

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»

УТВЕРЖДАЮ

Декан/Директор

/ Соболев В.В.

23.05. 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы оптимизации и теория оптимального управления

наименование – полностью

10/013 (2023)

направление (специальность) 01.04.04 Прикладная математика

код, наименование – полностью

направленность (профиль/
программа/специализация)

Разработка программного обеспечения и
математических методов решения задач с использованием
искусственного интеллекта

наименование – полностью

уровень образования: магистратура

форма обучения: очная

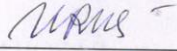
общая трудоемкость дисциплины составляет: 7 зачетных единиц

Кафедра Прикладная математика и информационные технологии
полное наименование кафедры, представляющей рабочую программу

Составитель Кетова Каролина Вячеславовна, д.ф.-м.н., профессор
Ф.И.О.(полностью), степень, звание

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и рассмотрена на заседании кафедры


Протокол от 27.04 2023 г. № 5

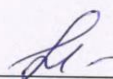
Заведующий кафедрой  И.Г. Русяк
27.04 20 23 г.

СОГЛАСОВАНО

Количество часов рабочей программы и формируемые компетенции соответствуют учебному плану 01.04.04 «Прикладная математика» (программа «Разработка программного обеспечения и математических методов решения задач с использованием искусственного интеллекта»)

Протокол заседания учебно-методической комиссии по УГСН
010000 «Математика и механика» от 11.05 20 23 г. № 3
код и наименование – полностью

Председатель учебно-методической комиссии по УГСН
010000 «Математика и механика»
код и наименование – полностью
 В.Г. Суфиянов
11.05 20 23 г.

Руководитель образовательной программы
 К.В. Кетова
11.05 20 23 г.

Аннотация к дисциплине

Название дисциплины	Методы оптимизации и теория оптимального управления
Направление подготовки (специальность)	01.04.04 Прикладная математика
Направленность (профиль/программа/специализация)	Разработка программного обеспечения и математических методов решения задач с использованием искусственного интеллекта
Место дисциплины	Часть, формируемая участниками образовательных отношений, Блока 1. Дисциплины (модули)
Трудоемкость (з.е. / часы)	7 з. е. / 252 часов
Цель изучения дисциплины	Усвоение магистрантами теоретических основ предмета, составляющего фундамент ряда математических дисциплин прикладного характера
Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины	ОПК-2. Способен разрабатывать и развивать математические методы моделирования объектов, процессов и систем в области профессиональной деятельности
Содержание дисциплины (основные разделы и темы)	Методы оптимизации в математическом моделировании. Прямые численные методы одномерной оптимизации. Методы одномерной оптимизации, использующие производные. Прямые методы многомерной оптимизации. Градиентные методы многомерной оптимизации. Линейное программирование.
Форма промежуточной аттестации	Зачет, Экзамен

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью освоения дисциплины является усвоение магистрантами теоретических основ предмета, составляющего фундамент ряда математических дисциплин прикладного характера.

Задачи дисциплины:

- обучить магистрантов прикладным и вычислительным аспектам методов оптимизации.

2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины у студента должны быть сформированы

Знания, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

№ п/п	Знания
1	основные методы решения оптимизационных задач

Умения, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

№ п/п	Умения
1	выбирать адекватный метод оптимизации для решения прикладных задач

Навыки, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

№ п/п	Навыки
1	владеть современными алгоритмами решения задач безусловной и условной оптимизации

Компетенции, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

Компетенции	Индикаторы	Знания	Умения	Навыки
ОПК-2. Способен разрабатывать и развивать математические методы моделирования объектов, процессов и систем в области профессиональной деятельности	ОПК-2.1. Знать: методы анализа систем данных на основе современных технологий извлечения новых знаний из данных; современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды для решения профессиональных задач	1	-	-
	ОПК-2.2. Уметь: обосновывать выбор методов анализа данных для решения профессиональных задач; обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные математические	-	1	-

	модели для решения профессиональных задач			
	ОПК-2.3. Владеть: навыками применения современных программных средств для анализа данных при решении профессиональных задач; разработки оригинальных математических моделей, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач	-	-	1

3. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» ООП.

