

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Смоленский государственный университет»
Кафедра прикладной математики и информатики

«Утверждаю»
Проректор по учебно-
методической работе
_____ Ю.А. Устименко
«23» июня 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
ФТД.02 Оптимизация процесса вычислений

Направление подготовки **01.03.02 Прикладная математика и информатика**
Направленность (профиль) **Математическое и информационное моделирование**
Форма обучения – очная
Курс – 4
Семестр – 7
Всего зачетных единиц – 3, часов – 108

Форма отчетности: зачет – 7 семестр

Программу разработал
Доцент Усачев В.И.

Одобрена на заседании кафедры
«16» июня 2022 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой _____ С.В. Козлов

Смоленск
2022

1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Оптимизация процесса вычислений» относится к математическому и естественнонаучному циклу и входит в него в качестве факультатива.

Требования к входным знаниям, умениям и компетенциям студента формируются на основе программы среднего (полного) общего образования по математике (базовый уровень).

В настоящее время математические методы исследования проникают во все области человеческой деятельности. Это повышает интерес к математике со стороны смежных наук, использующих различный объем математических знаний. Кроме того, развитие информационных технологий и систем компьютерной математики, которые применяются для решения многих математических задач, требует алгоритмической четкости при изучении математических дисциплин.

Динамику поведения любого физического объекта можно описать уравнением или системой уравнений, поэтому одной из основных задач исследователя является подбор функции, которая бы могла создать математическую модель реального объекта с заданной точностью при заданных граничных условиях. Подбор моделирующей функции тесно связан с некоторыми критериями или дополнительными условиями, выполнение которых сопровождается решением задачи оптимизации.

Поэтому курс «Оптимизация процесса вычислений» занимает важное место в предметной подготовке по основной образовательной программе направления подготовки «прикладная математика и информатика». Его изучение основано на традиционных методах высшей школы, тесной взаимосвязи со смежными курсами, а также на использовании современных математических пакетов.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
ПК-1. Способен осуществлять поиск, анализ, систематизацию научной информации в области прикладной математики и информатики для реализации научно-исследовательских проектов и решения прикладных задач по проектированию и разработке программного обеспечения.	Знает: теоретические основы и технологии организации научно-исследовательской деятельности. Умеет: осуществлять поиск, анализ, систематизацию научной информации в области прикладной математики и информатики для реализации научно-исследовательских проектов и решения прикладных задач по проектированию и разработке программного обеспечения. Владеет: навыками организации и проведения научно-исследовательской деятельности в ходе выполнения профессиональных функций.
ПК-2. Способен анализировать требования и проектировать программное и информационное обеспечение компьютерных сетей, вычислительные модели и модели данных для реализации элементов новых (или известных) программных продуктов.	Знает: возможности существующей программно-технической аппаратуры, современных и перспективных средств разработки программных продуктов, технических средств; методологии разработки программного обеспечения, технологии программирования; методы и средства проектирования программного обеспечения, баз данных, программных интерфейсов; принципы построения архитектуры программного обеспечения и виды архитектуры программного обеспечения, типовые решения, библиотеки программных

