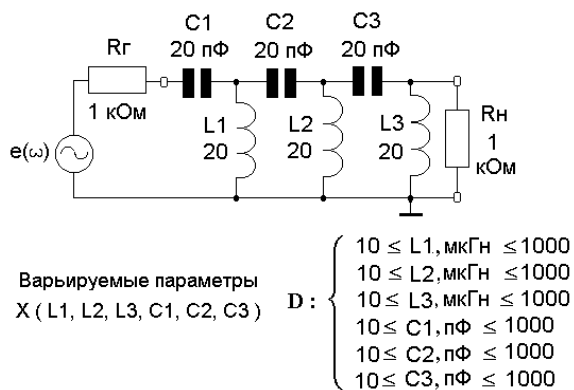
Какие методы формирования целевых функций в задачах оптимизации вы знаете?

Критерии оценивания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе)

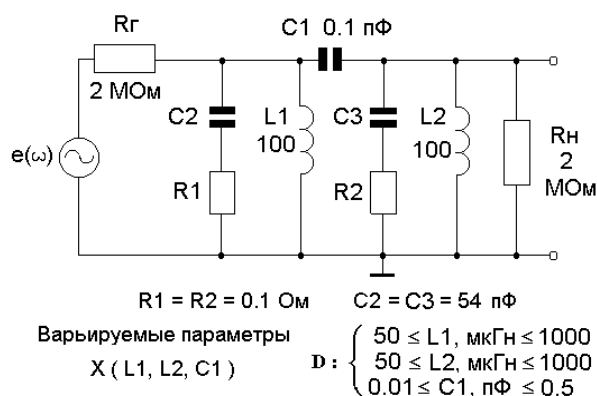
Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень ответов на вопросы не хуже минимального, допустимыми являются негрубые ошибки, неточности.
не зачтено	Уровень ответов на вопросы ниже минимально допустимого, присутствовали грубые ошибки, либо отсутствие ответа поставленный на вопрос.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Практическая задача) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

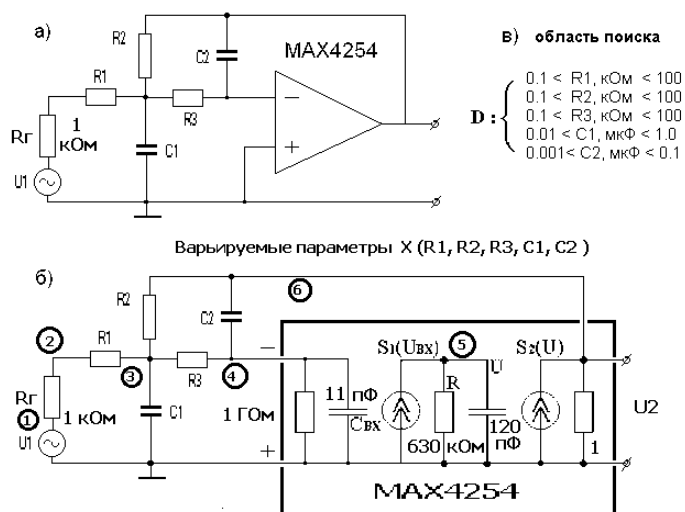
Задача 1. Осуществить синтез пассивного фильтра верхних частот (ФВЧ) по следующей принципиальной схеме



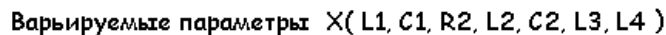
Задача 2. Осуществить синтез пассивного полосно-пропускающего фильтра по следующей принципиальной схеме



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



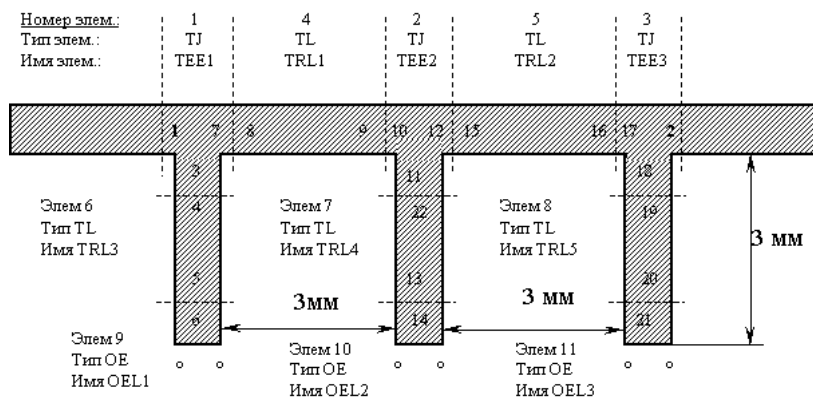
Задача 4. Многофункциональный синтез широкополосного транзисторного усилителя (ШПТУ). В данном задании необходимо осуществить синтез ШПТУ в рабочем диапазоне 0.1 – 75 МГц сначала по одной характеристике – требуемому коэффициенту передачи мощности $K_p(\omega)$, а затем по двум его частотным характеристикам (K_p и $\Phi\chi$). Усилительным элементом является биполярный СВЧ-транзистор средней мощности КТ627, включённый по схеме с общим эмиттером с резистивной нагрузкой $R3$ в коллекторной цепи.



