

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИИКС

Протокол № 8/1/2025

от 25.08.2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Семестр	Трудоемкость, кредит.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
5	3	108	32	16	16		8	0	Э
Итого	3	108	32	16	16	16	8	0	

## АННОТАЦИЯ

В курсе излагаются основные методы решения различных задач безусловной и условной оптимизации: градиентные методы безусловной оптимизации, метод спряженного градиента, метод Ньютона, непрерывный аналог метода Ньютона для конечно- и бесконечно - мерных пространств, симплекс – метод и его модификации, методы проекции градиента, методы последовательного квадратичного программирования, методы штрафных и барьерных функций. Излагаются качественные методы исследования задач безусловной и условной оптимизации, включая методы множителей Лагранжа, условия Куна-Такера. Излагается постановка многокритериальных задач и методы нахождения решений Парето. Рассматриваются классы прикладных задач, решаемых с помощью методов оптимизации.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины "Методы оптимизации" являются освоение студентами постановок задач оптимизации, включая задачи нелинейного, выпуклого, квадратичного, линейного программирования, задачи оптимального управления, качественные методы исследования этих задач и численные методы их решения.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Курс опирается на материал следующих дисциплин, читаемых студентам: математический анализ, линейная алгебра, численные методы. Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по курсам общей физики, дифференциальным уравнениям, вариационному исчислению. Необходимо уметь работать с матрицами, решать дифференциальные и интегральные уравнения, знать дифференциальное и интегральное исчисление. Знания, полученные в рамках данного курса необходимы для успешного выполнения научно-исследовательской работы, прохождения преддипломной практики и т.д.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-4 [1] – Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	3-ОПК-4 [1] – Знать основные принципы работы современных информационных технологий и программных средств при решении задач профессиональной деятельности У-ОПК-4 [1] – Уметь осуществлять выбор программного средства и применять современные информационные технологии для решения научно-практических задач в профессиональной сфере В-ОПК-4 [1] – Владеть навыками использования современных информационных технологий и программных средств при решении задач

	профессиональной деятельности
ОПК-5 [1] – Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	<p>З-ОПК-5 [1] – Знать основные языки программирования и методы алгоритмизации, современные технические и программные средства для разработки компьютерных программ</p> <p>У-ОПК-5 [1] – Уметь применять методы алгоритмизации и современные технологии программирования для решения практических задач в различных областях науки и техники</p> <p>В-ОПК-5 [1] – Владеть навыками разработки алгоритмов и компьютерных программ, отладки и тестирования разработанных программных комплексов для решения научно-практических задач</p>
УКЦ-1 [1] – Способен в цифровой среде использовать различные цифровые средства, позволяющие во взаимодействии с другими людьми достигать поставленных целей	<p>З-УКЦ-1 [1] – Знать: современные информационные технологии и цифровые средства коммуникации, в том числе отечественного производства, а также основные приемы и нормы социального взаимодействия и технологии межличностной и групповой коммуникации с использованием дистанционных технологий</p> <p>У-УКЦ-1 [1] – Уметь: выбирать современные информационные технологии и цифровые средства коммуникации, в том числе отечественного производства, а также устанавливать и поддерживать контакты, обеспечивающие успешную работу в коллективе и применять основные методы и нормы социального взаимодействия для реализации своей роли и взаимодействия внутри команды с использованием дистанционных технологий</p> <p>В-УКЦ-1 [1] – Владеть: навыками применения современных информационных технологий и цифровых средств коммуникации, в том числе отечественного производства, а также методами и приемами социального взаимодействия и работы в команде с использованием дистанционных технологий</p>
УКЦ-3 [1] – Способен ставить себе образовательные цели под возникающие жизненные задачи, подбирать способы решения и средства развития (в том числе с использованием цифровых средств) других необходимых компетенций	<p>З-УКЦ-3 [1] – Знать: основные приемы эффективного управления собственным временем, основные методики самоконтроля, саморазвития и самообразования на протяжении всей жизни с использованием цифровых средств</p> <p>У-УКЦ-3 [1] – Уметь: эффективно планировать и контролировать собственное время, использовать методы саморегуляции, саморазвития и самообучения в течение всей жизни с использованием цифровых средств</p> <p>В-УКЦ-3 [1] – Владеть: методами управления собственным временем, технологиями приобретения, использования и обновления социокультурных и профессиональных знаний, умений, и навыков; методиками саморазвития и самообразования в течение всей жизни с использованием цифровых средств</p>