	<p>модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения; методики формализации и алгоритмизации поставленных задач.</p> <p>Умеет: проводить анализ требований к программному обеспечению, вырабатывать варианты их реализации, проводить оценку и обоснование вырабатываемых решений; использовать существующие типовые решения и шаблоны проектирования программного обеспечения, применять методы и средства проектирования программного обеспечения, структур данных, баз данных, программных интерфейсов; использовать методы и приемы формализации и алгоритмизации задач, применять стандартные алгоритмы, использовать программные средства для графического отображения алгоритмов.</p> <p>Владеет: методами анализа возможностей реализации требований к программному обеспечению, оценки времени и трудоемкости их реализации, навыками по проектированию программного обеспечения, баз данных, программных интерфейсов, информационных ресурсов сети Интернет.</p>
<p>ПК-3. Способен разрабатывать и отлаживать программный код</p>	<p>Знает: методологию разработки программного обеспечения, информационно-коммуникационных систем, баз данных, информационных ресурсов в сети Интернет; технологии программирования; особенности выбранной среды программирования и системы управления базами данных, синтаксис выбранного языка программирования, особенности программирования на нем, стандартные библиотеки языка программирования; компоненты программно-технических архитектур; методы повышения читаемости кода, системы кодировки символов, форматы хранения исходных текстов программ; методы и приемы отладки кода, типы и форматы сообщений об ошибках и состоянии аппаратных средств, современные компиляторы, отладчики оптимизаторы программного кода.</p> <p>Умеет: применять выбранные языки программирования для написания программного кода, использовать выбранную среду программирования и средства системы управления базами данных, использовать возможности имеющейся технической и программной архитектуры; структурировать,</p>

	<p>комментировать, размечать, форматировать программный код в соответствии с требованиями; выявлять ошибки в программном коде, применять методы и приемы его отладки, интерпретировать сообщения об ошибках, предупреждениях, применять современные компиляторы, отладчики, оптимизаторы программного кода.</p> <p>Владеет: навыками по созданию программного кода в соответствии с техническим заданием, оптимизации программного кода с использованием специализированных программных средств, форматированию программного кода, анализу, проверке, отладке исходного программного кода.</p>
--	---

3. Содержание дисциплины

Тема 1. Необходимые сведения из анализа (градиент, гессиан, локальные приближения).

Необходимые сведения из математического анализа. Градиент. Линейное локальное приближение. Вторые производные. Матрица Гессе. Квадратичное представление. Выпуклые и строго выпуклые функции.

Тема 2. Задачи оптимизации и их классификация. Безусловная оптимизация. Экстремальные задачи и их свойства.

Задачи оптимизации и их классификация. Стандартная математическая задача оптимизации. Различные способы классификации задач оптимизации и соответствующих методов их решения: по видам экстремумов, локальные и глобальные, по виду целевой функции и допустимого множества и т.д. Экстремальные задачи и их свойства. Задача оценки параметров и структуры математической модели. Многокритериальной задачи.

Тема 3. Одномерная оптимизация. Задача одномерной оптимизации. Классификация экстремумов. Методы решения задач одномерной оптимизации.

Одномерная оптимизация. Классификация экстремумов. Задача одномерной оптимизации. Граничный и внутренний экстремумы. Отделимый и предельный экстремумы. Спектр экстремумов. Методы локальной и глобальной оптимизации. Методы нулевого, первого и второго порядка. Метод глобального поиска.

Тема 4. Сходимость и устойчивость алгоритмов одномерной оптимизации. Основные определения и теоремы.

Сходимость и устойчивость алгоритмов одномерной оптимизации. Сходимость алгоритма при начальном приближении. Типы алгоритмов: непрерывные, устойчивые, асимптотически устойчивые. Теорема об устойчивости алгоритма. Теорема о непрерывности алгоритма.

Тема 5. Числа Фибоначчи. Методы нулевого порядка.

Различные способы задания чисел Фибоначчи. Золотое сечение. Унимодальные функции и их свойства.

Тема 6. Метод симметричного поиска и исследование его алгоритма.

Симметричный поиск. Метод симметричного поиска. Алгоритм симметричного поиска и его исследование. Необходимое и достаточное условие выработки алгоритма симметричного

поиска системы вложенных промежутков. Теорема об устойчивости алгоритма симметричного поиска. Алгоритм симметричного поиска с восстановлением.

Тема 7. Несимметричный поиск. Алгоритм поиска начального промежутка.

Несимметричный поиск. Метод несимметричного поиска. Определение начального промежутка.

Тема 8. Выпуклые функции. Методы Больцано и касательных. Сходимость методов первого порядка.

