

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
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол от
«30» ноября 2022 г. №13

Рабочая программа дисциплины

Методы оптимизации и оптимального управления
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
магистратура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
03.04.03 Радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность программы
Информационные процессы и системы

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород
2023 год

1. Место и цели дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.04 «Методы оптимизации и оптимального управления» относится к части ООП направления подготовки 03.04.03 Радиофизика, формируемой участниками образовательных отношений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

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	
ПК-1: Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности	ПК-1.1. Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач.	Знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области своей профессиональной деятельности Уметь: определять наиболее актуальные направления исследований в области профессиональной деятельности Владеть: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований	Собеседование
	ПК-1.2. Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий.	Знать: современные информационные и коммуникационные технологии сбора и анализа большого объема данных Уметь: систематизировать и анализировать данные большого объема Владеть: навыками работы с большим объемом данных, полученных из различных источников	Собеседование
ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-	ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений	Знать: современное состояние исследований, современные подходы к описанию различных явлений в области своей профессиональной деятельности Уметь: анализировать современное состояние исследований в области физики и радиофизики Владеть: навыками моделирования различных явлений в области физики и радиофизики	Собеседование

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	
конструкторских работ в области физики и радиофизики и оформлять их результаты	и оценке полученных результатов.		
	ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи.	Знать: современные подходы к моделированию различных явлений Уметь: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования Владеть: навыками проведения моделирования или эксперимента для решения конкретной научно-исследовательской задачи	Собеседование
	ПК-2.3. Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР.	Знать: основные принципы организации научного исследования Уметь: анализировать процесс выполнения научного исследования и, в случае необходимости, корректировать план исследования на определенных этапах Владеть: навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов	Собеседование
	ПК-2.4. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики.	Знать: современные подходы к оценке полученных результатов в области своей профессиональной деятельности Уметь: анализировать полученные данные, формулировать выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики Владеть: навыками оценки полученных результатов и формулировки выводов для выполненной научно-исследовательской задачи	Собеседование
ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок	ПК-3.1. Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.	Знать: основные требования к составлению научно-технических отчетов и документации Уметь: применять заданные требования и правила к оформлению рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях Владеть: навыками составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов и обзоров, публикаций	Собеседование
	ПК-3.2. Представляет	Знать: основные способы представления и продвижения результатов НИР	Собеседование

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	
	результаты НИР академическому и бизнес-сообществу.	Уметь: структурировать презентационный материал, выделять основные результаты деятельности для их представления и расставлять акценты Владеть: навыками представления результатов НИР перед научным и академическим сообществом	
	ПК-3.3. Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика.	Знать: основные этапы подготовки НИР и составления проекта НИР Уметь: анализировать проектную документацию на выполнение НИР Владеть: навыками составления части проектной документации для проведения НИР	Собеседование

3. Структура и содержание дисциплины

3.1.Трудовоемкость дисциплины

1 семестр	очная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа): - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
самостоятельная работа	29
КСР	2
Промежуточная аттестация – экзамен	45

3.2. Содержание дисциплины

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	
Тема 1 Введение. Основные методологии принятия решений	5	2			2	3
Тема 2 Структурно-функциональное описание информационной системы. Прямая и обратная задача исследования	12	6			6	6
Тема 3 Оптимизация как эффективная методика принятия решений	12	6			6	6
Тема 4 Численные методы поисковой оптимизации	12	8			8	4
Тема 5 Решение математических и прикладных задач методами оптимизации.	12	6			6	6
Тема 6 Понятие оптимального и эффективного управления. Принцип максимума Понтрягина. Решение прикладных задач	8	4			4	4
Аттестация	45					
КСР	2				2	
Итого	108	32	0	0	34	29

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 заданий и задач, организация семинаров по отдельным разделам дисциплины.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:

- изучение, анализ научно-технической информации, обобщение отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;
- аналитическое и численное исследование физических явлений и процессов радиофизическими методами;
- разработка новых комплексов программ по численному моделированию объектов различной физической природы;
- планирование и проведение экспериментов с применением современных методов и измерительной аппаратуры (акустической, радиоэлектронной, оптоэлектронной);

- формулировка новых задач, возникающих в ходе научных исследований;
 - совершенствование известных и разработка новых методов исследований;
 - анализ получаемых результатов и, при необходимости, корректировка направлений исследований;
 - подготовка и оформление научных статей;
 - составление отчетов и докладов о научно-исследовательской работе;
 - участие в научных конференциях, в том числе международных
 - руководство научной работой обучающихся
- компетенций – ПК-1, ПК-2, ПК-3.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся состоит в изучении рекомендованной литературы. Закрепление и контроль усвоения материала происходит в ходе семинарских занятий. Промежуточная аттестация по дисциплине - экзамен.