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1, 2 семестрах.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных при освоении дисциплин (модулей): Математическое моделирование, Численные методы.

Перечень последующих дисциплин (модулей), для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной (модулем): Принципы построения математических моделей, Выполнение и защита выпускной квалификационной работы.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплин

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы					Содержание самостоятельной работы
				контактная				СРС	
				лек	пр	лаб	КЧА		
1	2	3	4	5	6	7	8	10	11
1	Методы оптимизации в математическом моделировании.	26	1	-	4	4	—	26	Защита лабораторной работы, работа на практических занятиях: текущий контроль выполнения заданий, выполнение тестовых заданий.
2	Прямые численные	26	1	4	4	4	—	26	Защита

	методы одномерной оптимизации								лабораторной работы, работа на практических занятиях: текущий контроль выполнения заданий, выполнение тестовых заданий.
3	Методы одномерной оптимизации, использующие производные	27	1	4	4	8	—	26	Защита лабораторной работы, работа на практических занятиях: текущий контроль выполнения заданий, выполнение тестовых заданий.
4	Зачет	2	1	—	—	—	0,3	1,7	Зачет выставляется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости
	Итого за 1-й семестр	108	1	-	12	16	0,3	79,7	
5	Прямые методы многомерной оптимизации	26	2	4	—	4	—	18	Защита лабораторной работы, работа на практических занятиях: текущий контроль выполнения заданий, выполнение тестовых заданий.
6	Градиентные методы многомерной оптимизации	30	2	6	—	6	—	18	Защита лабораторной работы, работа на практических занятиях: текущий контроль выполнения заданий,

									выполнение тестовых заданий.
7	Линейное программирование	30	2	6	–	6	–	18	Защита лабораторной работы, работа на практических занятиях: текущий контроль выполнения заданий, выполнение тестовых заданий.
8	Защита курсовой работы	22	2	-	–	-	3	19	Курсовая работа
9	Экзамен	36	2	–	–	–	0,4	35,6	Экзамен выставляется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости
	Итого за 2-й семестр	144	2	-	16	16	3,4	108,6	
	Итого	252			28	32	3,7	188,3	

4.2 Содержание разделов курса и формируемых в них компетенций

№ п/п	Раздел дисциплины	Коды компетенции и индикаторов	Знания	Умения	Навыки	Форма контроля
1	<i>Методы оптимизации в математическом моделировании.</i> Определение границ объекта минимизации. Выбор управляемых переменных. Определение ограничений на управляемые переменные. Выбор численного критерия оптимизации.	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	1	1	1	Текущий контроль выполнения заданий, защита лабораторных работ
2	<i>Прямые численные методы одномерной оптимизации.</i> Минимум функции одной переменной.	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	1	1	1	Текущий контроль выполнения заданий, защита

	Унимодальные функции и их свойства. Выпуклые функции. Условие Липшица. Классическая минимизация функции одной переменной. Прямые методы минимизации функции одной переменной.					лабораторных работ
3	<i>Методы одномерной оптимизации, использующие производные.</i> Методы, использующие производные. Понятие о методах минимизации многомерных функций.	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	1	1	1	Текущий контроль выполнения заданий, защита лабораторных работ, выполнение тестовых заданий.
4	<i>Прямые методы многомерной оптимизации.</i> Минимум ФНП. Дифференцируемые функции нескольких переменных, необходимые и достаточные условия минимума. Выпуклые множества. Выпуклые функции и их свойства. Выпуклые квадратичные функции. Общие принципы n-мерной минимизации. Прямые методы безусловной минимизации.	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	1	1	1	Текущий контроль выполнения заданий, выполнение тестовых заданий, защита лабораторных работ
5	<i>Градиентные методы многомерной оптимизации.</i> Методы безусловной минимизации, использующие производные. Понятие о квазиньютоновских методах.	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	1	1	1	Текущий контроль выполнения заданий, выполнение тестовых заданий, защита лабораторных работ
6	<i>Линейное программирование.</i> Постановка и классификация задач	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	1	1	1	Текущий контроль выполнения заданий, ,