Методы оптимизации, в которых используются первые производные целевой функции: метод Больцано, метод касательных и др. Выпуклые функции. Свойства выпуклых функций. Критерии оптимальности первого порядка. Метод Больцано (или метод деления отрезка пополам). Алгоритм метода деления отрезка пополам. Метод касательных и его алгоритм. Сходимость методов первого порядка.

Тема 9. Методы второго порядка. Метод Ньютона. Метод ДСК. Метод квадратичной интерполяции.

Классы методов второго порядка. Необходимые и достаточные условия существования точки минимума унимодальной дважды дифференцируемой функции. Метод Ньютона (метод квадратичной аппроксимации) и его алгоритм. Метод ДСК (метод Девиса, Свена и Кемпи) и его алгоритм. Метод квадратичной интерполяции и его алгоритм.

Тема 10. Многоэкстремальные задачи. Локализация экстремумов. Метод сканирования.

Многоэкстремальные задачи. Локализация экстремумов. Метод сканирования. Поиск глобального экстремума. Метод глобального поиска. Исследование сходимости метода глобального поиска.

Тема 11. Безусловная оптимизация. Понятие локального и глобального экстремума. Существование решения.

Безусловная оптимизация. Понятие локального и глобального экстремума. Существование решения. Теорема Вейерштрасса и следствие из неё.

4. Тематический план

№	Темы	Всего часов	Формы занятий			
			Лекции	Практ. занятия	Лабор. занятия	Самостоятельная работа
1	Необходимые сведения из анализа (градиент, гессиан, локальные приближения)	8	–	–	2	6
2	Задачи оптимизации и их классификация. Безусловная оптимизация. Экстремальные задачи и их свойства.	10	2	–	2	6
3	Одномерная оптимизация. Задача одномерной оптимизации. Классификация экстремумов. Методы решения задач одномерной оптимизации.	10	2	–	4	4
4	Сходимость и устойчивость алгоритмов одномерной оптимизации. Основные	10	2	–	4	4

	определения и теоремы.					
5	Числа Фибоначчи. Методы нулевого порядка.	9	1	–	4	4
6	Метод симметричного поиска и исследование его алгоритма.	10	2	–	2	6
7	Несимметричный поиск. Алгоритм поиска начального промежутка.	11	1	–	4	6
8	Выпуклые функции. Методы Больцано и касательных. Сходимость методов первого порядка.	10	2	–	4	4
9	Методы второго порядка. Метод Ньютона. Метод ДСК. Метод квадратичной интерполяции.	12	2	–	4	6
10	Многоэкстремальные задачи. Локализация экстремумов. Метод сканирования.	8	2	–	2	4
11	Безусловная оптимизация. Понятие локального и глобального экстремума. Существование решения.	10	–	–	2	8
ИТОГО		108	16	–	34	58

5. Виды образовательной деятельности

Занятия лекционного типа

Лекция 1

Задачи оптимизации и их классификация. Стандартная математическая задача оптимизации. Различные способы классификации задач оптимизации и соответствующих методов их решения: по видам экстремумов, локальные и глобальные, по виду целевой функции и допустимого множества и т.д. Экстремальные задачи и их свойства. Задача оценки параметров и структуры математической модели. Многокритериальной задачи.

Лекция 2

Одномерная оптимизация. Классификация экстремумов. Задача одномерной оптимизации. Граничный и внутренний экстремумы. Отделимый и предельный экстремумы. Спектр экстремумов. Методы локальной и глобальной оптимизации. Методы нулевого, первого и второго порядка. Метод глобального поиска.

Лекция 3

Сходимость и устойчивость алгоритмов одномерной оптимизации. Сходимость алгоритма при начальном приближении. Типы алгоритмов: непрерывные, устойчивые, асимптотически устойчивые. Теорема об устойчивости алгоритма. Теорема о непрерывности алгоритма.