Вопросы, которые должны быть проработаны в ходе самостоятельной работы

- 1) Неформализованные подходы к принятию решений
- 2) Структурно-функциональное описание объекта
- 3) Функциональные показатели и внутренняя структура
- 4) Основные задачи исследования (экспертиза, синтез)
- 5) Классификация задач синтеза
- 6) Методы структурного синтеза
- 7) Оптимизация как эффективная инвариантная методология синтеза
- 8) Поисковая минимизация. Поисковый алгоритм
- 9) Алгоритмы локальной минимизации
- 10) Алгоритмы глобальной минимизации
- 11) Основные методы отыскания эффективных решений (методы формирования целевых функционалов)
- 12) Понятие оптимального управления. Критерий максимума Понтрягина

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	При решении стандартных	Продемонстрированы	Продемонстрированы все	Продемонстрированы все	Продемонстрированы все	Продемонстрированы все

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
	умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. 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 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»

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

5.2.1. Контрольные вопросы

Вопросы к экзамену

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
1. Принятие решений. Неформализованные и формализованные подходы к принятию решений.	ПК-1
2. Методы перебора, мозговой атаки и эвристических приемов. Их особенности и недостатки.	ПК-1
3. Структурно-функциональное описание объекта оптимизации. Функциональные показатели и внутренняя структура.	ПК-1
4. Основные задачи исследования (экспертиза, синтез)	ПК-1
5. Основные приближения при моделировании аналоговых РЭУ.	ПК-1
6. Современные модели цифровой фильтрации. Рекурсивные и нерекурсивные фильтры.	ПК-1
7. Классификация задач синтеза и современные требования (тенденции) к синтезу РЭУ.	ПК-1
8. Методы структурного синтеза систем. Принципиальные достоинства морфологического метода.	ПК-1
9. Основные этапы морфологического метода анализа и синтеза технических решений.	ПК-1
10. Классические методы синтеза РЭУ. Их недостатки.	ПК-1
11. Оптимизация как эффективная инвариантная методология синтеза. Общая задача векторной оптимизации.	ПК-1
12. Понятие эффективного (паретовского) решения векторной экстремальной задачи.	ПК-1
13. Относительные показатели функционирования РЭУ. Их формирование.	ПК-2
14. Скаляризация векторной экстремальной задачи.	ПК-2
15. Поисковая минимизация. Поисковый алгоритм. Алгоритмы локальной минимизации.	ПК-2
16.. Алгоритмы глобальной минимизации. Основные критерии их оценки.	ПК-2
17. Алгоритм Нелдера-Мида. Глобальный симплексный и глобальный сеточный алгоритмы. Принципы их работы.	ПК-2
18. Основные методы отыскания эффективных решений (методы формирования целевых функционалов). Метод главного критерия.	ПК-2
19. Метод обобщённого критерия. Его особенности.	ПК-2
20. Метод минимаксного критерия. Его особенности.	ПК-2
21. Метод последовательных уступок. Его особенности.	ПК-2
22. Основные способы формирования функции качества (цели) в задачах с групповой иерархией критериев. Метод комбинированного критерия.	ПК-2
23. Понятие оптимального управления. Критерий максимума Понтрягина.	ПК-2
24. Понятие эффективного управления. Достоинства и недостатки.	ПК-2

5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-1

Задание 1. Методами оптимизации решить следующую систему уравнений

$$\begin{cases} 5p^2 - 3q + 1 = 0 \\ 3 \cdot \cos^2(p-1) - \sin(q-2p) - 3 = 0 \end{cases} \quad -5 \leq p, q \leq 5$$

На языке C++ написать программу расчёта целевой функции данной задачи.

Задание 2. Методами оптимизации решить следующую математическую задачу

$$p^2 - 8p + 7 = 0 \quad 0 \leq p \leq 8$$

На языке C++ написать программу расчёта целевой функции данной задачи.

Задание 3. Методами оптимизации решить следующую математическую задачу

$$p^3 - 6p^2 + 11p - 6 = 0 \quad -1 \leq p \leq 5$$

На языке C++ написать программу расчёта целевой функции данной задачи.

Задание 4. Методами оптимизации решить следующую математическую задачу

$$p^3 - 9p^2 + 23p - 15 = 0 \quad 0 \leq p \leq 10$$

На языке C++ написать программу расчёта целевой функции данной задачи.

Задание 5. Методами оптимизации решить следующую математическую задачу

$$p^3 - 6p^2 + 11p - 6 = 0 \quad -1 \leq p \leq 5$$

На языке C++ написать программу расчёта целевой функции данной задачи.

Задание 6. Методами оптимизации решить следующую математическую задачу

$$p^4 - 3p^3 - 65p^2 + 219p - 280 = 0 \quad -10 \leq p \leq 10$$

На языке C++ написать программу расчёта целевой функции данной задачи.