--	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

<b>Задача профессиональной деятельности (ЗПД)</b>	<b>Объект или область знания</b>	<b>Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции</b>
<b>научно-исследовательский</b>			
Применение классических алгоритмов машинного обучения в задачах искусственного интеллекта	Виртуальные модели, описывающие различные физические, технологические, экономические и другие процессы Ключевые слова: ансамблевые методы машинного обучения, Random Forest, Gradient Boosting, XGBoost, Байесовские методы, оценка результативности и применимости моделей в условиях ограничений	ПК-8.10 [1] - (ML-3) Способен применять классические алгоритмы машинного обучения с пониманием их математических основ и областей применения  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001, 06.042	3-ПК-8.10[1] - Знать:(ML-3) способы обоснования и варианты применения классических методов и моделей машинного обучения в задачах ИИ, включая их математическое (алгоритмическое) преобразование и адаптацию к специфике задачи; У-ПК-8.10[1] - Уметь:(ML-3) эффективно применять классические методы и модели машинного обучения для обеспечения достижимости функциональных характеристик систем ИИ; В-ПК-8.10[1] - Владеть:(ML-3) навыками оценивания результативности применения классических методов и моделей машинного обучения в задачах ИИ на основе сопоставления с аналогами
Использование методов машинного обучения без учителя для анализа структуры данных и	Виртуальные модели, описывающие различные физические, технологические,	ПК-8.11 [1] - (ML-4) Способен применять методы обучения без учителя для анализа структуры данных и	3-ПК-8.11[1] - Знать:(ML-4) алгоритмы кластеризации, методы понижения размерности

	<p>выявления закономерностей</p> <p>экономические и другие процессы</p> <p>Ключевые слова: алгоритмы обучения без учителя, кластеризация, метрики качества кластеризации</p>	<p>выявления скрытых закономерностей</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001, 06.042</p>	<p>и методы обучения без учителя;</p> <p>У-ПК-8.11[1] - Уметь:(ML-4)</p> <p>оценивать качество результатов обучения без учителя;</p> <p>В-ПК-8.11[1] - Владеть:(ML-4)</p> <p>навыками применения алгоритмов кластеризации и понижения размерности для решения практических задач, а также владеет навыками выявления аномалий и применения методов поиска ассоциативных правил</p>
<p>Применение и (или) разработка архитектура глубоких нейронных сетей с учетом понимания их внутренней структуры и особенностей обучения</p>	<p>Виртуальные модели, описывающие различные физические, технологические, экономические и другие процессы</p> <p>Ключевые слова: теоретические основы нейросетевых алгоритмов, градиенты и обратное распространение ошибки, неглубокие/глубокие архитектуры нейронных сетей, сверточные сети, генеративные нейронные сети, методы дообучения нейронных сетей</p>	<p>ПК-8.12 [1] - (DL-1)</p> <p>Способен применять и (или) разрабатывать архитектуры глубоких нейронных сетей</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001</p>	<p>З-ПК-8.12[1] -</p> <p>Знать:(DL-1) способы объяснения и математические основы нейронных сетей, включая расчет градиентов, методы оптимизации и алгоритм обратного распространения ошибки (backpropagation), для эффективного обучения моделей;</p> <p>У-ПК-8.12[1] - Уметь:(DL-1)</p> <p>применять современные архитектуры глубоких сетей для решения различных задач, понимая их внутреннюю структуру и особенности обучения, разрабатывать, адаптировать и внедрять генеративные нейронные сети для решения практических задач, включая создание новых архитектур,</p>