	математического программирования. Примеры задач оптимизации, сводящихся к задачам математического программирования. Постановка задач линейного программирования. Графический метод. Симплексный метод решения задач линейного программирования. Метод искусственного базиса. Симплекс-метод при отсутствии условий неотрицательности переменных. Двойственность в линейном программировании. Применение теории двойственности.					выполнение тестовых заданий.
--	--	--	--	--	--	------------------------------------

4.3 Наименование тем лекций, их содержание и объем в часах

Лекционных занятий учебным планом не предусмотрено.

4.4 Наименование тем практических занятий, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических работ	Трудоем- кость (час)
1.	2	Прямые численные методы одномерной оптимизации	6
2.	3	Методы одномерной оптимизации, использующие производные	6
3.	4	Прямые методы многомерной оптимизации	8
4.	5	Градиентные методы многомерной оптимизации	8
	Всего		28

4.5 Наименование тем лабораторных работ, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоем- кость (час)
1.	1	Методы оптимизации в математическом моделировании	4
2.	2	Прямые численные методы одномерной оптимизации	4
3.	3	Методы одномерной оптимизации, использующие	8

		производные	
4.	4	Прямые методы многомерной оптимизации	4
5.	5	Градиентные методы многомерной оптимизации	6
6.	6	Линейное программирование	6
	Всего		32

5. Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине

Для контроля результатов освоения дисциплины проводятся:

- защиты лабораторных работ;
- зачет;
- курсовая работа;
- экзамен.

Примечание: оценочные материалы (вопросы к проведению практических, лабораторных занятий, задания для самостоятельной работы и др.) приведены в приложении к рабочей программе дисциплины.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – зачет, экзамен.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Лесин В.В., Лисовец Ю.П. Основы методов оптимизации. М.: Лань, 2018. – 344 с. (10 экз.).

2. Методы оптимизации и теория оптимального управления: учебное пособие для вузов по направл. 01.04.04 «Прикладная математика» / М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»; сост.: Е.В. Касаткина, Е.А. Сабурова, Д.Г. Нефедов. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2018. – 148 с. (10 экз.)

б) дополнительная литература:

3. Васильев Ф.П. Методы оптимизации часть 1. – М.: МЦНМО, 2019. – 620 с. (10 экз.)

4. Васильев Ф.П. Методы оптимизации часть 2. – М.: МЦНМО, 2019. – 432 с. (10 экз.)

5. Теория оптимального управления: учебное пособие / И. П. Болодурина, Т. А. Огурцова, О. С. Арапова, Ю. П. Иванова. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2018. – 147 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69954.html>.

6. Кочегурова Е.А. Теория и методы оптимизации: учебное пособие / Е. А. Кочегурова. — Томск: Томский политехнический университет, 2018. — 134 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34723.html>.

7. Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах: учеб. пособие для втузов / Пантелеев, А. В., Летова, Т. А. - Изд. 3-е, стер. - М.: Высшая школа, 2018. - 544 с. (10 экз.)

в) методические указания:

8. Касаткина Е.В. Методические указания к самостоятельной работе и выполнению практических работ по курсу «Методы оптимизации и теория оптимального управления» для направления 01.04.04 «Прикладная математика». – Ижевск, 2021. – 79 с. (Рег. номер МиЕН 1-24/2021).