Лекция 4

Различные способы задания чисел Фибоначчи. Золотое сечение. Унимодальные функции и их свойства. Симметричный поиск. Метод симметричного поиска. Алгоритм симметричного поиска и его исследование. Необходимое и достаточное условие выработки алгоритма симметричного поиска системы вложенных промежутков. Теорема об устойчивости алгоритма симметричного поиска. Алгоритм симметричного поиска с восстановлением.

Лекция 5

Несимметричный поиск. Методы несимметричного поиска. Определение начального промежутка.

Лекция 6

Методы оптимизации, в которых используются первые производные целевой функции: метод Больцано, метод касательных и др. Выпуклые функции. Свойства выпуклых функций. Критерии оптимальности первого порядка. Метод Больцано (или метод деления отрезка пополам). Алгоритм метода деления отрезка пополам. Метод касательных и его алгоритм. Сходимость методов первого порядка.

Лекция 7

Классы методов второго порядка. Необходимые и достаточные условия существования точки минимума унимодальной дважды дифференцируемой функции. Метод Ньютона (метод квадратичной аппроксимации) и его алгоритм. Метод ДСК (метод Девиса, Свена и Кемпи) и его алгоритм. Метод квадратичной интерполяции и его алгоритм.

Лекция 8

Многоэкстремальные задачи. Локализация экстремумов. Метод сканирования. Поиск глобального экстремума. Метод глобального поиска. Исследование сходимости метода глобального поиска. Безусловная оптимизация. Понятие локального и глобального экстремума. Существование решения. Теорема Вейерштрасса и следствие из неё.

Лабораторные занятия

Лабораторное занятие №1.

Необходимые сведения из анализа (градиент, гессиан, локальные приближения)

Для функции $f(x) = 2x^3 + 2x^2y - y^2$ вычислить градиент и матрицу Гессе в точках $M_1(1, 0)$ и $M_2(-1, 2)$.

Исследовать на выпуклость функцию $f(x) = x_1^2 + x_2^2$ на множестве R^2 с помощью матрицы Гессе.

Проверить условие Липшица для функции $f(x) = 3\sin(2x)$ на отрезке $[0, \pi]$.

Для функции $f(x) = x_1^2 + x_2^2$ вычислить градиент в точках $(0,1)$, $\left(\frac{1}{\sqrt{2}}; \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$, $(1, 0)$ и $(0, -1)$. Построить на графике линию уровня и нанести градиенты в этих точках.

Лабораторные занятия №2-3.

Поиск интервала, содержащего точку минимума.

Определить промежуток локализации минимума функции $f(x) = (x-d)(x-l)^3$.

В качестве начальных значений взять $x=0$, $\Delta x=1$, $m=2$, где m коэффициент увеличения шага.

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
d	5	7	8	8	1	3	3	1	2	-5	-7	-8	-8
l	6	8	9	10	4	5	4	3	4	-6	-8	-9	10
Вариант	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
d	-1	-3	-3	-1	-2	0	0	2	-2	-4	3	4	
l	-4	-5	-4	-3	-4	-5	5	6	-6	0	6	9	

Результаты расчетов поместить в таблицу, имеющую вид:

№ шага k	x	Fx	Δx	y	Fy

Под номером k здесь понимается порядковый номер входа в блок
Начало 3 Конец 3. (см. Методы одномерной оптимизации: метод. указания / сост. И.А. Власова Самара, 2015; страницы 77 – 79).

Лабораторные занятия №4-5.

Методы нулевого порядка.

Определить минимум функции $f(x) = (x-d)(x-l)^3$ методом симметричного и несимметричного поиска. В качестве начальных значений взять $x=0$, $\Delta x = 1$, $m = 2$
Начальный промежуток определить методом, рассмотренным в лабораторных работах №2-3.

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
d	5	7	8	8	1	3	3	1	2	-5	-7	-8	-8
l	3	6	7	5	2	9	4	1	9	7	5	3	4
Вариант	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
d	2	3	5	4	6	7	8		4	9	7	5	
l	-4	-5	-4	-3	-4	-5	5	6	-6	0	6	9	

Лабораторные занятия №6-7.