оптимизацию обучения и промышленное развертывание моделей, разрабатывать, оптимизировать и применять автоэнкодеры (AE) и вариационные автоэнкодеры (VAE) для решения задач снижения размерности, генерации данных и обнаружения аномалий, включая создание архитектур, обучение моделей и их внедрение в продуктивную среду, разрабатывать, обучать и внедрять графовые нейронные сети (GNN) для решения задач анализа графовых данных, включая создание архитектур, обработку графов различных типов и промышленное развертывание моделей, разрабатывать, адаптировать и внедрять трансформерные архитектуры для решения задач обработки последовательностей, включая создание новых моделей, оптимизацию обучения и промышленное развертывание, проектировать и реализовывать неглубокие нейронные сети (перцептроны, MLP), выбирать appropriate функции активации и регуляризации для решения задач классификации и регрессии, применять,

			адаптировать и разрабатывать методы дообучения нейронных сетей для эффективной адаптации моделей к новым задачам и доменам, сохраняя при этом вычислительную эффективность и качество предсказаний; В-ПК-8.12[1] - Владеть:(DL-1) навыками разработки и оптимизации специализированной архитектуры для работы с изображениями и последовательностями, учитывая их уникальные свойства, навыками проектирования, разработки и внедрения мультимодальных и мультизадачных моделей глубокого обучения, эффективно комбинируя различные типы данных и оптимизируя совместное решение нескольких задач
Применение методов анализа данных в задачах искусственного интеллекта, в частности, математическое (алгоритмическое) преобразование и адаптацию к специфике задачи	Данные, полученные в результате решения задач в области искусственного интеллекта. Ключевые слова: автоматическое дифференцирование, методы улучшения производительности моделей	ПК-8.7 [1] - (MF-3) Способен применять современные методы оптимизации для обучения моделей машинного обучения, настройки гиперпараметров и решения задач искусственного интеллекта.  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.042	3-ПК-8.7[1] - Знать:(MF-3) методы оптимизации для разработки обучающих алгоритмов; У-ПК-8.7[1] - Уметь:(MF-3) применять методы оптимизации, для разработки и исследования обучающих алгоритмов; В-ПК-8.7[1] - Владеть:(MF-3) навыками оптимизации алгоритмов на основе ИИ

<p>Использование принципов и методов машинного обучения на практике</p>	<p>Виртуальные модели, описывающие различные физические, технологические, экономические и другие процессы</p> <p>Ключевые слова: типы задач машинного обучения, кросс-валидация, статистическая значимость</p>	<p>ПК-8.9 [1] - (ML-2)</p> <p>Способен применять фундаментальные принципы и методы машинного обучения включая подготовку данных оценку качества моделей и работу с признаками</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001, 06.042</p>	<p>З-ПК-8.9[1] -</p> <p>Знать:(ML-2) основные типы задач машинного обучения и применяет на практике принципы их решения;</p> <p>У-ПК-8.9[1] -</p> <p>Уметь:(ML-2) решать проблемы несбалансированных данных и оценивает качество моделей;</p> <p>В-ПК-8.9[1] -</p> <p>Владеть:(ML-2) навыками применения методов предварительной обработки данных и работы с признаками</p>
<p>Изучение и систематизация новых научных результатов, научной литературы или научно-исследовательских проектов в соответствии с профилем профессиональной деятельности.</p>	<p>Научные статьи и тезисы конференций, научно-технические отчеты, опубликованные результаты научных исследований, соответствующая документация.</p>	<p>ПК-1 [1] - Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать результаты научных исследований в области прикладной математики и информационных технологий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-1[1] - знать основные методы научного познания, методы сбора и анализа информации;;</p> <p>У-ПК-1[1] - уметь анализировать информацию, строить логические схемы, интерпретировать результаты научных исследований, критически мыслить, сравнивать результаты различных исследований, формировать собственную позицию в рамках рассматриваемой задачи;;</p> <p>В-ПК-1[1] - владеть навыками работы с научной литературой и навыками интерпретации результатов научных исследований;</p>
<p>Разработка математических моделей, алгоритмов и методов для решения различных</p>	<p>Математические модели и алгоритмы.</p>	<p>ПК-2 [1] - Способен понимать, применять и совершенствовать современный математический</p>	<p>З-ПК-2[1] - знать современный математический аппарат, используемый при описании, решении</p>

