МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«22» _____02_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **27.04.04 Управление в технических системах**
Направленность (профиль) / специализация: **Управление и автоматизация технологических процессов и производств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет вычислительных систем (ФВС)**
Кафедра: **Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП)**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	8	8	часов
Практические занятия	10	10	часов
Лабораторные занятия	18	18	часов
Самостоятельная работа	108	108	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Зачет	3

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ким М.Ю.
Должность: Директор департамента по учебной работе
Дата подписания: 27.05.2026
Уникальный программный ключ:
ed789cd8-2cc6-4431-a59e-8f386b1d44fa

Томск

Согласована на портале № 72915

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Цель изучения данной дисциплины – освоение методов аналитического и численного решения задач оптимизации, получение навыков решения практических задач оптимизации с помощью программных средств.

1.2. Задачи дисциплины

1. получить представление об основах теории оптимизации и способах решения практических задач.
2. изучить методы решения типовых задач оптимизации с помощью современных программных средств.
3. научиться оценивать точность полученного оптимального решения.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль профессиональной подготовки (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.01.ДВ.01.01.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		
ПК-1. Способен проектировать, разрабатывать элементы и системы управления технологическими процессами	ПК-1.1. Знает элементы и системы управления технологическими процессами	знает структуру и типовые элементы систем управления технологическими процессами (АСУ ТП); математические модели АСУ ТП и ее элементов
	ПК-1.2. Умеет проектировать, разрабатывать элементы и системы управления технологическими процессами	умеет решать практические задачи по проектированию АСУ ТП и ее элементов, в том числе с помощью методов оптимизации
	ПК-1.3. Владеет навыками проектирования, разработки элементов и систем управления технологическими процессами	владеет методами и современными программными средствами для решения задач проектирования АСУ ТП и ее элементов, в том числе с применением методов оптимизации

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем

Согласована на портале № 72915

и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		3 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	36	36
Лекционные занятия	8	8
Практические занятия	10	10
Лабораторные занятия	18	18
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	108	108
Подготовка к зачету	20	20
Подготовка к тестированию	20	20
Подготовка к контрольной работе	16	16
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	52	52
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр						
1 Общая постановка задачи оптимизации	2	2	-	12	16	ПК-1
2 Аналитические и численные методы безусловной оптимизации функций одной переменной	2	2	4	25	33	ПК-1
3 Аналитические и численные методы безусловной оптимизации функций многих переменных	2	2	4	25	33	ПК-1
4 Аналитические и численные методы оптимизации функций многих переменных с учетом ограничений	2	4	8	25	39	ПК-1
5 Программные средства для решения оптимизационных задач	-	-	2	21	23	ПК-1
Итого за семестр	8	10	18	108	144	
Итого	8	10	18	108	144	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Согласована на портале № 72915

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Общая постановка задачи оптимизации	История возникновения оптимизационных задач. Общее понятие оптимизации. Необходимые условия для постановки задачи оптимизации. Общая формулировка задач оптимизации	2	ПК-1
	Итого	2	
2 Аналитические и численные методы безусловной оптимизации функций одной переменной	Необходимые и достаточные условия экстремума функций одной переменной. Методы нулевого и первого порядка для решения задач оптимизации функции одной переменной.	2	ПК-1
	Итого	2	
3 Аналитические и численные методы безусловной оптимизации функций многих переменных	Постановка задачи безусловной оптимизации функции многих переменных. Матрица Гессе, квадратичные формы, условия безусловного экстремума, исследование точек экстремумов. Базовые алгоритмы решения задач безусловной оптимизации.	2	ПК-1
	Итого	2	
4 Аналитические и численные методы оптимизации функций многих переменных с учетом ограничений	Необходимые и достаточные условия условного экстремума. Функция Лагранжа, ограничения типа равенств, исследование точек на экстремум. Базовые алгоритмы решения задач условной оптимизации.	2	ПК-1
	Итого	2	
5 Программные средства для решения оптимизационных задач	Применение пакета программ Optimization toolbox из MATLAB для решения типовых оптимизационных задач.	0	ПК-1
	Итого	-	
Итого за семестр		8	
Итого		8	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			