Методы первого порядка.

Определить минимальное значение функции $f(x) = (x-d)(x-l)^3$ методом деления отрезка пополам (методом Больцано). Значение $\epsilon = 0.05$. Начальный интервал вычисляется из №2-3 лабораторных. Варианты заданий взять из лабораторных работ №2-3. Результаты вычислений представить в виде таблицы.

Лабораторные занятия №8-9.

Методы второго порядка. Методы Ньютона.

Определить минимум функции $f(x) = (x-d)(x-l)^3$ методом Ньютона. В качестве начальных значений взять $x=0$, $\Delta x = 1$, $m = 2$.
Начальный промежуток определить методом, рассмотренным в лабораторных работах №2-3.

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
d	4	3	5	6	2	3	4	7	8	9	1	3	5
l	3	6	7	5	2	9	4	1	9	7	5	3	4
Вариант	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
d	4	6	8	9	2	4	6	7	3	4	5	7	
l	-4	-5	-4	-3	-4	-5	5	6	-6	0	6	9	

Лабораторные занятия №10-11.

Циклический покоординатный поиск в задачах безусловной оптимизации.

Определить минимум функции $\varphi(x) = (\xi_1 - d_1)^2 / 4 + (\xi_2 - d_2)^2 / 9 + d_3$. За начальное приближение взять точку $x_0 = (0, 0)$, $\lambda = (2, 2)$. Варианты задания представлены в следующей таблице.

№ варианта	d ₁	d ₂	d ₃
1	1	2	1
2	3	4	2
3	1	1	1
4	1	2	2
5	5	6	1
6	2	4	1
7	1	3	2
8	1	5	3
9	2,5	2	3
10	3	3	1
11	1	1	3
12	3	5	1
13	3	6	2
14	3	3	3
15	3	4	2

Лабораторные занятия №12-13.

Метод наискорейшего спуска.

Определить минимум функции $\varphi(x) = (\xi_1 - d_1)^2 / 4 + (\xi_2 - d_2)^2 / 9 + d_3$. Варианты заданий взять из лабораторных №10-11. Значение ε взять равным 0,01. За начальное приближение взять точку $x_0 = (0, 0)$.

Лабораторные занятия №14-15.

Методы одномерной безусловной оптимизации.

2.2. В соответствии с вариантом задания составить алгоритмы, реализующие методы поиска, и найти точку минимума функции $f(x)$ на отрезке $[a, b]$.

- а) Если в варианте задания указано число экспериментов N , то сравнить заданные в варианте методы по получаемой длине отрезка неопределенности.
- б) Если же указана точность искомого решения, то сравнить методы по количеству экспериментов, понадобившихся для достижения заданной точности.

Варианты задач

№	Целевая функция	Отрезок $[a,b]$	Точность ε или число экспериментов N
1	$x^2 + 6 \cdot e^{0,15x}$	$[-1,0]$	$N=36$
2	$x^2 + 4 \cdot e^{-0,25x}$	$[0,1]$	$N=25$
3	$x^4 + 0,4 \cdot \arctg 5x$	$[-1,0]$	$N=20$
4	$x^4 - 1,5 \arctg x$	$[0,1]$	$N=33$
5	$x^2 + 8 \cdot e^{0,55x}$	$[-2,0]$	$\varepsilon=10^{-3}$
6	$-4x + e^{[x-0,2]}$	$[0,2]$	$\varepsilon=1,5 \cdot 10^{-4}$
7	$1,4x + e^{[x-2]}$	$[0,2]$	$\varepsilon=5 \cdot 10^{-4}$
8	$x^2 + e^x$	$[-1,0]$	$N=48$
9	$ x + e^{10x}$	$[-1,0]$	$\varepsilon=10^{-3}$
10	$10 \cos x + e^x$	$[1,3]$	$\varepsilon=5 \cdot 10^{-4}$

Лабораторные занятия №16-17.

