

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Радиофизический факультет

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан
радиофизического
факультета _____

Матросов В.В.

« ____ » _____ 2017 г.

Рабочая программа дисциплины

Методы оптимизации и исследования операций

Уровень высшего образования
бакалавриат

Направление подготовки / специальность
02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»

Направленность образовательной программы
Информационные системы и технологии

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)
бакалавр

Форма обучения
очная

Нижегород

2017 год

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Данная дисциплина относится к базовой части математического и естественнонаучного цикла и преподаётся в 8 семестре.

Студенты к моменту освоения дисциплины «Методы оптимизации и исследования операций», согласно ФГОС ВО, ознакомлены с основными теоретическими понятиями и прикладными знаниями, полученными в рамках изучения дисциплин радиоэлектроника, электродинамика, аппаратные средства вычислительной техники.

К моменту изучения дисциплины у студентов присутствуют устойчивые представления, касающиеся понятийного аппарата в области математического моделирования сложных систем, студенты владеют основами программирования на алгоритмических языках высокого уровня.

Целями освоения дисциплины являются:

- формирование у студентов представление о современных методах компьютерной оптимизации и принятия решений на примере широкого класса задач исследования операций;
- овладение теоретико-методологическими основами в области принятия решений и оптимизации сложных систем,
- получение практических навыков компьютерного решения задач оптимизации и исследования операций в различных областях формализованных знаний..

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

Формируемые компетенции (Код компетенции, этап формирования)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<i>ОПК-2</i> Способность применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и языки баз данных, методологии системной инженерии, системы автоматизации проектирования, электронные библиотеки и коллекции, сетевые технологии, библиотеки и пакеты программ, современные профессиональные стандарты информационных технологий (<i>этап формирования базовый</i>)	31 (ОПК-2). базовые принципы системной инженерии, управления информацией У1 (ОПК-2). соблюдать основные системы автоматизации проектирования, требования информационной безопасности В1 (ОПК-2). навыками работы с компьютером, как средством управления информацией, современные языки программирования и языки баз данных.
<i>ОПК-3</i> Способность к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям (<i>этап формирования базовый</i>)	32 (ОПК-3). Знать современные профессиональные стандарты информационных технологий. У2 (ОПК-3). Уметь применять методологии систем автоматизации проектирования. В2 (ОПК-3). Владеть навыками создания информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей.

ПК-1 Способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям (этап формирования базовый)	ЗЗ (ПК-1). Знать современные методы обработки и интерпретации данных. УЗ (ПК-1). Уметь формулировать выводы по результатам научных исследований. ВЗ (ПК-1). Владеть навыками современных научных исследований.
--	--

Окончательное завершение формирования компетенций, предусмотренных в рамках данной дисциплины, происходит при прохождении производственной практики и подготовки ВКР.

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины (модуля) составляет **3** зачетных единиц, всего **108** часов, из которых **44** часа составляет **контактная работа** обучающегося с преподавателем, **22** часа занятия лекционного типа, **22** часа занятия семинарского типа (семинары, лабораторные работы и т.п.), **2** часа мероприятия промежуточной аттестации, **17** часов составляет **самостоятельная работа** обучающегося.

Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	В том числе																	
	Всего (часы)			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них										Самостоятельная работа обучающегося часы				
				Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа			Занятия лабораторного типа			Всего					
	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное
Тема 1. Введение. Основные методологии принятия решений	2			2									2					
Тема 2. Формальное описание системы. Прямая и обратная задача исследования операций	4			2						2			4					
Тема 3. Оптимизация как эффективная методика принятия решений	8			4						4			8					
Тема 4. Численные методы поисковой тимизации	17			4						8		6	12			5		
Тема 5. Решение математических задач методами оптимизации	10			4						4		6	8			2		
Тема 6. Решение задач синтеза радиоэлектронных систем и базовых задач исследования операций	20			6						4		6	10			10		
В т.ч.текущий контроль	2									2			2					
Промежуточная аттестация – экзамен																		

**Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций*

4. Образовательные технологии

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. При этом используются следующие образовательные технологии, способствующие формированию компетенций:

- лекции-беседы с использованием мультимедийных средств поддержки образовательного процесса;
- лекции с проблемным изложением учебного материала.,

На лекциях раскрываются следующие основные темы изучаемого курса, которые входят в рабочую программу: аналитическая задача и задача принятия решений, понятие операции, типовые задачи исследования операций, основные подходы к решению, примеры формализованных и неформализованных задач принятия решений, общая постановка задачи векторной оптимизации, понятие эффективного (парето-оптимального) ее решения, отыскание эффективных решений методом скаляризации векторной задачи, целевая функция, экстремальные задачи математического программирования, их классификация, относительные показатели качества функционирования системы и методы их формирования, основные методы отыскания эффективных решений оптимизационной задачи (метод главного критерия, обобщённого критерия, метод минимаксного критерия, метод последовательных уступок и комбинированные методы отыскания эффективных решений оптимизационной задачи.

На лабораторном практикуме более подробно изучается программный материал в плоскости отработки практических умений и навыков и усвоения следующих тем: решение экстремальных задач математического программирования численными поисковыми методами, поисковые алгоритмы, их классификация, основные требования к поисковому оптимизатору, локальный симплексный алгоритм Нелдера - Мида, глобальный симплексный алгоритм минимизации целевой функции, дискретные (сеточные) алгоритмы минимизации, оценка их характеристик, решение математических задач методами поисковой оптимизации.

Формой итогового контроля знаний студентов по дисциплине является экзамен, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний и навыки решения практических задач.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

5.1 Вопросы, которые должны быть проработаны в ходе самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов направлена на самостоятельное изучение отдельных тем рабочей программы. таких, как:

- 1) Неформализованные подходы к принятию решений
- 2) Структурно-функциональное описание объекта
- 3) . Функциональные показатели и внутренняя структура
- 4) Основные задачи исследования операций
- 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

5.2 Темы лабораторных работ

1) Поисковые методы решения задачи нелинейного программирования

2) Оптимальное проектирование радиоэлектронного устройства

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

ОПК-2: Способность применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и языки баз данных, методологии системной инженерии, системы автоматизации проектирования, электронные библиотеки и коллекции, сетевые технологии, библиотеки и пакеты программ, современные профессиональные стандарты информационных технологий

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
Знания Знать базовые принципы системной инженерии, управления информацией	Отсутствие знаний материала	Наличие грубых ошибок в основном материале	Знание основного материала с рядом негрубых ошибок	Знание основного материала с рядом заметных погрешностей	Знание основного материала с незначительными погрешностями	Знание основного материала без ошибок и погрешностей	Знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей
Умения Соблюдать основные системы автоматизации и проектирования, требования информационной безопасности	Отсутствует способность решения стандартных задач	Наличие грубых ошибок при решении стандартных задач	Способность решения основных стандартных задач с существенными ошибками	Способность решения всех стандартных задач с незначительными погрешностями	Способность решения всех стандартных задач без ошибок и погрешностей	Способность решения стандартных и некоторых нестандартных задач	Способность решения стандартных задач и широкого круга нестандартных задач

Навыки Владеть навыками работы с компьютером, как средством управления информацией, современные языки программирования и языки баз данных.	Полное отсутствие навыка	Отсутствие навыка	Владение навыком в минимальном объеме	Посредственное владение навыком	Достаточно владение навыком	Хорошее владение навыком	Всестороннее владение навыком
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