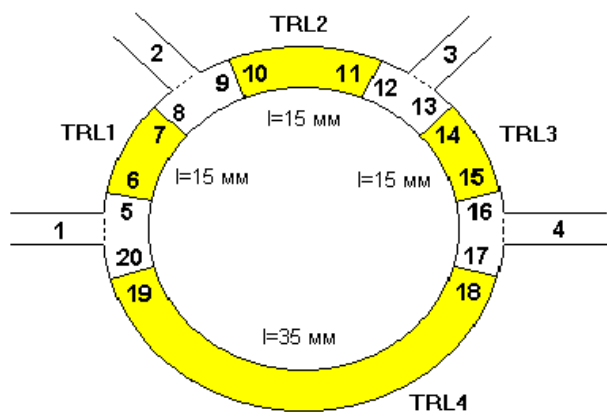
Фильтр реализован на СПЛ со следующими размерами (рис. 1): толщина линии $b=6,35$ мм, толщина проводника $l=0,03556$ мм, относительная диэлектрическая проницаемость $\epsilon_0=2,55$.

Номер элем:	1	2	3	4	5	6	7	8	9										
Тип элем:	GS	TL	GS	TL	GS	TL	GS	TL	GS										
Тракт	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	2	Z=50
Имя элем:	ZAZ1		LIN1		ZAZ2		LIN2		ZAZ3		LIN3		ZAZ4		LIN4		ZAZ5		

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).

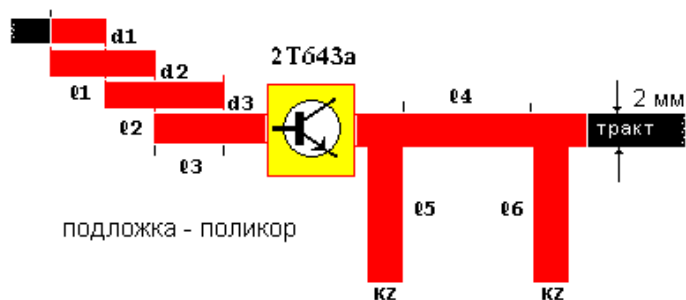


НО реализован на МПЛ со следующими параметрами: толщина подложки $h=3,175$ мм, толщина проводника $l=0,03556$ мм, относительная диэлектрическая проницаемость $\epsilon_0=2,55$. На рисунке указаны исходные (до синтеза) геометрические размеры НО.



Задача 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.



Варьируемые параметры: $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6, d_1, d_2, d_3$

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическая задача)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний, умений и навыков не хуже минимального, допустимыми являются негрубые ошибки, неточности.
не зачтено	Уровень знаний, умений и навыков ниже минимально допустимого, присутствовали грубые ошибки.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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 несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания 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».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-2

Задание 1

Основные этапы проектирования радиотехнических систем

Задание 2

Структурно-функциональное описание объекта проектирования. Функциональные показатели и внутренняя структура

Задание 3

Какие инфологические модели для описания заданной предметной области вы знаете?

Задание 4

Методы структурного проектирования. Принципиальные достоинства морфологического метода

Задание 5

Какие приближения используются для моделирования современных радиоэлектронных систем и технологий?

Задание 6

Как применять методы оптимизации для решения базов радиофизических задач?

Задание 7

Назовите основные отличия методики поисковой оптимизации от оптимизации аналитической

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-3

Задание 1

Прямая и обратная задачи проектирования (анализ, синтез)

Задание 2

Структурно-функциональное описание объекта проектирования. Функциональные показатели и внутренняя структура

Задание 3

Основные приближения при моделировании аналоговых и цифровых устройств

Задание 4

Методы структурного проектирования. Принципиальные достоинства морфологического метода

Задание 5

Классификация задач проектирования РЭУ и современные требования (тенденции) к синтезу

Задание 6

Как применять методы оптимизации для решения базов радиофизических задач?

Задание 7

Аналитические методы синтеза технических решений. Их недостатки

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний, умений и навыков не хуже минимального, допустимыми являются негрубые ошибки, неточности.
не зачтено	Уровень знаний, умений и навыков ниже минимально допустимого, присутствовали грубые ошибки.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Основные этапы проектирования радиотехнических систем
2. Современные методы принятия решений и их применение в проектировании
3. Структурно-функциональное описание объекта проектирования. Функциональные показатели и внутренняя

структура.

4. Прямая и обратная задачи проектирования (анализ, синтез)

5. Основные приближения при моделировании аналоговых и цифровых устройств.

6 Классификация задач проектирования РЭУ и современные требования (тенденции) к синтезу

7. Методы структурного проектирования. Принципиальные достоинства морфологического метода.

8. Аналитические методы синтеза технических решений. Их недостатки.

9. Оптимизация как эффективная инвариантная методология проектирования систем. Общая задача векторной оптимизации.

