

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 01.06.2023 10:25:03  
Уникальный программный ключ:  
ca953a01204891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»**

**Инженерная академия**

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:**

#### **27.04.04 УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):**

#### **ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

**2023 г.**

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Численные методы решения задач математического моделирования» входит в программу магистратуры «Искусственный интеллект и робототехнические системы» по направлению 27.04.04 «Управление в технических системах» и изучается в 1 семестре 1 курса. Дисциплину реализует Департамент механики и процессов управления. Дисциплина состоит из 6 разделов и 45 тем и направлена на изучение теории и получение навыков практического применения методов исследования и решения задач на экстремум с использованием ЭВМ. Изучаются конкретные итерационные прямые и непрямые численные методы оптимизации.

Целью освоения дисциплины является получение студентами необходимого запаса исходных базовых знаний по основным методам численного решения задач оптимизации функций одной переменной и многих переменных, методам численной оптимизации для выпуклых функций, методам численного решения задач вариационного исчисления и оптимального управления, получение знаний по рациональному и эффективному использованию полученных знаний при реализации соответствующих алгоритмов на ЭВМ; сформировать у студентов представление о выборе необходимого метода в конкретной ситуации в зависимости от постановки задачи. Основными задачами курса являются: создание благоприятных условий для саморазвития студентов; познакомить студентов с базовыми понятиями современной математики; развитие у студентов навыков численного решения задач оптимизации.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Численные методы решения задач математического моделирования» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

*Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)*

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
УК-7	Способен искать нужные источники информации и данные, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач; проводить оценку информации, ее достоверность, строить логические умозаключения на основании поступающих информации и данных	УК-7.1 Осуществляет поиск нужных источников информации и данных, воспринимает, анализирует, запоминает и передает информацию с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач;; УК-7.2 Проводит оценку информации, ее достоверность, строит логические умозаключения на основании поступающих информации и данных.;
ОПК-1	Способен анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе положений, законов и	ОПК-1.1 Знает основные законы, положения и методы в области естественных наук и математики; ОПК-1.2 Умеет выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах руководствуясь законами и методами естественных наук и математики;

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
	методов в области естественных наук и математики	ОПК-1.3 Владеет инструментами анализа проблем управления в технических системах;
ОПК-2	Способен формулировать задачи управления в технических системах и обосновывать методы их решения	ОПК-2.1 Знает основные методы решения задач управления в технических системах; ОПК-2.2 Умеет обосновывать методы решения задач управления в технических системах; ОПК-2.3 Владеет методами постановки задач управления в технических системах;

### 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Численные методы решения задач математического моделирования» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Численные методы решения задач математического моделирования».

*Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины*

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
УК-7	Способен искать нужные источники информации и данные, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач; проводить оценку информации, ее достоверность, строить логические умозаключения на основании поступающих информации и данных		История и методология науки; Системы искусственного интеллекта; Geoinformation Systems and Applications; Web Application Development and Security**; Разработка и безопасность веб-приложений**; Научно-исследовательская; Преддипломная практика;
ОПК-1	Способен анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики		

<b>Шифр</b>	<b>Наименование компетенции</b>	<b>Предшествующие дисциплины/модули, практики*</b>	<b>Последующие дисциплины/модули, практики*</b>
ОПК-2	Способен формулировать задачи управления в технических системах и обосновывать методы их решения		Искусственные нейронные сети (Обучение с подкреплением);

\* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

\*\* - элективные дисциплины /практики

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Численные методы решения задач математического моделирования» составляет «5» зачетных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			1
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	34		34
Лекции (ЛК)	17		17
Лабораторные работы (ЛР)	0		0
Практические/семинарские занятия (СЗ)	17		17
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	110		110
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	36		36
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>ак.ч.</b>	<b>180</b>	<b>180</b>
	<b>зач.ед.</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
Раздел 1	Методы минимизации функций одной переменной	1.1	Постановка задачи. Классический метод	ЛК, СЗ
		1.2	Метод бисекции	ЛК, СЗ
		1.3	Метод золотого сечения	ЛК, СЗ
		1.4	Метод ломаных	ЛК, СЗ
		1.5	Метод покрытий	ЛК, СЗ
		1.6	Выпуклые функции одной переменной	ЛК, СЗ
		1.7	Метод касательных	ЛК, СЗ
Раздел 2	Классическая теория экстремума функций многих переменных	2.1	Постановка задачи	ЛК, СЗ
		2.2	Теорема Вейерштрасса	ЛК, СЗ
		2.3	Классический метод решения задач на безусловный экстремум	ЛК, СЗ
		2.4	Задачи на условный экстремум	ЛК, СЗ
		2.5	Необходимые условия первого и второго порядка	ЛК, СЗ
		2.6	Достаточные условия экстремума	ЛК, СЗ
Раздел 3	Методы минимизации функций многих переменных	3.1	Градиентный метод	ЛК, СЗ
		3.2	Метод проекции градиента	ЛК, СЗ
		3.3	Метод условного градиента	ЛК, СЗ
		3.4	Метод возможных направлений	ЛК, СЗ
		3.5	Проксимальный метод	ЛК, СЗ
		3.6	Метод линеаризации	ЛК, СЗ
		3.7	Квадратичное программирование	ЛК, СЗ
		3.8	Метод сопряженных направлений	ЛК, СЗ
		3.9	Метод Ньютона	ЛК, СЗ
		3.10	Непрерывные методы с переменной метрикой	ЛК, СЗ
		3.11	Метод покоординатного спуска	ЛК, СЗ
		3.12	Метод покрытия в многомерных задачах	ЛК, СЗ
		3.13	Метод модифицированных функций Лагранжа	ЛК, СЗ
		3.14	Метод штрафных функций	ЛК, СЗ
		3.15	Доказательство необходимых условий экстремума первого и второго порядков с помощью штрафных функций	ЛК, СЗ
		3.16	Метод барьерных функций	ЛК, СЗ
		3.17	Метод нагруженных функций	ЛК, СЗ
		3.18	Метод случайного поиска	ЛК, СЗ
Раздел 4	Динамическое программирование	4.1	Схема Беллмана	ЛК, СЗ
		4.2	Проблема синтеза для дискретных систем	ЛК, СЗ
		4.3	Схема Моисеева	ЛК, СЗ
		4.4	Проблема синтеза для систем с непрерывным временем	ЛК, СЗ
		4.5	Достаточные условия оптимальности	ЛК, СЗ
Раздел 5	Принцип максимума Понтрягина	5.1	Постановка задачи оптимального управления	ЛК, СЗ
		5.2	Формулировка принципа максимума	ЛК, СЗ
		5.3	Доказательство принципа максимума	ЛК, СЗ
		5.4	Принцип максимума для задач оптимального управления с фазовыми ограничениями	ЛК, СЗ
		5.5	Связь между принципом максимума и классическим вариационным исчислением	ЛК, СЗ
Раздел 6	Применение принципа максимума к задачам оптимизации	6.1	Сведение задачи оптимизации к краевой задаче принципа максимума	ЛК, СЗ
		6.2	Метод стрельбы для численного решения краевой задачи принципа максимума	ЛК, СЗ
		6.3	Модификации метода Ньютона: модификация Исаева-Сониной, нормировка Федоренко	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
		6.4	Метод Рунге-Кутта решения задач Коши	ЛК, СЗ

\* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – семинарские занятия.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	

\* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

*Основная литература:*

1. Бахвалов Николай Сергеевич. Численные методы : Учебное пособие / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков ; Н.С.Бахвалов и др. - 4-е изд. - М. : Наука, 1987. - 636 с. : ил. - (Классический университетский учебник). - ISBN 5-94774-396-5 : 244.53.
2. Калиткин Николай Николаевич. Численные методы : Учебное пособие для вузов / Н.Н. Калиткин ; Под ред. А.А.Самарского. - М. : Наука, 1978. - 512 с. : ил. - 1.30.
3. Розова Валентина Николаевна. Методы оптимизации : курс лекций: Учебное пособие / В.Н. Розова, И.С. Максимова. - М. : РУДН, 2010. - 109 с. - ISBN 978-5-209-038-72-6
4. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. М., Наука, 1988 - 549 с.
5. Васильев Ф. П. Методы оптимизации. М.: Факториал Пресс, 2002 - 524 с.
6. Алексеев В. М., Галеев Э.М., Тихомиров В.М. Сборник задач по оптимизации: Теория. Примеры. Задачи. - М. : Наука, 1984. - 288 с.

7. Алексеев В.М., Тихомиров В.М., Фомин С.В. Оптимальное управление. М., Наука.1979. - 429 с
8. Галеев Э.М., Тихомиров В.М. Краткий курс теории экстремальных задач. М. : Изд-во МГУ, 1989. - 203 с
9. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкредидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. М., Наука, 1969 - 384 с.

*Дополнительная литература:*

1. Федоренко Р.П. Приближенные решения задач оптимального управления. М., Наука, 1978.
2. А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин. Элементы теории функций и функционального анализа. МГУ им. М. В. Ломоносова. — 7-е изд. — М. : Физматлит, 2004. — 572 с
3. Григорьев К.Г., Григорьев И.С., Заплетин М.П. Практикум по численным методам в задачах оптимального управления. Дополнение 1, М., Издательство Центра прикладных исследований при механико-математическом факультете МГУ, 2007.
4. Григорьев И.С. Методическое пособие по численным методам решения краевых задач принципа максимума в задачах оптимального управления, М., Издательство Центра прикладных исследований при механико-математическом факультете МГУ, 2005
5. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы, М., БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.
6. Филиппов А. Ф. Сборник задач по дифференциальным уравнениям. — Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000, 176 с.
7. Габасов Р., Кириллова Ф.М. Особые оптимальные управления. – М.: Наука, 1973. – 256 с. ¶Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»¶

*Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:*

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров
  - Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН  
<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>
  - ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
  - ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>
  - ЭБС «Консультант студента» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)
  - ЭБС «Троицкий мост»
2. Базы данных и поисковые системы
  - электронный фонд правовой и нормативно-технической документации  
<http://docs.cntd.ru/>
  - поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>
  - поисковая система Google <https://www.google.ru/>
  - реферативная база данных SCOPUS  
<http://www.elsevier.com/locate/scopus/>

*Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля\*:*

1. Курс лекций по дисциплине «Численные методы решения задач математического моделирования».

\* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

**8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**



Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система\* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Численные методы решения задач математического моделирования» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

\* - ОМ и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН.

**РАЗРАБОТЧИКИ:**

Доцент

*Должность, БУП*



*Подпись*

Салтыкова Ольга  
Александровна

*Фамилия И.О.*

Доцент

*Должность, БУП*



*Подпись*

Самохин Александр  
Сергеевич

*Фамилия И.О.*

**РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:**

Директор ДМПУ

*Должность БУП*



*Подпись*

Разумный Юрий  
Николаевич

*Фамилия И.О.*

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**

Профессор

*Должность, БУП*



*Подпись*

Разумный Юрий  
Николаевич

*Фамилия И.О.*