Нахождение минимума целевой функции от двух переменных.

В соответствие с вариантом задания составить алгоритмы реализующие методы безусловной минимизации и найти точку минимума целевой функции

$$f(x, y) = ax + by + e^{cx+dy}$$

с заданной точностью ε . Начальное приближение и точность ε приводятся в условии задачи. Сравнить результаты, полученные разными методами для одной и той же целевой функции (в частности, сравнить число вычислений целевой функции и её производных, понадобившихся для получения заданной точности). Для каждого применяемого метода построить траекторию промежуточных точек, получаемых на очередных шагах метода и сходящихся к точке минимума.

№	Целевая функция				Начальное приближение	Точность решения
	a	b	c	d		
1	1	-1,4	0,01	0,11	(1;0)	0,0001
2	2	-1,3	0,04	0,12	(0;1)	0,00005
3	10	-0,5	0,94	0,2	(0;0)	0,0001
4	15	0	1,96	0,25	1,96	0,25
5	3	-1,2	0,02	1,3	(0;-1)	0,00005
6	11	-0,4	1	0,21	(-1;0)	0,0001
7	10	-1	1	2	(1;0)	0,0003
8	15	-0,5	2,25	2,5	(0;0)	0,0002
9	20	0,4	0,3	0,3	(0;-1)	0,0001
10	25	0,9	0,35	0,35	(1;0)	0,0004

Самостоятельная работа

Текущая самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний студентов и развитие их практических умений. Она заключается в работе с лекционными

материалами, поиске и обзоре литературы и электронных источников, информации по заданным темам курса, опережающей самостоятельной работе, в изучении тем, вынесенных на самостоятельную проработку, подготовке к лабораторным занятиям.

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов состоит в:

- проработке лекционного материала, составлении конспекта лекций по темам, вынесенным на самостоятельное изучение;
- выполнении домашних заданий.

Темы для самостоятельного изучения

1. Различные способы классификации задач оптимизации и соответствующих методов их решения.
2. Экстремальные задачи и их свойства.
3. Методы локальной и глобальной оптимизации.
4. Методы нулевого, первого и второго порядка.
5. Метод глобального поиска.
6. Типы алгоритмов: непрерывные, устойчивые, асимптотически устойчивые.
7. Метод симметричного поиска.
8. Алгоритм симметричного поиска и его исследование.
9. Алгоритм симметричного поиска с восстановлением.
10. Методы несимметричного поиска.
11. Методы оптимизации, в которых используются первые производные целевой функции
12. Метод касательных и его алгоритм.
13. Метод Ньютона (метод квадратичной аппроксимации) и его алгоритм.
14. Метод ДСК (метод Девиса, Свена и Кемпи) и его алгоритм.
15. Метод квадратичной интерполяции и его алгоритм.
16. Метод сканирования.
17. Метод глобального поиска.

Консультирование студентов осуществляется в индивидуальном порядке на занятиях и во внеурочное время. Выполнение самостоятельной работы оценивается по электронным материалам, подготовленным студентами. Результаты деятельности накапливаются в индивидуальных портфолио студентов.

6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины

6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

Теоретические вопросы

1. Задачи оптимизации и их классификация.
2. Стандартная математическая задача оптимизации.
3. Различные способы классификации задач оптимизации и соответствующих методов их решения: по видам экстремумов, локальные и глобальные, по виду целевой функции и допустимого множества и т.д.
4. Экстремальные задачи и их свойства.
5. Задача оценки параметров и структуры математической модели. Многокритериальной задачи.
6. Одномерная оптимизация. Классификация экстремумов.
7. Задача одномерной оптимизации. Граничный и внутренний экстремумы. Отделимый и предельный экстремумы. Спектр экстремумов.
8. Методы локальной и глобальной оптимизации. Методы нулевого, первого и второго порядка. Метод глобального поиска.