задач.		аппарат  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001	и анализе различных прикладных задач; У-ПК-2[1] - использовать современный математический аппарат для построения математических моделей и алгоритмов решения различных прикладных задач; В-ПК-2[1] - владеть навыками применения современного математического аппарата для построения математических моделей различных процессов, для обработки экспериментальных, статистических и теоретических данных, для разработки новых алгоритмов и методов исследования задач различных типов
Использование современных информационных технологий и Интернет ресурсов для поиска и систематизации информации.	Информационные и Интернет ресурсы, содержащие результаты научных исследований и научно-техническую документацию.	ПК-3 [1] - Способен осуществлять целенаправленный поиск в сети Интернет и других источниках информации о научных достижениях в области прикладной математики , а также о современных программных средствах, относящихся к предмету исследований  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.013	3-ПК-3[1] - знать основные референтные базы данных научных публикаций, поисковые системы научной литературы;; У-ПК-3[1] - уметь осуществлять поиск научной литературы с использованием существующих поисковых систем и референтных баз данных;; В-ПК-3[1] - владеть навыками поиска научной литературы;
проектный			
Применение методов тестирования и оценки качества	Задачи в области искусственного интеллекта  Ключевые слова:	ПК-8.13 [1] - (PL-1) Способен применять язык программирования	3-ПК-8.13[1] - Знать:(PL-1) основные инструменты разработки решений с

<p>решений с элементами искусственного интеллекта на основе языка программирования Python</p>	<p>инструменты профилирования и оптимизации ETL-процессов, архитектура вычислений с использованием native-cloud инструментов</p>	<p>Python для решения задач в области ИИ</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001</p>	<p>элементами ИИ на базе языка Python; У-ПК-8.13[1] - Уметь:(PL-1) тестируировать, испытывать и оценивать качество решений с элементами ИИ, реализованных с использованием языка программирования Python, умеет осуществлять выбор инструментов разработки на языке Python, приемлемых для создания прикладной системы ИИ с заданными требованиями; В-ПК-8.13[1] - Владеть:(PL-1) навыками разработки и отлаживания прикладных решений с элементами ИИ с использованием языка программирования Python</p>
---	--	---	---

#### организационно-управленческий

<p>Планирование процессов и ресурсов для решения задач в области прикладной математики и информатики, а также разработка методов и механизмов мониторинга и оценки качества процессов производственной деятельности.</p>	<p>Научно-исследовательские работы, разработка программного обеспечения.</p>	<p>ПК-6 [1] - Способен планировать работу и необходимые ресурсы, контролировать выполнение, оценивать результаты в области прикладной математики и информатики</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008</p>	<p>З-ПК-6[1] - знать принципы планирования научно-исследовательских работ в области прикладной математики и информатики; ; У-ПК-6[1] - уметь планировать научно-исследовательские работ в области прикладной математики и информатики, а также контролировать степень их выполнения;; В-ПК-6[1] - владеть навыками планирования и контроля научно-исследовательские работ в области прикладной математики</p>
--	--	---	---

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (В22)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры информационной безопасности (В23)