9. Русяк И.Г., Кетова К.В., Касаткина Е.В., Вавилова Д.Д. Методические указания к оформлению и выполнению рефератов, лабораторных работ, курсовых работ и проектов, практик, выпускных квалификационных работ для студентов направления 01.03.04 «Прикладная математика», 2021. – 38 с. (Рег. номер МиЕН 1-1/2021).

г) перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети Интернет:

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks
<http://istu.ru/material/elektronno-bibliotechnaya-sistema-iprbooks>.

2. Электронный каталог научной библиотеки ИжГТУ имени М.Т. Калашникова Web ИРБИС http://94.181.117.43/cgi-bin/irbis64r_12/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS.

3. Национальная электронная библиотека – <http://нэб.рф>.

4. Мировая цифровая библиотека – <http://www.wdl.org/ru/>.

5. Международный индекс научного цитирования Web of Science – <http://webofscience.com>.

6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – <https://elibrary.ru/defaultx.asp>.

7. Справочно-правовая система КонсультантПлюс <http://www.consultant.ru/>.

д) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Microsoft Office Standard 2007 (Open License: 42267924).

2. Doctor Web Enterprise Suite (Лицензия № 116663324).

3. ОС MS Windows 7/10.

4. Среда программирования MS Visual Studio Community 2017.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

1. Практические занятия.

Учебные аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

2. Лабораторные работы.

Для лабораторных занятий используются аудитория №6-309, оснащенная следующим оборудованием: проектор, экран, компьютер/ноутбук.

3. Самостоятельная работа.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде ИжГТУ имени М.Т. Калашникова:

- научная библиотека ИжГТУ имени М.Т. Калашникова (ауд. 201 корпус № 1, адрес: 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д.7);
- помещения для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 309, корпус №6, адрес: 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д.48).

При необходимости рабочая программа дисциплины (модуля) может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для обучения с применением дистанционных образовательных технологий. Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК).

**Лист согласования рабочей программы дисциплины (модуля) на
учебный год**

Рабочая программа дисциплины (модуля) по направлению подготовки
(специальности)

01.04.04 «Прикладная математика»

код и наименование направления подготовки (специальности)

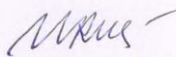
по направленности (профилю/программе/специализации)

Разработка программного обеспечения и математических методов решения

задач с использованием искусственного интеллекта

наименование направленности (профиля/программы/специализации)

согласована на ведение учебного процесса в учебном году:

Учебный год	«Согласовано»: заведующий кафедрой, ответственной за РПД (подпись и дата)
2023 – 2024	 27.04.2023
2024 – 2025	

**Приложение к рабочей программе
дисциплины (модуля)**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»

**Оценочные средства
по дисциплине**
Методы оптимизации и теория оптимального управления
наименование – полностью

направление (специальность) 01.04.04 Прикладная математика
код, наименование – полностью

направленность (профиль/
программа/специализация) Разработка программного обеспечения и
математических методов решения задач с использованием искусственного
интеллекта
наименование – полностью

уровень образования: магистратура

форма обучения: очная

общая трудоемкость дисциплины составляет: 7 зачетных единиц

1. Оценочные средства

Оценивание формирования компетенций производится на основе результатов обучения, приведенных в п. 2 рабочей программы и ФОС. Связь разделов компетенций, индикаторов и форм контроля (текущего и промежуточного) указаны в таблице 4.2 рабочей программы дисциплины.

Оценочные средства соотнесены с результатами обучения по дисциплине и индикаторами достижения компетенций, представлены ниже.