Согласована на портале № 72915

1 Общая постановка задачи оптимизации	Общее понятие оптимизации. Необходимые условия для постановки задачи оптимизации. Общая формулировка задач оптимизации.	2	ПК-1
	Итого	2	
2 Аналитические и численные методы безусловной оптимизации функций одной переменной	Необходимые и достаточные условия экстремума функций одной переменной. Методы нулевого и первого порядка для решения задач оптимизации функции одной переменной.	2	ПК-1
	Итого	2	
3 Аналитические и численные методы безусловной оптимизации функций многих переменных	Постановка задачи безусловной оптимизации функции многих переменных. Матрица Гессе, квадратичные формы, условия безусловного экстремума, исследование точек экстремумов. Базовые алгоритмы решения задач безусловной оптимизации	2	ПК-1
	Итого	2	
4 Аналитические и численные методы оптимизации функций многих переменных с учетом ограничений	Необходимые и достаточные условия условного экстремума. Функция Лагранжа, ограничения типа равенств, исследование точек на экстремум. Базовые алгоритмы решения задач условной оптимизации.	2	ПК-1
	Постановка задачи линейного программирования (ЛП). Прямая и двойственная задача ЛП. Графическое решение задачи ЛП. Симплекс метод для решения задачи ЛП.	2	ПК-1
	Итого	4	
Итого за семестр		10	
Итого		10	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
2 Аналитические и численные методы безусловной оптимизации функций одной переменной	Поиск экстремума функции одной переменной.	4	ПК-1
	Итого	4	
3 Аналитические и численные методы безусловной оптимизации функций многих переменных	Поиск экстремума функции двух переменных без ограничений	4	ПК-1
	Итого	4	

Согласована на портале № 72915

4 Аналитические и численные методы оптимизации функций многих переменных с учетом ограничений	Решение прямой и обратной задачи линейного программирования .	4	ПК-1
	Поиск экстремума функции двух переменных с учетом ограничений.	4	ПК-1
	Итого	8	
5 Программные средства для решения оптимизационных задач	Изучение основ работы с пакетом программ Optimization Toolbox в среде MATLAB	2	ПК-1
	Итого	2	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
3 семестр				
1 Общая постановка задачи оптимизации	Подготовка к зачету	4	ПК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1	Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	4	ПК-1	Контрольная работа
	Итого	12		
2 Аналитические и численные методы безусловной оптимизации функций одной переменной	Подготовка к зачету	4	ПК-1	Зачёт
	Подготовка к контрольной работе	4	ПК-1	Контрольная работа
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	13	ПК-1	Лабораторная работа
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1	Тестирование
	Итого	25		
3 Аналитические и численные методы безусловной оптимизации функций многих переменных	Подготовка к зачету	4	ПК-1	Зачёт
	Подготовка к контрольной работе	4	ПК-1	Контрольная работа
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	13	ПК-1	Лабораторная работа
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1	Тестирование
	Итого	25		

Согласована на портале № 72915

4 Аналитические и численные методы оптимизации функций многих переменных с учетом ограничений	Подготовка к зачету	4	ПК-1	Зачёт
	Подготовка к контрольной работе	4	ПК-1	Контрольная работа
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	13	ПК-1	Лабораторная работа
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1	Тестирование
	Итого	25		
5 Программные средства для решения оптимизационных задач	Подготовка к зачету	4	ПК-1	Зачёт
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	13	ПК-1	Лабораторная работа
	Подготовка к тестированию	4	ПК-1	Тестирование
	Итого	21		
Итого за семестр		108		
Итого		108		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-1	+	+	+	+	Зачёт, Контрольная работа, Лабораторная работа, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
3 семестр				
Зачёт	0	0	20	20
Контрольная работа	10	10	10	30
Лабораторная работа	10	10	10	30
Тестирование	0	0	20	20
Итого максимум за период	20	20	60	100
Нарастающим итогом	20	40	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Согласована на портале № 72915

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Методы оптимизации: Учебное пособие / А. А. Мицель, А. А. Шелестов, В. В. Романенко - 2017. 198 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7045.

2. Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах : учебное пособие / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. — 4-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-1887-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа: для авториз. пользователей. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/67460.

3. Лесин, В. В. Основы методов оптимизации : учебное пособие / В. В. Лесин, Ю. П. Лисовец. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 344 с. — ISBN 978-5-8114-1217-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа: для авториз. пользователей. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/212441.

7.2. Дополнительная литература

1. Бабак Л.И., Черкашин М.В. Методы оптимизации в САПР : учеб.-методич. пособие по выполнению лабораторных и самостоятельной работ //Л.И. Бабак, М.В. Черкашин, – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, изд-е 2, перераб. и дополн. –2015. – 78 с. — Текст : электронный // Сайт кафедры КСУП. — Режим доступа: свободный [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://kcup.tusur.ru/index.php?module=%20mod_methodic&command=view&id=138.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Электронный курс "Методы оптимизации" (магистры 27.04.04, 09.04.01) // — Текст : электронный // Система дистанционного обучения ТУСУР. — Режим доступа: для авториз. пользователей [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://sdo.tusur.ru/course/view.php?id=2187.

Согласована на портале № 72915

2. Мицель А. А. Методы оптимизации : учебно-методическое пособие по выполнению контрольных и лабораторных работ / А. А. Мицель, В. В. Романенко, Е. Б. Грибанова. Томск : ФДО, ТУСУР, 2018. 442 с. (для авторизованных пользователей) [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://sdo.tusur.ru/mod/folder/view.php?id=29501.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория САПР: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 321 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Интерактивная доска SmartBOARD;
- Монитор SVGA;
- Монитор 17,0" LG FLATRON L1750SQ SN (10 шт.);
- Проектор LG RD-DX 130;
- ПЭВМ -"PENTIUM-386"- 7;
- Системный блок Intel Cekeron 2.93CHz КС-1 (2 шт.);
- Системный блок Intel Cekeron 2.93CHz КС-3;
- Экран;
- Доска маркерная;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Far Manager;
- Foxit Reader;
- MatLab&SimulinkR2006b;
- Microsoft EXCEL Viewer;
- Microsoft PowerPoint Viewer;

Согласована на портале № 72915

- Microsoft Word Viewer;
- OpenOffice 4;
- Windows 10 Enterprise;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория САПР: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 321 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Интерактивная доска SmartBOARD;
- Монитор SVGA;
- Монитор 17,0" LG FLATRON L1750SQ SN (10 шт.);
- Проектор LG RD-DX 130;
- ПЭВМ -"PENTIUM-386"- 7;
- Системный блок Intel Cekeron 2.93CHz КС-1 (2 шт.);
- Системный блок Intel Cekeron 2.93CHz КС-3;
- Экран;
- Доска маркерная;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Far Manager;
- Foxit Reader;
- MatLab&SimulinkR2006b;
- Mathcad 13, 14;
- Microsoft EXCEL Viewer;
- Microsoft PowerPoint Viewer;
- Microsoft Word Viewer;
- Windows 10 Enterprise;

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:
- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование

Согласована на портале № 72915

звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Общая постановка задачи оптимизации	ПК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Аналитические и численные методы безусловной оптимизации функций одной переменной	ПК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Аналитические и численные методы безусловной оптимизации функций многих переменных	ПК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 72915

4 Аналитические и численные методы оптимизации функций многих переменных с учетом ограничений	ПК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Программные средства для решения оптимизационных задач	ПК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции

Согласована на портале № 72915

2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Точки, в которых первая производная функция одной переменной определена и равна нулю, называются
   1) стационарными точками функции
   2) точками минимума
   3) точками максимума
   4) точками экстремума