#### 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары )/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
<i>5 Семестр</i>							
1	Раздел 1	1-8	16/8/8		25	КИ-8	3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, 3-ОПК-5, У-ОПК-5, В-ОПК-5, 3-ПК-8.10, У-ПК-8.10, В-ПК-8.10, 3-ПК-8.11, У-ПК-8.11, В-ПК-8.11, 3-ПК-8.12, У-ПК-8.12, В-ПК-8.12, 3-ПК-8.13, У-ПК-8.13, В-ПК-8.13, 3-ПК-8.7, У-ПК-8.7, В-ПК-8.7, 3-ПК-8.9, У-ПК-8.9, В-ПК-8.9,

						3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1, 3-УКЦ-3, У-УКЦ-3, В-УКЦ-3
2	Раздел 2	9-16	16/8/8		25	КИ-16 В-ОПК-5, 3-ПК-8.10, У-ПК-8.10, В-ПК-8.10, 3-ПК-8.11, У-ПК-8.11, В-ПК-8.11, 3-ПК-8.12, У-ПК-8.12, В-ПК-8.12, 3-ПК-8.13, У-ПК-8.13, В-ПК-8.13, 3-ПК-8.7, У-ПК-8.7, В-ПК-8.7, 3-ПК-8.9, У-ПК-8.9, В-ПК-8.9, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1,

							3-УКЦ-3, У-УКЦ-3, В-УКЦ-3, 3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, 3-ОПК-5, У-ОПК-5
	<i>Итого за 5 Семестр</i>		32/16/16		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 5 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1, 3-УКЦ-3, У-УКЦ-3, В-УКЦ-3, 3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, 3-ОПК-5, У-ОПК-5, В-ОПК-5, 3-ПК-8.10, У-ПК-8.10, В-ПК-8.10, 3-ПК-8.11, У-ПК-8.11, В-ПК-8.11, 3-ПК-8.12, У-ПК-8.12, В-ПК-8.12, 3-ПК-8.13, У-ПК-8.13, В-ПК-8.13, 3-ПК-8.7, У-ПК-8.7, В-ПК-8.7, 3-ПК-8.9, У-ПК-8.9, В-ПК-8.9, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>5 Семестр</i>	32	16	16
<b>1-8</b>	<b>Раздел 1</b>	16	8	8
1 - 4	<b>Тема 1. Классические подходы и методы исследования выпуклых множеств, выпуклых функций, задач бузусловной оптимизации</b>  Выпуклые множества и их свойства. Примеры выпуклых множеств. Многомерные многогранники. Многомерные конусы. Многомерные эллипсоиды. Пересечение счетного числа выпуклых множеств. Выпуклые функции и их свойства. Примеры выпуклых функций. Квадратично линейные выпуклые функции. Строго выпуклые функции и их свойства. Сильно выпуклые функции и их свойства. Задание выпуклых множеств с помощью выпуклых функций. Численные методы безусловной оптимизации. Задачи выпуклого программирования. Теорема Куна-Таккера. Условия Куна-Таккера. Двойственные задачи. Экономическая интерпретация двойственных задач.	Всего аудиторных часов 8 Онлайн 0	4 4 0	4 0
5 - 8	<b>Тема 2. Задачи линейного программирования.</b>  Системы линейных неравенств. Канонические формы задач линейного программирования. Примеры задач линейного программирования. Преобразования задач линейного программирования из одной канонической формы в другую. Свойства задач линейного программирования. Транспортные задачи. Задачи максимизации эффективности производства при ограничениях на ресурсы. Взаимно двойственные задачи линейного программирования и их связь. Симплекс – метод решения задач линейного программирования.  Примеры решения задач линейного программирования.	Всего аудиторных часов 8 Онлайн 0	4 4 0	4 0
<b>9-16</b>	<b>Раздел 2</b>	16	8	8
9 - 12	<b>Тема 3. Задачи выпуклого программирования. Задачи квадратичного программирования.</b> <b>Многокритериальные задачи.</b>  Постановка задач квадратичного программирования. Численные методы решения задач линейного программирования. Сведение решения задачи квадратичного программирования к решению	Всего аудиторных часов 8 Онлайн 0	4 4 0	4 0