№ п/п	Коды компетенции и индикаторов	Результат обучения (знания, умения и навыки)	Формы текущего и промежуточного контроля
1	ОПК-2.1. Знать: методы анализа систем данных на основе современных технологий извлечения новых знаний из данных; современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды для решения профессиональных задач	З1: основные методы решения оптимизационных задач	Текущий контроль выполнения заданий; защита лабораторных работ, выполнение тестовых заданий.
2	ОПК-2.2. Уметь: обосновывать выбор методов анализа данных для решения профессиональных задач; обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные математические модели для решения профессиональных задач	У1: выбирать адекватный метод оптимизации для решения прикладных задач	Текущий контроль выполнения заданий; защита лабораторных работ, защита курсовых работ, выполнение тестовых заданий.
3	ОПК-2.3. Владеть: навыками применения современных программных средств для анализа данных при решении профессиональных	Н1: владеть современными алгоритмами решения задач безусловной и условной оптимизации	Текущий контроль выполнения заданий; защита лабораторных работ, выполнение тестовых заданий.

	задач; разработки оригинальных математических моделей, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач		
--	--	--	--

Типовые задания для оценивания формирования компетенций

Наименование: Лабораторная работа

Представление в ФОС: Пример лабораторной работы

Пример лабораторной работы:

Изучить примеры задач оптимального управления экономическими системами.

Выполнение лабораторной работы

Рассмотрим задачу оптимального управления вида:

$$Y = F(K, L), \quad (1)$$

где Y – ВРП, руб; K – ОПФ, руб; L – трудовые ресурсы, чел.

$$\dot{K} = I - \eta K$$

где η – коэффициент выбытия; $I = sY$

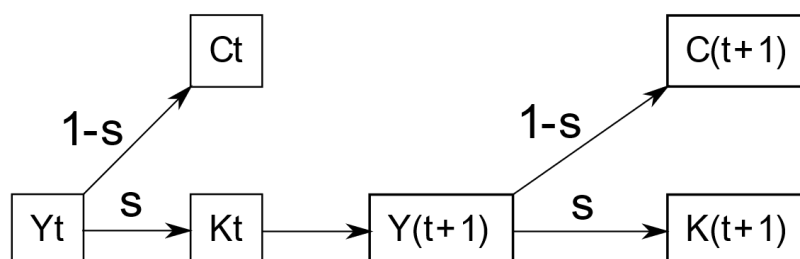


Рисунок 1 – Схема распределения ресурсов

Изменение трудовых ресурсов и общей численности населения описывается функцией от времени:

$$L = L(t),$$

$$P = P(t),$$

где P – численность населения, чел.

В работе будет считать, что данные функции – экспоненциальные.

$$L(t) = L_0 e^{n_L t}, \quad (2)$$

$$P(t) = P_0 e^{n_P t}, \quad (3)$$

$$\lambda(t) = \frac{L_0}{P_0} e^{(n_L - n_P)t}, \quad (4)$$

Постановка задачи:

$$Cr = \int_0^T (1-s)f(k)\lambda_0 e^{-at} dt \rightarrow \max, \quad (5)$$

$$\alpha = \delta + n_P - n_L, \quad (6)$$

Наименование: Курсовая работа

Представление в ФОС: Темы курсовых работ

Перечень тем для курсовых работ:

1. Решение задачи оптимального управления в однофакторной макроэкономической модели с экзогенно заданной динамикой экономически активного населения (на примере УР)
2. Решение задачи оптимального управления в экономической макромоделе экономической с учетом фактора квалификации трудовых ресурсов (на примере УР)
3. Решение задачи оптимального управления в двухфакторной модели экономической динамики с учетом темпов научно-технического прогресса (на примере УР)
4. Решение задачи оптимального управления в однофакторной макроэкономической модели с экзогенно заданной динамикой численности населения (на примере УР).
5. Решение задачи оптимального управления в конечномерной модели, обладающей квазимагистралью (на примере РФ).

Наименование: зачет

Представление в ФОС: перечень вопросов

Перечень вопросов для проведения зачета:

1. Методы оптимизации в математическом моделировании.
2. Минимум функции нескольких переменных.
3. Необходимые и достаточные условия локального минимума.
4. Унимодальные функции и их свойства.