Задание 7. Методами оптимизации решить следующую математическую задачу

$$p^3 - 6p^2 + 11p - 6 = 0 \quad -1 \leq p \leq 5$$

На языке C++ написать программу расчёта целевой функции данной задачи.

Задание 8. Методами оптимизации решить следующую математическую задачу

$$\sin^2(p-1) + \ln p = 0 \quad 0,2 \leq p \leq 5$$

На языке C++ написать программу расчёта целевой функции данной задачи.

Задание 9. Методами оптимизации решить следующую математическую задачу

$$3\sin^2(p-2) + \cos(4-2p) - 1 = 0 \quad 0 \leq p \leq 4$$

На языке C++ написать программу расчёта целевой функции данной задачи.

Задание 10. Методами оптимизации решить следующую систему уравнений

$$\begin{cases} \sin(q-2p) + \ln p = 0 \\ 3 \cdot \cos(p-1) - p - q = 0 \end{cases} \quad 0,5 \leq p, q \leq 5$$

На языке C++ написать программу расчёта целевой функции данной задачи.

Задание 11. Методами оптимизации решить следующую систему неравенств

$$\begin{cases} \sin(q-3p) + e^{p-1} < 0 \\ 5 \cdot \cos^2(p-1) - 2(q-p) < 0 \end{cases} \quad 0 \leq p, q \leq 5$$

На языке C++ написать программу расчёта целевой функции данной задачи.

Задание 12. Методами оптимизации решить следующую математическую задачу
$$3\sin^2(p-2) + \cos(4-2p) - 1 = 0 \quad 0 \leq p \leq 4$$

На языке C++ написать программу расчёта целевой функции данной задачи.

5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-2

Задание 1. Какие творческие подходы к принятию решений вы знаете?

Задание 2. Как можно решать творческую задачу при отсутствии её формализации?

Задание 3. Какие приближения используются для моделирования современных радиоэлектронных систем и технологий?

Задание 4. Как применять методы оптимизации для решения базов радиофизических задач?

Задание 5. Как управлять системами или процессами при наличии множества критериев?

Задание 6. Какие программные продукты и ресурсы Интернет в области принятия решений и оптимизации вы знаете?

Задание 7. Приведите примеры математического моделирования радиофизических объектов или процессов.

Задание 8. В чём состоит особенность использования компьютерных экспертных систем при решении задач производственной и технологической деятельности?

5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-3

Оформить отчет по итогам выполнения зачетного задания.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Денисов, В.П. Радиотехнические системы [Электронный ресурс] / В.П. Денисов, Б.П. Дудко. — Электрон. дан. — Москва : ТУСУР, 2012. — 334 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4919>
2. Методы оптимизации в прикладных задачах. [Электронный ресурс] / Струченков В. И. - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2009. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785913590619.html>
3. Методы оптимизации: Курс лекций [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Н. Розова, И.С. Максимова. - М. : Издательство РУДН, 2010. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785209038726.html>
4. Дискретная оптимизация. Модели, методы, алгоритмы решения прикладных задач [Электронный ресурс] / Струченков В.И. - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2016. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785913591814.html>
5. Математические методы исследования оптимального управления на классе кусочно-постоянных управлений [Электронный ресурс] / Миронова К.В., Кузнецов А.В. - М. : Горячая линия - Телеком, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991204729.html>
6. Информатика поиска управленческих решений. [Электронный ресурс] / М. А. Кораблин - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2009. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5980030824.html>

б) дополнительная литература:

1. Введение в специальность "Радиоэлектронные системы" [Электронный ресурс] / И.В. Вознесенский, А.В. Галев, Д.Д. Дмитриев, В.А. Петров; Под ред. В.Н. Митрохина. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703833186.html>
2. Синтез оптимальных приемных устройств радиосигналов на фоне помех. Кривошеев В.И. / Учебно-методическое пособие, Н.Новгород: издательство ННГУ, 2006, 75 с. – 15 экз.

3. Процессы и задачи управления проектами информационных систем [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Корячко В.П., Таганов А.И. - М. : Горячая линия - Телеком, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203609.html>
4. Информационные технологии управления [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.С. Провалов - М. : ФЛИНТА, 2008. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976502697.html>
5. Болтянский В.Г. Математические методы оптимального управления. - М.: Наука, 1984, 227 с. – 36 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

<https://e.lanbook.com/>

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703833186.html>

<http://znanium.com>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещение представляет собой учебную аудиторию для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенное оборудованием и техническими средствами обучения: компьютерный класс, где имеется возможность выхода в Интернет; присутствует полный комплект лицензионного обеспечения, необходимый для работы компьютерных программ.

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 - магистратура по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования РФ 07.08.2020 № 918).

Автор: к.т.н., доцент Бугров В.Н.

Рецензент: преподаватель Горбунов А.А.

Заведующий кафедрой: д.т.н., доцент Фитасов Е.С.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «14» ноября 2022 года, протокол № 08/22.