9. Сходимость и устойчивость алгоритмов одномерной оптимизации. Сходимость алгоритма при начальном приближении.
10. Типы алгоритмов: непрерывные, устойчивые, асимптотически устойчивые. Теорема об устойчивости алгоритма. Теорема о непрерывности алгоритма.
11. Различные способы задания чисел Фибоначчи. Золотое сечение.
12. Унимодальные функции и их свойства. Симметричный поиск. Метод симметричного поиска. Алгоритм симметричного поиска и его исследование. Необходимое и достаточное условие выработки алгоритма симметричного поиска системы вложенных промежутков.
13. Теорема об устойчивости алгоритма симметричного поиска. Алгоритм симметричного поиска с восстановлением.
14. Несимметричный поиск. Методы несимметричного поиска. Определение начального промежутка.
15. Методы оптимизации, в которых используются первые производные целевой функции: метод Больцано, метод касательных и др.
16. Выпуклые функции. Свойства выпуклых функций. Критерии оптимальности первого порядка.
17. Метод Больцано (или метод деления отрезка пополам). Алгоритм метода деления отрезка пополам. Метод касательных и его алгоритм. Сходимость методов первого порядка.
18. Классы методов второго порядка. Необходимые и достаточные условия существования точки минимума унимодальной дважды дифференцируемой функции.
19. Метод Ньютона (метод квадратичной аппроксимации) и его алгоритм.
20. Метод ДСК (метод Девиса, Свена и Кемпи) и его алгоритм.
21. Метод квадратичной интерполяции и его алгоритм.
22. Многоэкстремальные задачи. Локализация экстремумов.
23. Метод сканирования. Поиск глобального экстремума.
24. Метод глобального поиска. Исследование сходимости метода глобального поиска.
25. Безусловная оптимизация. Понятие локального и глобального экстремума. Существование решения. Теорема Вейерштрасса и следствие из неё.

Критерии оценивания теоретических вопросов

1. Нормы оценивания ответов на теоретические вопросы

№ п/п	Теоретический вопрос	Количество баллов (*)
1	Дан краткий ответ на поставленный вопрос	1 балл
2	Дан развернутый ответ на вопрос с анализом результатов	2 балла

(*) Возможна градация в 0,25 балла.

2. Шкала оценивания. Оценка «зачтено» за ответы на теоретические вопросы выставляется, если набрано не менее 3 баллов при ответе на три вопроса, в противном случае выставляется «не зачтено».

Задания для лабораторных занятий

Задачи по темам курса предложены к каждому лабораторному занятию.

Задания для лабораторных и самостоятельной работ, образцы решений основных типовых задач практики также размещены в системе дистанционного обучения СмолГУ (www.moodle.smolgu.ru).

Образец задания

1. Для функции $f(x) = 2x^3 + 2x^2y - y^2$ вычислить градиент и матрицу Гессе в точках $M_1(1, 0)$ и $M_2(-1, 2)$.

2. Определить промежуток локализации минимума функции $f(x) = (x-d)(x-l)^3$.
3. Определить минимум функции $f(x) = (x-d)(x-l)^3$ методом Ньютона. В качестве начальных значений взять $x=0$, $\Delta x=1$, $m=2$.

Критерии оценивания выполнения лабораторных работ

1. Нормы оценивания каждой лабораторной работы:

№п/п	Структурная часть работы	Количество баллов (*)
1	Ответ на теоретические вопросы по теме лабораторной работы	1 балл
2	Демонстрация выполнения конкретного задания, предложенного для самостоятельного решения к лабораторной работе	2 балла

(*) с возможностью градации до 0,25 балла.

2. Шкала оценивания. Оценка «зачтено» за лабораторную работу выставляется, если набрано не менее 2 баллов, в противном случае за работу выставляется «не зачтено».