5. 5. Выпуклые функции.
6. 6. Условие Липшица.
7. 7. Классическая минимизация функции одной переменной.
8. 8. Прямые методы минимизации функции одной переменной (перебора, поразрядного поиска, исключения отрезков, метод парабол).
9. 9. Методы использующие производные (метод средней точки, хорд, Ньютона, кубической аппроксимации).
10. Дифференцируемые ф.н.п., необходимые и достаточные условия минимума.
11. Выпуклые множества.
12. Выпуклые функции и их свойства.
13. Выпуклые квадратичные функции.

Критерии оценки: приведены в разделе 2.

Наименование: экзамен

Представление в ФОС: перечень вопросов

Перечень вопросов для проведения экзамена:

1. Общие принципы n-мерной минимизации.
2. Прямые методы безусловной минимизации (минимизация по правильному симплексу, поиск точки минимума по деформируемому симплексу, метод циклического покоординатного спуска, метод Хука-Дживса, метод сопряженных направлений).
3. Методы безусловной минимизации, использующие производные (метод градиентного и наискорейшего спуска, метод сопряженных градиентов и метод Ньютона).
4. Понятие о квазиньютоновских методах.
5. Постановка и классификация задач математического программирования.
6. Примеры задач минимизации, сводящихся к задачам математического программирования.
7. Необходимые условия минимума в терминах направлений.
8. Условный экстремум.
9. Необходимые и достаточные условия условного экстремума.
10. Условия оптимальности в задаче выпуклого программирования.
11. Задача математического программирования со смешанными ограничениями.
12. Постановка задач линейного программирования.
13. Графический метод.
14. Симплексный метод решения задач линейного программирования.
15. Метод искусственного базиса.
16. Симплекс метод при отсутствии условий неотрицательности переменных.
17. Двойственность в линейном программировании.
18. Применение теории двойственности.
19. Задачи дробно-линейного и квадратичного программирования.
20. Методы возможных направлений (случаи линейных и нелинейных ограничений).
21. Методы последовательной безусловной минимизации (метод штрафных функций и метод барьерных функций).

Критерии оценки:

Приведены в разделе 2.

Наименование: тест.

Представление в ФОС: набор вариантов для проведения тестирования.

1. Как называются методы оптимизации, которые используют только значения функции и не требующие вычисления ее производных?

А) прямые методы минимизации (нулевого порядка),

- В) методы первого порядка,
- С) методы порядка, выше первого.

2. Метод перебора относится к методам

- А) первого порядка,
- В) порядка, выше первого.
- С) нулевого порядка.

3. Суть метода парабол заключается в том, что

- А) На каждой итерации метода строится кубический трехчлен, график которого проходит через три выбранные точки графика функции $f(x)$.
- В) На каждой итерации метода строится квадратный трехчлен, график которого (парабола) проходит через три выбранные точки графика функции $f(x)$.
- С) На отдельных итерациях метода строится кубический трехчлен, график которого проходит через три выбранные точки графика функции $f(x)$

4. Метод золотого сечения заключается в следующем

- А) Каждая из точек x_1 и x_2 делит отрезок $[a, b]$ на две неравные части так, что отношение длины всего отрезка к длине его большей части равно отношению длин большей и меньшей частей отрезка.
- В) Каждая из точек x_1 и x_2 делит отрезок $[a, b]$ на две неравные части так, что отношение длины всего отрезка к меньшей равно двум.
- С) Каждая из точек x_1 и x_2 делит отрезок $[a, b]$ на две неравные части произвольным образом.

5. В принципе максимума Понтрягина используется

- А) Лагранжиан
- В) Гамильтониан
- С) Якобиан

Ключи теста:

Вопрос	1	2	3	4	5
Ответ	А	С	В	А	В

Критерии оценки:

Приведены в разделе 2.

Наименование: защита лабораторных работ

Представление в ФОС: задания и требования к выполнению представлены в методических указаниях по дисциплине

Варианты заданий: задания и требования к выполнению представлены в методических указаниях по дисциплине

Критерии оценки:

Приведены в разделе 2.