2. Точки, в окрестности которых первая производная функции одной переменной меняет свой знак с "плюса" на "минус"
   1) являются точками максимума функции
   2) являются точками минимума функции
   3) не являются точками экстремума
   4) являются точками перегиба

3. Точки, в окрестности которых первая производная функции одной переменной меняет свой знак с "минуса" на "плюс"
   1) являются точками минимума функции
   2) являются точками максимума функции
   3) не являются точками экстремума
   4) являются точками перегиба

4. Если в стационарных точках функции одной переменной вторая производная определена и положительна, то это
   1) точки максимума
   2) точки минимума
   3) точки перегиба
   4) точки в которых функция обращается в ноль

5. Градиентом функции многих переменных называется
   1) вектор, компонентами которого являются частные производные этой функции
   2) матрица, элементами которой являются частные производные второго порядка

Согласована на портале № 72915

3) скалярное произведение вектора, компонентами которого являются частные производные этой функции,

4) на вектор произвольных приращений независимых переменных

6. В стационарной точке функции многих переменных имеет место минимум, если в этой точке
   1) все угловые миноры матрицы Гессе положительные
   2) все угловые миноры матрицы Гессе отрицательные
   3) угловые миноры матрицы Гессе меняют знак с плюса на минус
   4) все угловые миноры матрицы Гессе равны нулю

7. В стационарной точке функции многих переменных имеет место максимум, если в этой точке
   1) угловые миноры матрицы Гессе, начиная с первого, отрицательного, меняют знак с минуса на плюс
   2) все угловые миноры матрицы Гессе положительные
   3) угловые миноры матрицы Гессе меняют знак с плюса на минус
   4) все угловые миноры матрицы Гессе равны нулю

8. Элементами матрицы Гессе являются функции многих переменных скалярное произведение градиента функции на вектор произвольных приращений независимых переменных
   1) частные производные второго порядка функции
   2) частные производные первого порядка функции
   3) координаты стационарных точек функции
   4) координаты точек в которых функция равна нулю

9. В стационарной точке функции многих переменных имеет место перегиб, если в этой точке
   1) угловые миноры матрицы Гессе, начиная с первого, отрицательного, меняют знак с минуса на плюс
   2) все угловые миноры матрицы Гессе положительные
   3) угловые миноры матрицы Гессе отрицательные
   4) все угловые миноры матрицы Гессе равны нулю

10. Для функции $f(\vec{x}) = \frac{(x_1-3)^2}{4} + \frac{(x_2-2)^2}{9}$ в точке x = [3; 2]
    1) имеет место минимум функции
    2) определитель матрицы Гессе > 0
    3) значение функции в этой точке равно нулю
    4) вторые смешанные производные равны нулю

11. Для задачи на условный экстремум $f(\vec{x}) = (x_1-1)^2 + (x_2-1)^2 \to extr,$ $при \quad x_1 + x_2 = 2$ функция Лагранжа имеет вид:

    1) $L(\vec{x}, \vec{\lambda}) = \lambda_0\left[(x_1-1)^2 + (x_2-1)^2\right] + \lambda_1(x_1 + x_2 - 2)$

    2) $L(\vec{x}, \vec{\lambda}) = \lambda_0\left[(x_1-1)^2 + (x_2-1)^2\right] - 2\lambda_1$

Согласована на портале № 72915

3) $L(\vec{x},\bar{\lambda}) = \lambda_0\left[(x_1-1)^2+(x_2-1)^2\right] + \lambda_1(x_1+x_2)$

4) $L(\vec{x},\bar{\lambda}) = \lambda_0(x_1-1)^2 + \lambda_1(x_2-1)^2 + \lambda_2(x_1+x_2-2)$

12. При решении задач на условный экстремум для функций многих переменных при наличии ограничений типа равенств методом неопределенных множителей Лагранжа, количество этих множителей
    1) на единицу больше чем количество ограничений
    2) равно количеству ограничений
    3) равно количеству независимых переменных
    4) меньше чем количество ограничений