ОПК-3: Способность к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
Знания Знать современные профессиональные стандарты информационных технологий.	Отсутствие знаний материала	Наличие грубых ошибок в основном материале	Знание основного материала с рядом негрубых ошибок	Знание основного материала с рядом заметных погрешностей	Знание основного материала с незначительными погрешностями	Знание основного материала без ошибок и погрешностей	Знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей
Умения применять методологии систем автоматизации проектирования	Отсутствие способности решения стандартных задач	Наличие грубых ошибок при решении стандартных задач	Способность решения основных стандартных задач с существенными ошибками	Способность решения всех стандартных задач с незначительными погрешностями	Способность решения всех стандартных задач без ошибок и погрешностей	Способность решения стандартных и некоторых нестандартных задач	Способность решения стандартных задач и широкого круга нестандартных задач

Навыки Владеть навыками создания информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей.	Полное отсутствие навыка	Отсутствие навыка	Владение навыком в минимальном объеме	Посредственное владение навыком	Достаточное владение навыком	Хорошее владение навыком	Всестороннее владение навыком
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

ПК-1 Способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
Знания Знать современные методы обработки и интерпретации данных	Отсутствие знаний материала	Наличие грубых ошибок в основном материале	Знание основного материала с рядом негрубых ошибок	Знание основного материалом с рядом заметных погрешностей	Знание основного материала с незначительными погрешностями	Знание основного материала без ошибок и погрешностей	Знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей
Умения формулировать выводы по результатам научных исследований	Отсутствует способность решения стандартных задач	Наличие грубых ошибок при решении стандартных задач	Способность решения основных стандартных задач с существенными ошибками	Способность решения всех стандартных задач с незначительными погрешностями	Способность решения всех стандартных задач без ошибок и погрешностей	Способность решения стандартных и некоторых нестандартных задач	Способность решения стандартных задач и широкого круга нестандартных задач
Навыки Владеть навыками современных научных исследований	Полное отсутствие навыка	Отсутствие навыка	Владение навыком в минимальном объеме	Посредственное владение навыком	Достаточно владение навыком	Хорошее владение навыком	Всестороннее владение навыком
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

6.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен включает устную и письменную часть.. Устная часть экзамена заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ. Практическая часть экзамена предусматривает разбор практической ситуации (решение практической задачи).

Оценка	Уровень подготовки
Превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий подход к решению нестандартных ситуаций. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждая теоретический материал практическими примерами из практики. Студент активно работал на практических занятиях. 100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий
Отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждает теоретический материал практическими примерами из практики. Студент активно работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше
Очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Студент активно работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.
Хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Допускаются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.

Удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, делает существенные ошибки при характеристике нормативно-правовой базы валютного регулирования, но при ответах на наводящие вопросы, может правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ. Студент посещал практические занятия. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.
Неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Студент пропустил большую часть практических занятий. Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.
Плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы. Студент отсутствовал на большинстве лекций и практических занятий. Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих сформированность компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- устные и письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и навыков используются следующие процедуры и технологии:

- практические контрольные задания, включающие одну или несколько задач

Для проведения итогового контроля сформированности компетенции используются: устный опрос, решение практических задач.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций и для итогового контроля сформированности компетенции.

Экзаменационные вопросы для оценки сформированности компетенций ОПК-2, ОПК-3

1. Понятие операции. Основные задачи исследования операций
2. Принятие решений. Неформализованные и формализованные подходы к принятию решений.
3. Методы перебора, мозговой атаки и эвристических приемов. Их особенности и недостатки.
4. Структурно-функциональное описание объекта оптимизации.
5. Функциональные показатели и внутренняя структура.
6. Основные задачи исследования (экспертиза, синтез)
7. Классификация задач синтеза и современные требования (тенденции) к синтезу РЭУ.
8. Методы структурного синтеза систем. Принципиальные достоинства морфологического метода.
9. Основные этапы морфологического метода анализа и синтеза технических решений.