Наименование: работа на практических занятиях: текущий контроль выполнения заданий.

Представление в ФОС: задания и требования к выполнению представлены в методических указаниях по дисциплине:

Касаткина Е.В. Методические указания к самостоятельной работе и выполнению практических работ по курсу «Методы оптимизации и теория оптимального управления» для направления 01.04.04 «Прикладная математика». – Ижевск, 2021. – 79 с. (Рег. номер МиЕН 1-24/2021).

Варианты заданий: задания и требования к выполнению представлены в методических указаниях по дисциплине.

Критерии оценки: Приведены в разделе 2.

2. Критерии и шкалы оценивания

Результат обучения по дисциплине считается достигнутым при успешном прохождении обучающимся всех контрольных мероприятий, относящихся к данному результату обучения.

При оценивании результатов обучения по дисциплине в ходе текущего контроля успеваемости используются следующие критерии. Минимальное количество баллов выставляется обучающемуся при выполнении всех показателей, допускаются несущественные неточности в изложении и оформлении материала.

<i>Наименование, обозначение</i>	<i>Показатели выставления минимального количества баллов</i>
Практическая работа	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьёзные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий. На защите практической работы даны правильные ответы не менее чем на 50% заданных вопросов
Лабораторная работа	Лабораторная работа выполнена в полном объеме; Представлен отчет, содержащий необходимые расчеты, выводы, оформленный в соответствии с установленными требованиями; Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом при защите лабораторной работы, даны правильные ответы не менее чем на 50% заданных вопросов

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета, экзамена.

Итоговая оценка по дисциплине может быть выставлена на основе результатов текущего контроля с использованием следующей шкалы:

Оценка	Набрано баллов
«зачтено»	85-100
«не зачтено»	43-84

Оценка	Набрано баллов
«отлично»	90-100
«хорошо»	75-89
«удовлетворительно»	60-74
«неудовлетворительно»	0-60

Если сумма набранных баллов менее 50 – обучающийся не допускается до промежуточной аттестации.

Если сумма баллов составляет от 50 до 100 баллов, обучающийся допускается до экзамена.

Билет к зачету, экзамену включает 2 теоретических вопроса и 1 практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в письменной форме.

Время на подготовку: 60 минут.

При оценивании результатов обучения по дисциплине в ходе промежуточной аттестации используются следующие критерии и шкала оценки:

Оценка	Критерии оценки
«зачтено»	Обучающийся демонстрирует знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы, умеет применять его при выполнении конкретных заданий, предусмотренных программой дисциплины
«не зачтено»	Обучающийся демонстрирует значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение

Оценка	Критерии оценки
«отлично»	Обучающийся показал всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, предусмотренного программой, умение уверенно применять на их практике при решении задач (выполнении заданий), способность полно, правильно и аргументировано отвечать на вопросы и делать необходимые выводы. Свободно использует основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой.
«хорошо»	Обучающийся показал полное знание теоретического материала, владение основной литературой, рекомендованной в программе, умение самостоятельно решать задачи (выполнять задания), способность аргументировано отвечать на вопросы и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя. Способен к

	самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности
«удовлетворительно»	Обучающийся демонстрирует неполное или фрагментарное знание основного учебного материала, допускает существенные ошибки в его изложении, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий (решении задач), выполняет задание при подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов. Владеет знанием основных разделов, необходимых для дальнейшего обучения, знаком с основной и дополнительной литературой, рекомендованной программой.
«неудовлетворительно»	Обучающийся при ответе демонстрирует существенные пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает грубые ошибки в формулировании основных понятий и при решении типовых задач (при выполнении типовых заданий), не способен ответить на наводящие вопросы преподавателя. Оценка ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании образовательного учреждения без дополнительных занятий по рассматриваемой дисциплине