

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 НТС ИНТЭЛ

Протокол № 4

от 23.07.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.03.01 Прикладные математика и физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	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
7	3	108	32	16	0		24	0	Э
Итого	3	108	32	16	0	0	24	0	

АННОТАЦИЯ

В курсе излагаются основные методы решения различных задач безусловной и условной оптимизации: градиентные методы безусловной оптимизации, метод сопряженного 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 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
--------------------------------	--

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

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
инновационный			

Проведение фундаментальных и прикладных математических и физических исследований, направленных на решение инженерных, технических и информационных задач	Природные и социальные явления и процессы	ПК-5 [1] - Способен управлять программами освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-5[1] - Знать основные методы и принципы управления программами освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию в сфере своей профессиональной деятельности. ; У-ПК-5[1] - Уметь находить оптимальные решения при освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию. ; В-ПК-5[1] - Владеть навыками нахождения оптимальных решений для освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию
--	---	--	---

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика»,

	поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)	«Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
--	---	--

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Раздел 1	1-8	16/8/0		25	КИ-8	З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5

2	Раздел 2	9-16	16/8/0		25	КИ-16	3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	Э	3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5

* – 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>7 Семестр</i>	32	16	0
1-8	Раздел 1	16	8	0
1 - 4	Тема 1. Классические подходы и методы исследования выпуклых множеств, выпуклых функций, задач безусловной оптимизации 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	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 8	Тема 2. Задачи линейного программирования. 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	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

9-16	Раздел 2	16	8	0
9 - 12	Тема 3. Задачи выпуклого программирования. Задачи квадратичного программирования. Многокритериальные задачи. Постановка задач квадратичного программирования. Численные методы решения задач линейного программирования. Сведение решения задачи квадратичного программирования к решению 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.	Всего аудиторных часов		
		8	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 16	Тема 4. Постановка и решение задач оптимизации портфелей инвестиций. Оптимизация динамических процессов. 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	0
		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
----	--------------------

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)
ПК-5	З-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-5	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-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту,

75-84		C	если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
70-74		D	
65-69		E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64	3 – «удовлетворительно»		
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

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 содержать 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 которой 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 использованием 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 которой 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 использованием 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.