6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации

Зачетная контрольная работа

- Для функции $f(x) = (x-2)(x-8)^3$ выполнить поиск минимума функции методом Ньютона для $\epsilon=0,005$.
- Для функции $f(x) = (x-2)(x-1)^2$ выполнить поиск минимума функции методом ДСК для $\epsilon=0,0005$.
- Для функции $f(x) = (x-2)(x-8)^3$ выполнить поиск минимума функции методом Пауэла для $\epsilon=0,005$. Сравнить полученный результат с решением пункта 1.

Критерии оценивания зачетной контрольной работы

1. Нормы оценивания работы

№ п/п	Структурная часть контрольной работы	Количество баллов (*)
1	Правильно реализован каждый метод решения	1 балл
2	Анализ результатов	2 балла

(*) Возможна градация в 0,25 балла.

2. Шкала оценивания работы:

п/п	Оценка	Количество баллов
1	Отлично	4,75-5
2	Хорошо	3,75-4,5
3	Удовлетворительно	3-3,5
4	Неудовлетворительно	менее 3

Критерий получения зачета

Зачет выставляется по результатам работы студента в течение семестра согласно Положению о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Смоленский государственный университет» (утверждено приказом ректора № 01-113 от 26.09.2019 г.; внесены дополнения приказом ректора № 01-48 от 30.04.2020).

Для получения зачета студент должен:

- уметь отвечать на теоретические вопросы, рассмотренные на лекциях;

- уметь решать задачи, предложенные на лабораторных занятиях.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

7.1. Основная литература

1. Сухарев, А. Г. Методы оптимизации: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / А. Г. Сухарев, А. В. Тимохов, В. В. Федоров. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 367 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-3859-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/444155>
2. Токарев, В. В. Методы оптимизации: учебное пособие для вузов / В. В. Токарев. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 440 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04712-7. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492834>
3. Методы оптимизации. Задачник: учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Токарев, А. В. Соколов, Л. Г. Егорова, П. А. Мышкис. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 292 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-12490-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/494995>
4. Методы оптимизации: теория и алгоритмы: учебное пособие для вузов / А. А. Черняк, Ж. А. Черняк, Ю. М. Метельский, С. А. Богданович. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 357 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04103-3. — URL: <https://urait.ru/bcode/453567>

7.2. Дополнительная литература

1. Методы одномерной оптимизации: метод. указания / сост. И.А. Власова – Самара, 2015. –90 с.: ил.
2. Методы оптимизации в примерах в пакете MathCad 15. Ч. II: Учеб. пособие / С.В. Рыков, И.В. Кудрявцева, С.А. Рыков, В.А. Рыков. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 178 с. ISBN 978-5-9906483-1-9

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Система дистанционного обучения СмолГУ (moodle.smolgu.ru).
2. Национальный открытый университет (intuit.ru).
3. Национальная платформа открытого образования (opened.ru).
4. Сеть разработчиков Майкрософт (msdn.microsoft.com/ru-ru/).

8. Материально-техническое обеспечение

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие программе дисциплины (модулей), учебная ауд. 224 на 12 посадочных мест.

Перечень материально-технического обеспечения, необходимого для реализации курса, включает в себя лабораторию, оснащенную персональными компьютерами, объединенные в сеть с выходом в Интернет, проектором и интерактивной доской, ауд.224 на 12 посадочных мест и 6 парт (12 посадочных мест).

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета, ауд.224 на 12 посадочных мест и 6 парт (12 посадочных мест).

9. Программное обеспечение

1. Операционная система MS Windows XP, Linux.
2. Система программирования MS Visual Studio 19 (язык программирования C#).
3. Поисковые системы сети Интернет.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 03B6A3C600B7ADA9B742A1E041DE7D81B0

Владелец: Артеменков Михаил Николаевич

Действителен: с 04.10.2021 до 07.10.2022