10. Понятие эффективного (паретовского) решения векторной экстремальной задачи.

11. Относительные функциональные показатели системы. Их формирование.

12. Скаляризация векторной экстремальной задачи. Задача математического программирования в общей трактовке.

13. Поисковая минимизация. Поисковый алгоритм. Алгоритмы локальной минимизации.

14. Алгоритмы глобальной минимизации в проектировании систем. Основные критерии их оценки.

15. Основные методы отыскания эффективных решений (методы формирования целевых функционалов). Метод главного критерия.

16. Основные способы формирования функции качества (цели) в задачах с групповой иерархией критериев. Метод комбинированного критерия

17. Метод минимаксного критерия. Его особенности.

18. Метод обобщенного критерия. Его особенности.

19. Структура современных пакетов поискового проектирования

20. Основные сценарии, используемые при поисковом проектировании объектов и систем

21. Коммерческие пакеты проектирования радиотехнических систем

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Основные этапы проектирования радиотехнических систем

2. Современные методы принятия решений и их применение в проектировании

3. Структурно-функциональное описание объекта проектирования. Функциональные показатели и внутренняя структура.
4. Прямая и обратная задачи проектирования (анализ, синтез)
5. Основные приближения при моделировании аналоговых и цифровых устройств.
- 6 Классификация задач проектирования РЭУ и современные требования (тенденции) к синтезу
7. Методы структурного проектирования. Принципиальные достоинства морфологического метода.
8. Аналитические методы синтеза технических решений. Их недостатки.
9. Оптимизация как эффективная инвариантная методология проектирования систем. Общая задача векторной оптимизации.
10. Понятие эффективного (паретовского) решения векторной экстремальной задачи.
11. Относительные функциональные показатели системы. Их формирование.
12. Скаляризация векторной экстремальной задачи. Задача математического программирования в общей трактовке.
13. Поисковая минимизация. Поисковый алгоритм. Алгоритмы локальной минимизации.
14. Алгоритмы глобальной минимизации в проектировании систем. Основные критерии их оценки.
15. Основные методы отыскания эффективных решений (методы формирования целевых функционалов). Метод главного критерия.
16. Основные способы формирования функции качества (цели) в задачах с групповой иерархией критериев. Метод комбинированного критерия
17. Метод минимаксного критерия. Его особенности.
18. Метод обобщенного критерия. Его особенности.
19. Структура современных пакетов поискового проектирования
20. Основные сценарии, используемые при поисковом проектировании объектов и систем
21. Коммерческие пакеты проектирования радиотехнических систем

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень ответов на вопросы не хуже минимального, допустимыми являются негрубые

Оценка	Критерии оценивания
	ошибки, неточности.
не зачтено	Уровень ответов на вопросы ниже минимально допустимого, присутствовали грубые ошибки, либо отсутствие ответа на поставленный вопрос.

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

Основная литература:

1. Монаков А. А. Математическое моделирование радиотехнических систем : учебное пособие для вузов / Монаков А. А. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 148 с. - Книга из коллекции Лань - Информатика. - ISBN 978-5-507-47206-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=867144&idb=0>.
2. Советов Борис Яковлевич. Моделирование систем. Практикум : учебное пособие для бакалавров / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. - 4-е изд. - Москва : Юрайт, 2024. - 295 с. - (Бакалавр. Академический курс). - URL: <https://urait.ru/bcode/545164> (дата обращения: 15.08.2024). - ISBN 978-5-534-18618-5 : 1039.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=910148&idb=0>.
3. Моделирование систем и процессов. Практический курс : учебное пособие для вузов / В. Н. Волкова [и др.] ; под редакцией В. Н. Волковой. - Москва : Юрайт, 2024. - 295 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/537202> (дата обращения: 15.08.2024). - ISBN 978-5-534-01442-6 : 1289.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=903384&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Доррер Г. А. Теория принятия решений : учебное пособие для студентов направления 230100.62 – информатика и вычислительная техника / Доррер Г. А. - Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2013. - 180 с. - Допущено Учебно-методическим объединением вузов по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 230100.62 «Информатика и вычислительная техника». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва - Информатика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=714106&idb=0>.
2. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink : монография / Черных И.В. - Москва : ДМК-пресс, 2023. - 290 с. - ISBN 978-5-89818-404-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=878964&idb=0>.
3. Кривошеев Валерий Иванович. Синтез оптимальных приемных устройств радиосигналов на фоне помех : учеб. пособие : для студентов ННГУ, обучающихся по специальностям 010801 "Радиофизика и электроника", 090106 "Информационная безопасность телекоммуникационных систем" / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2009. - 128 с. - ISBN 978-5-91326-087-1 : 157.33., 16 экз.

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

<https://e.lanbook.com>

<http://www.studentlibrary.ru>

<http://znanium.com>

<https://biblio-online.ru>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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 по направлению подготовки/специальности 11.05.02 - Специальные радиотехнические системы.

Автор(ы): Бугров Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Фитасов Евгений Сергеевич, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 16.01.2024 г., протокол № №1.