	двойственной задачи квадратично линейного программирования. Постановка задач выпуклого программирования. Свойства задач выпуклого программирования. Корректность задач выпуклого программирования. Многокритериальные задачи. Многокритериальные задачи с выпуклыми критериями. Решения Парето многокритериальных задач. Первая схема численного нахождения решений Парето. Вторая схема численного нахождения решений Парето. Примеры постановки многокритериальных задач.			
13 - 16	<b>Тема 4. Постановка и решение задач оптимизации портфелей инвестиций. Оптимизация динамических процессов.</b> Постановки и решение задач оптимального распределения ресурсов в условиях неопределенности. Классическая схема Марковица формирования эффективных инвестиционных портфелей. Решения Парето двухкритериальной постановки формирования эффективных инвестиционных портфелей. Постановка задач оптимального распределения ресурсов в условиях групповых ограничений. Решение задач оптимального распределения ресурсов в условиях групповых ограничений. Постановка и решение задач оптимизации лучевой терапии. Численные методы решения задач выпуклого программирования: градиентные методы, методы штрафных и барьерных функций. Оптимизация динамических процессов. Постановка задач оптимального управления. Принцип максимума Понтрягина. Задачи на минимизацию времени прохождения траектории. Принцип релейного управления линейными системами. Примеры постановки и решения задач оптимального динамического управления.	Всего аудиторных часов		
		8	4	4
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	5 Семестр
1 - 2	<b>Лабораторная работа №1</b> Выпуклые множества и их свойства.

3 - 4	<b>Лабораторная работа №2</b> Исследование выпуклых функций и их свойств.
5 - 6	<b>Лабораторная работа №3</b> Численные методы безусловной оптимизации.
7 - 8	<b>Лабораторная работа №4</b> Линейное программирование и транспортная задача.
9 - 10	<b>Лабораторная работа №5</b> Условная оптимизация.
11 - 12	<b>Лабораторная работа №6</b> Решения Парето многокритериальных задач.
13 - 14	<b>Лабораторная работа №7</b> Принцип максимума Понтрягина.
15 - 16	<b>Лабораторная работа №8</b> Задача на минимальное время прохождения траектории.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При выполнении домашнего задания студенты осваивают среду MATLAB, широко используют компьютерные технологии, практически рассчитывают прикладную задачу оптимизации. При обсуждении тем лекционных занятий используются презентации, обсуждения последних научных работ, новые методы и схемы оптимизации в различных прикладных областях, рассказывается о работе с научной литературой. Обязательным является самостоятельная работа студентов, выполнение индивидуальных заданий, работа с литературой.

В процессе обучения предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий: адресация аудитории вопросов и коллективный поиск ответов на них в форме дискуссий.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ОПК-4	З-ОПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-4	Э, КИ-8, КИ-16
ОПК-5	З-ОПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-1	З-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-2	З-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-16

	У-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-3	З-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-6	В-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	З-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-8.10	У-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-16
	З-ПК-8.10	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-8.11	У-ПК-8.10	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-8.10	Э, КИ-8, КИ-16
	З-ПК-8.11	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-8.12	У-ПК-8.11	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-8.11	Э, КИ-8, КИ-16
	З-ПК-8.12	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-8.13	У-ПК-8.12	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-8.12	Э, КИ-8, КИ-16
	З-ПК-8.13	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-8.7	У-ПК-8.13	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-8.13	Э, КИ-8, КИ-16
	З-ПК-8.7	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-8.9	У-ПК-8.7	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-8.7	Э, КИ-8, КИ-16
	З-ПК-8.9	Э, КИ-8, КИ-16
УКЦ-1	У-ПК-8.9	Э, КИ-8, КИ-16
	В-УКЦ-1	Э, КИ-8, КИ-16
	З-УКЦ-1	Э, КИ-8, КИ-16
УКЦ-3	В-УКЦ-1	Э, КИ-8, КИ-16
	З-УКЦ-3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-УКЦ-3	Э, КИ-8, КИ-16
	В-УКЦ-3	Э, КИ-8, КИ-16