10. Классические методы синтеза РЭУ. Их недостатки.
11. Оптимизация как эффективная инвариантная методология синтеза. Общая задача векторной оптимизации.
12. Понятие эффективного (паретовского) решения векторной экстремальной задачи.
13. Относительные показатели функционирования РЭУ. Их формирование.
14. Скаляризация векторной экстремальной задачи.
Задача математического программирования в общей трактовке.
15. Поисковая минимизация. Поисковый алгоритм. Алгоритмы локальной минимизации.
16. Алгоритмы глобальной минимизации. Основные критерии их оценки.
17. Алгоритм Нелдера-Мида. Глобальный симплексный и глобальный сеточный алгоритмы. Принципы их работы.
18. Основные методы отыскания эффективных решений (методы формирования целевых функционалов). Метод главного критерия.
19. Метод обобщённого критерия. Его особенности.
20. Метод минимаксного критерия. Его особенности.
21. Метод последовательных уступок. Его особенности.
22. Основные способы формирования функции качества (цели) в задачах с групповой иерархией критериев. Метод комбинированного критерия.

Типовые задачи для оценивания сформированности умений и навыков по компетенциям ОПК-2, ОПК-3

Задание 1

Назовите основные информационные технологии хранения информации

Задание 2

Назовите основные технологии обработки информации в компьютерных системах переработки информации, принятия решений

Задание 3

Приведите пример современных профессиональных стандартов информационных технологий

Задание 4

Какие языки современных баз данных вы знаете?

Задание 5

Как применять методы оптимизации для решения базовых задач исследования операций?

Задание 6

Приведите примеры математического моделирования радиофизических объектов или процессов.

Задание 7

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

Практические задания (оценочные средства), выносимые на экзамен/зачет для оценки компетенций 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.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

- Струченков В.И. Методы оптимизации в прикладных задачах. Издательство "СОЛОН-Пресс", 2009 г.
- Методы оптимизации: Курс лекций [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Н. Розова, И.С. Максимова. - М. : Издательство РУДН, 2010.
- Дискретная оптимизация. Модели, методы, алгоритмы решения прикладных задач [Электронный ресурс] / Струченков В.И. - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2016.
- Есипов Б.А. Методы исследования операций. М. Изд. Лань, 2013.
- Радиотехнические системы, Денисов В.П., Дудко Б.П., Изд. Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012, 334 с.
- Теория принятия решений: Электронная публикация / Тихомирова А.Н., Матросова Е.В. - М.:КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2017,
- Доррер Г.А. Теория принятия решений: Учебное пособие для студентов направления 230100.62 – Информатика и вычислительная техника. Сибирский государственный технологический университет, 2013.
- Вентцель Е.С. Исследование операций, М.: Наука, 1988, 207 с.

б) дополнительная литература:

- Искусство поиска решения в нестандартной задаче [Электронный ресурс] / Потопахин В.В. - М. : ДМК Пресс, 2014.
- Синтез оптимальных приемных устройств радиосигналов на фоне помех, Кривошеев В.И. / Учебно-методическое пособие, Н.Новгород: издательство ННГУ, 2006, 75 с.
- Генетические алгоритмы [Электронный ресурс] / Гладков Л.А., Курейчик В. В., Курейчик В.М.; Под ред. В.М. Курейчика. - 2-е изд., исправл. и доп. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006."
- Ушаков Д.М.. Введение в математические основы САПР: курс лекций. Издательство "ДМК Пресс", 2011.
- Воинов Б.С., Бугров В.Н., Воинов Б.Б. Информационные технологии и системы: поиск оптимальных, оригинальных и рациональных решений. М., Наука, 2007.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

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

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

<http://znanium.com>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обучения студентов названной дисциплине имеются в наличии: специальные кабинеты, оборудованные мультимедийными средствами обучения; компьютерные классы, где имеется возможность выхода в Интернет; присутствует полный комплект лицензионного обеспечения, необходимый для работы компьютерных программ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО/ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по специальности **02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»**

Автор: доцент _____ Бугров В.Н.

Рецензент: _____ Ротков Л.Ю.

Заведующий кафедрой _____ Фитасов Е.С.

Программа одобрена на заседании методической комиссии Радиофизического факультета. Протокол № 04/17 от «30» августа 2017 года.