13. При решении методом неопределенных множителей Лагранжа задачи на условный экстремум

$f(\vec{x}) = (x_1-1)^2+(x_2-1)^2 \to extr,$

$при \quad x_1+x_2=2$

координаты стационарных точек можно найти из решения системы уравнений

1) $\begin{cases} 2(x_1-1)+\lambda_1=0, \\ 2(x_2-1)+\lambda_1=0, \\ \lambda_1(x_1+x_2-2)=0. \end{cases}$

2) $\begin{cases} 2(x_1-1)+\lambda_1=0, \\ 2(x_2-1)+\lambda_1=0, \\ \lambda_1(x_1+x_2)=2. \end{cases}$

3) $\begin{cases} 2(x_1-1)-\lambda_1=0, \\ 2(x_2-1)-\lambda_1=0, \\ \lambda_1(x_1+x_2-2)=0. \end{cases}$

4) среди предложенных вариантов нет правильного ответа

14. Золотым сечением отрезка [a, b] называется деление этого отрезка некоторой точкой x так,
что выполняется условие

1) $\frac{b-a}{b-x}=\frac{b-x}{x-a}$

2) $\frac{b-a}{b-x}=\frac{3}{2}$

3) $x = \frac{b - a - \delta}{2}$

4) (a - b) / 2 = 1,618

15. Метод Ньютона для решения задач на безусловный экстремум для функции $f(\vec{x})$ заключается в построении сходящейся к точке минимума последовательности $\vec{x}^k$ такой, что

1) $\vec{x}^{k+1} = \vec{x}^k - t_k \nabla f\left(\vec{x}^k\right)$, где t_k, $\nabla f\left(\vec{x}^k\right)$ - шаг поиска и градиент функции соответственно,
причем шаг выбирается из требования убывания значения функции на каждом шаге

2) $\vec{x}^{k+1} = \vec{x}^k - \nabla f\left(\vec{x}^k\right)$, где $\nabla f\left(\vec{x}^k\right)$ - градиент функции

3) $\vec{x}^{k+1} = \vec{x}^k + \nabla f\left(\vec{x}^k\right)$, где $\nabla f\left(\vec{x}^k\right)$ - градиент функции

4) среди предложенных вариантов нет правильного ответа

16. Метод градиентного спуска для решения задач на безусловный экстремум для функции $f(\vec{x})$ заключается в построении сходящейся к точке минимума последовательности $\vec{x}^k$ такой, что

1) $\vec{x}^{k+1} = \vec{x}^k - t_k \nabla f\left(\vec{x}^k\right)$, где t_k, $\nabla f\left(\vec{x}^k\right)$ - шаг поиска и градиент функции соответственно,
причем шаг выбирается из требования убывания значения функции на каждом шаге

2) $\vec{x}^{k+1} = \vec{x}^k + \nabla f\left(\vec{x}^k\right)$, где $\nabla f\left(\vec{x}^k\right)$ градиент функции

3) $\vec{x}^{k+1} = \vec{x}^k - \nabla f\left(\vec{x}^k\right)$, где $\nabla f\left(\vec{x}^k\right)$ - градиент функции

4) среди предложенных вариантов нет правильного ответа

17. Классический метод решения задачи на условный экстремум с ограничениями типа равенств заключается в том, что
1) из уравнений в системе ограничений столько переменных, сколько имеется ограничений, выражаются через
оставшиеся переменные, после чего подстановкой этих выражений в целевую функцию задача сводится к
задаче на безусловный экстремум
2) для решения применяют метод неопределенных множителей Лагранжа
3) для решения применяют метод штрафных функций
4) среди предложенных вариантов нет правильного ответа

18. Пусть функция от двух переменных f(x, y) непрерывна вместе со своими частными производными первого и второго порядка в некоторой окрестности стационарной точки (x0, y0). Если определитель матрица Гессе det(H(x0,y0)) в точке (x0, y0) больше нуля и ее элемент H11 > 0
1) то это точка максимума