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS
90-100	5 – «отлично»	«Зачтено»	A
85-89			B
75-84	4 – «хорошо»		C
70-74			D
65-69			E
60-64	3 – «удовлетворительно»		

Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	«Не зачтено»	F
---------	---------------------------	--------------	---

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. ЭИ Р 48 Исследование операций : , Ржевский С. В., Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. ЭИ С 91 Курс методов оптимизации : учебное пособие, Федоров В. В., Сухарев А. Г., Тимохов А. В., Москва: Физматлит, 2011
3. 519 К85 Метрический анализ и обработка данных : учебное пособие, Крянев А.В., Лукин Г.В., Москва: Физматлит, 2012
4. ЭИ К 60 Специальные методы оптимизации : , Колбин В. В., Санкт-Петербург: Лань, 2022
5. ЭИ А 98 Теория оптимизации в задачах и упражнениях : учебное пособие, Тимохов А. В., Ашманов С. А., Санкт-Петербург: Лань, 2022

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. ЭИ В58 Методы оптимизации и оптимального управления : учебное пособие для вузов, Власов В.А., Толоконский А.О., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

2. 519 В58 Методы оптимизации и оптимального управления : учебное пособие для вузов, Власов В.А., Толоконский А.О., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

### **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

### **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

#### 1. Проведение лекционных и практических занятий

Основные цели курса: 1. освоение студентами постановок задач оптимизации, включая задачи линейного, квадратичного, выпуклого, нелинейного программирования и оптимального управления; 2. освоение методов исследования задач оптимизации и методов их решения. В течение 7 семестра проводятся лекции и практические занятия, совмещенные с самостоятельной работой студентов. Основное внимание студентов должно быть направлено на наиболее часто используемые в современной теории и практике оптимизации математические методы качественного анализа и, прежде всего, решения прикладных задач оптимизации.

Содержание курса в 7 семестре логически разбито на несколько взаимосвязанных частей. В первой части курса даются дополнительные сведения о выпуклых множествах и свойствах выпуклых функций и решении задач на безусловный экстремум. Во второй части рассматриваются все основные классы задач на условный экстремум, включая многокритериальные задачи. 40-60% лекций содержат новый теоретический материал, а 60-40% примеры решения задач.

В рамках курса предусмотрено проведение отдельных от лекций семинарских занятий. Каждое занятие разбивается на две части, в первой из которых излагается теоретический материал, а во второй рассматриваются и решаются примеры и задачи, как правило, прикладного характера. Студенты должны, используя прослушанный на лекциях материал, научиться решать конкретные задачи оптимизации с помощью математических методов решения такого класса задач.

Основной упор на лекциях делается на понимание излагаемого материала и умения его использования при решении задач на семинарской части занятий и при выполнении самостоятельных контрольных работ.

При выполнении домашнего задания студенты осваивают среду MATLAB, широко используют компьютерные технологии, практически рассчитывают прикладную задачу оптимизации. При обсуждении тем лекционных занятий используются обсуждения последних научных работ, новые методы и схемы оптимизации в различных прикладных областях,

рассказывается о работе с научной литературой. Обязательным является самостоятельная работа студентов, выполнение индивидуальных заданий, работа с литературой.

Помимо этого, существенная доля занятий проводится в интерактивной форме и предполагает активное обсуждение пройденного материала, групповой разбор и обсуждение ошибок, вопросов и затруднений, возникающих при подготовке индивидуальных домашних заданий, а также индивидуальную сдачу самих домашних заданий преподавателю, сдачу контрольных работ и тестов.

На каждом занятии следует отмечать посещаемость студентов. При изучении курса студентам рекомендуется внимательно ознакомиться с программой дисциплины, взять в библиотеке рекомендованную литературу.