2) то это точка минимума
3) то это седловая точка
4) нужны дополнительные исследования

19. Пусть функция от двух переменных f(x, y) непрерывна вместе со своими частными производными первого и второго порядка в некоторой окрестности стационарной точки (x0, y0). Если определитель матрица Гессе det(H(x0,y0)) в точке (x0, y0) больше нуля и ее элемент H11 < 0
    1) то это точка максимума
    2) то это точка минимума
    3) то это седловая точка
    4) нужны дополнительные исследования

20. Пусть функция от двух переменных f(x, y) непрерывна вместе со своими частными производными первого и второго порядка в некоторой окрестности стационарной точки (x0, y0). Если определитель матрица Гессе det(H(x0,y0)) в точке (x0, y0) меньше нуля и ее элемент H11 > 0
    1) то это точка максимума
    2) то это точка минимума
    3) то это седловая точка
    4) нужны дополнительные исследования

21. Вектор градиента скалярной функции многих переменных указывает
    1) направление наискорейшего роста функции
    2) направление убывания функции
    3) направление роста функции
    4) направление наискорейшего убывания функции

22. Вектор антиградиента скалярной функции многих переменных указывает
    1) направление наискорейшего роста функции
    2) направление убывания функции
    3) направление роста функции
    4) направление наискорейшего убывания функции

9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Понятие экстремума функции одной переменной. «Подозрительные» на экстремум точки. Необходимое условие экстремума функции одной переменной.
2. Унимодальные функции одной переменной. Свойства унимодальных функций.
3. Первое достаточное условие экстремума функции одной переменной
4. Второе достаточное условие экстремума функции одной переменной. Исследование производных высших порядков
5. Выпуклые функции одной переменной. Критерий выпуклости функций одной переменной. Исследование первой производной
6. Выпуклые функции многих переменных. Необходимое и достаточное условие минимума гладких выпуклых функций, заданных на выпуклом множестве
7. Численные методы поиска экстремума функции одной переменной. Классический метод. Метод равномерного поиска
8. Численные методы поиска экстремума функции одной переменной. Классический метод. Метод поразрядного поиска
9. Численные методы поиска экстремума функции одной переменной. Классический метод. Метод деления отрезка пополам
10. Численные методы поиска экстремума функции одной переменной. Классический метод. Метод золотого сечения
11. Численные методы поиска экстремума функции одной переменной. Классический метод. Метод Фибоначчи

Согласована на портале № 72915

12. Численные методы поиска экстремума функции одной переменной. Классический метод. Метод парабол
13. Численные методы поиска экстремума функции одной переменной. Классический метод. Метод Ньютона□Рафсона
14. Численные методы поиска экстремума функции одной переменной. Классический метод. Метод средней точки (Больцано)
15. Численные методы поиска экстремума функции нескольких переменных. Метод покоординатного спуска.
16. Численные методы поиска экстремума функции нескольких переменных. Метод наискорейшего спуска.
17. Численные методы поиска экстремума функции нескольких переменных. Метод градиентного спуска.
18. Численные методы поиска экстремума функции нескольких переменных. Метод Ньютона.
19. Численные методы поиска экстремума функции нескольких переменных. Метод Хука□Дживса
20. Численные методы поиска экстремума функции нескольких переменных. Симплексный метод Нелдера□Мида.
21. Прямая задача линейного программирования. Принцип графического решения
22. Двойственная задача линейного программирования. Переход к прямой задаче. Принцип графического решения

9.1.3. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Нахождение экстремума функции одной переменной. Пример задания на контрольную работу:
   Дана f(x)= 5x^6 – 36x^5 + 82.5x^4 – 60x^3 + 36
   1) исследовать заданную функцию f(x) на особые точки аналитическим методом.
   2) построить графики f(x) и f ’(x), отметить на них найденные особые точки.
   3) оформить отчет
2. Нахождение экстремума функции одной переменной. Пример задания на контрольную работу:
   Дана f(x)= 5x^6 – 36x^5 + 82.5x^4 – 60x^3 + 36
   1) Выполнить 2 итерации методом Ньютона. Оценить точность найденного решения. Начальная точка x0 = -2.
   2) построить графики f(x) и f ’(x), отметить на них найденные точки.
   3) оформить отчет
3. Нахождение экстремума функции двух переменных. Пример задания на контрольную работу:
   Дана функция z(x,y)= x^2 + xy + y^2 – 3x – 3y + 5
   1) аналитическим методом исследовать функцию z(x, y) на экстремумы,
   т.е. найти особые точки и определить их тип – максимум, минимум или седловая точка.
   2) построить: а) 3D график функции z(x, y); б) линии уровня z(x, y) = const на плоскости (x, y). Отметить на графике с линиями уровня z(x, y) найденные особые точки (можно делать в MATLAB или MathCAD). Ограничиться областью изменения переменных x□[-5; 5]; y□[-5; 5]
   3) оформить отчет
4. Нахождение экстремума функции двух переменных. Пример задания на контрольную работу:
   Дана функция z(x,y)= x^2 + xy + y^2 – 3x – 3y + 5
   1) Выполнить 2 итерации заданным методом - метод градиентного спуска. Принять начальная точка (x0;y0) = [-1; 1].
   шаг d =1; коэффициент уменьшения шага a = 2; Оценить точность найденного решения.
   2) построить: а) 3D график функции z(x, y); б) линии уровня z(x, y) = const на плоскости (x, y). Отметить на графике с линиями уровня z(x, y) найденные точки (можно делать в MATLAB или MathCAD).
   Ограничиться областью изменения переменных x□[-5; 5]; y□[-5; 5]
   3) оформить отчет

Согласована на портале № 72915

5. Решение задачи линейного программирования графическим методом.
   Пример задания на контрольную работу:
   Предприятие электронной промышленности выпускает две модели радиоприемников, причем каждая модель производится на отдельной технологической линии (первое изделие на первой техн.линии, второе – на второй). Суточный объем производства первой линии – 60 изделий, второй линии – 75 изделий. На радиоприемник первой модели расходуется 10 однотипных элементов электронных схем, на радиоприемник второй модели – 8 таких же элементов. Максимальный суточный запас используемых элементов равен 800 единицам.
   Прибыль от реализации одного радиоприемника первой и второй модели равна 300 и 200 рублей соответственно.
   Определить оптимальный суточный объем производства первой и второй моделей.
   (сформировать математическую модель, решить графическим методом)

9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Поиск экстремума функции одной переменной.
2. Поиск экстремума функции двух переменных без ограничений
3. Решение прямой и обратной задачи линейного программирования .
4. Поиск экстремума функции двух переменных с учетом ограничений.
5. Изучение основ работы с пакетом программ Optimization Toolbox в среде MATLAB

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Согласована на портале № 72915

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;
– в печатной форме с увеличенным шрифтом;
– в форме электронного документа;
– методом чтения ассистентом задания вслух;
– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 72915

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КСУП
протокол № 8 от « 3 » 2 2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. КСУП	Ю.А. Шурыгин	Согласовано, 86bee96a-108e-4833-aead-5229de651610
Заведующий обеспечивающей каф. КСУП	Ю.А. Шурыгин	Согласовано, 86bee96a-108e-4833-aead-5229de651610
И.О. начальника учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. КСУП	Т.Е. Григорьева	Согласовано, d848614c-1d2f-4e32-b86c-1029abc0b2d5
Доцент, каф. КСУП	Н.Ю. Хабибулина	Согласовано, 127794aa-ac54-4444-9122-130bd40d9285

РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. КСУП	М.В. Черкашин	Разработано, f6a9f90a-ccca-411f-a4cd-bc6a4d4c3de9

Согласована на портале № 72915