## 2. Организация контроля успеваемости студентов

Организация контроля успеваемости студентов проводится с использование фонда оценочных средств по данной дисциплине (ФОС). Фонд оценочных средств (ФОС) – является неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу данной дисциплины.

При проведении текущего контроля успеваемости по дисциплине используются 2 теста, 2 домашних задания и 2 контрольные работы.

Рубежный контроль проводится на 8 и 16 неделе. Промежуточный контроль выставляется на основе экзамена.

Для допуска к экзамену необходимо закрыть на положительную оценку все предложенные в рамках текущего контроля задания.

# 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

## 1. Проведение лекционных и практических занятий

Основные цели курса: 1. освоение студентами постановок задач оптимизации, включая задачи линейного, квадратичного, выпуклого, нелинейного программирования и оптимального управления; 2. освоение методов исследования задач оптимизации и методов их решения. В течение 7 семестра проводятся лекции и практические занятия, совмещенные с самостоятельной работой студентов. Основное внимание студентов должно быть направлено на наиболее часто используемые в современной теории и практике оптимизации математические методы качественного анализа и, прежде всего, решения прикладных задач оптимизации.

Содержание курса в 7 семестре логически разбито на несколько взаимосвязанных частей. В первой части курса даются дополнительные сведения о выпуклых множествах и свойствах выпуклых функций и решении задач на безусловный экстремум. Во второй части рассматриваются все основные классы задач на условный экстремум, включая многокритериальные задачи. 40-60% лекций содержат новый теоретический материал, а 60-40% примеры решения задач.

В рамках курса предусмотрено проведение отдельных от лекций семинарских занятий. Каждое занятие разбивается на две части, в первой из которых излагается теоретический материал, а во второй рассматриваются и решаются примеры и задачи, как правило, прикладного характера. Студенты должны, используя прослушанный на лекциях материал, научиться решать конкретные задачи оптимизации с помощью математических методов решения такого класса задач.

Основной упор на лекциях делается на понимание излагаемого материала и умения его использования при решении задач на семинарской части занятий и при выполнении самостоятельных контрольных работ.

При выполнении домашнего задания студенты осваивают среду MATLAB, широко используют компьютерные технологии, практически рассчитывают прикладную задачу оптимизации. При обсуждении тем лекционных занятий используются обсуждения последних научных работ, новые методы и схемы оптимизации в различных прикладных областях, рассказывается о работе с научной литературой. Обязательным является самостоятельная работа студентов, выполнение индивидуальных заданий, работа с литературой.

Помимо этого, существенная доля занятий проводится в интерактивной форме и предполагает активное обсуждение пройденного материала, групповой разбор и обсуждение ошибок, вопросов и затруднений, возникающих при подготовке индивидуальных домашних заданий, а также индивидуальную сдачу самих домашних заданий преподавателю, сдачу контрольных работ и тестов.

На каждом занятии следует отмечать посещаемость студентов. Рекомендуется не допускать студентов до сдачи контрольных мероприятий регулярно пропускающих занятия. На первом занятии необходимо ознакомить студентов с программой дисциплины, а также предложить литературу, которая потребуется для успешного освоения материала.

## 2. Организация контроля успеваемости студентов

Организация контроля успеваемости студентов проводится с использование фонда оценочных средств по данной дисциплине (ФОС). Фонд оценочных средств (ФОС) – является неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу данной дисциплины.

При проведении текущего контроля успеваемости по дисциплине используются 2 теста, 2 домашних задания и 2 контрольные работы.

Рубежный контроль проводится на 8 и 16 неделе. Промежуточный контроль выставляется на основе экзамена.

Для допуска к экзамену необходимо закрыть на положительную оценку все предложенные в рамках текущего контроля задания.

Автор(ы):

Крянев Александр Витальевич, д.ф.-м.н., профессор

Рецензент(ы):

к.ф.-м.н., доцент Демина М.В.

