

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева»
АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

_____ Глебов В.В.
« 13 » _____ мая 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.14 Методы оптимизации

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки 01.03.04 Прикладная математика

(код и направление подготовки)

Направленность Математическое и программное обеспечение систем обработки информации

(наименование профиля, программы магистратуры)

и управления

Форма обучения очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки 2022

Объем дисциплины 72/2

(часов/з.е)

Промежуточная аттестация зачет

(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Выпускающая кафедра Прикладная математика

(наименование кафедры)

Кафедра-разработчик Прикладная математика

(наименование кафедры)

Разработчик(и): Зюзина Наиля Юрьевна

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

г. Арзамас
2022 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика, утвержденного приказом Минобрнауки России от 10 января 2018 № 11 на основании учебного плана, принятого Ученым советом АПИ НГТУ, протокол от 17.03.2022 г. № 2

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика, протокол от 12.05.2022 № 3/1
Заведующий кафедрой _____ Пакшин П.В.
(подпись) *(ФИО)*

Рабочая программа рекомендована к утверждению УМК АПИ НГТУ,
протокол от 13.05.2022 г. № 18
Зам. директора по УР _____ Шурыгин А.Ю.
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в учебном отделе № 01.03.04 - 14
Начальник УО _____ Мельникова О.Ю.
(подпись)

Заведующая отделом библиотеки _____ Старостина О.Н.
(подпись)

Оглавление

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	4
1.1. Цель освоения дисциплины (модуля)	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)	4
МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
2. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	4
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	5
4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам	6
4. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	7
5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания	7
5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины	12
5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости	12
5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине	12
5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине	15
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	17
6.1 Основная литература	17
6.2 Дополнительная литература	17
6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям	17
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	17
7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы	17
7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины	17
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	17
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)	18
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	19
10.1 Общие методические рекомендации для студентов по освоению дисциплины, образовательные технологии	19
10.2 Методические указания для занятий лекционного типа	19
10.3 Методические указания по освоению дисциплины на занятиях практического типа	19
10.4 Методические указания по самостоятельной работе студентов	20
10.5 Методические указания по обеспечению образовательного процесса	20

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Цель освоения дисциплины (модуля)

Целью учебной дисциплины «Методы оптимизации» является изучение теории оптимизации и получение студентами навыков решения оптимизационных задач.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)

Задачами дисциплины являются:

- изучить классификацию методов оптимизации;
- знать сферы применения различных методов оптимизации;
- уметь решать различные оптимизационные задачи;
- знать аналитические и численные методы оптимизации;
- владеть навыками использования современных компьютерных технологий для решения оптимизационных задач.

МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Методы оптимизации» относится к обязательной части ОП ВО.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Исследование операций».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин «Специальные численные методы», «Вычислительная математика» и при выполнении выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Методы оптимизации» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

2. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины «Методы оптимизации» направлен на формирование элементов общепрофессиональной компетенции ОПК-2 в соответствии с ОП ВО по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика».

Таблица 3.1 – Формирование компетенций дисциплинами

Код компетенции / наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины							
	Компетенции берутся из УП по направлению подготовки бакалавра							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ОПК-2								
Дифференциальные уравнения			✓					
Дискретная математика			✓					
Математическое моделирование						✓		
Теория графов и математическая логика						✓		
Методы оптимизации						✓		
Теория управления							✓	
Преддипломная практика								✓
Выполнение и защита ВКР								✓

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Методы оптимизации», соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП, представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми

результатами освоения ОП

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
		Знать:	Уметь:	Владеть:
ОПК-2 Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем.	ИОПК-2.2. Выбирает и дорабатывает математические методы и модели для решения исследовательских и проектных задач, осуществляет проверку адекватности модели.	Знать: - основные определения и утверждения теории оптимизации - классификацию оптимизационных задач.	Уметь: - составить математическую модель прикладной задачи. - найти подходящий метод решения оптимизационной задачи.	Владеть: - навыками использования различных методов оптимизации для исследовательских и проектных задач.
	ИОПК-2.3. Применяет для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществляет анализ результатов моделирования, оценки надежности и качества функционирования систем.	Знать: - сферу применения методов оптимизации для решения различных исследовательских и проектных задач.	Уметь: - использовать современные прикладные программные средства для решения исследовательских и проектных задач; - осуществлять анализ результатов моделирования, оценки надежности и качества функционирования систем, полученных на основе математических моделей оптимизации.	Владеть: - навыками создания математической модели при решении исследовательских и проектных задач.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зач. ед. или 72 часа, распределение часов по видам работ по семестрам представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очной формы обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		6 семестр
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	72	72
1. Контактная работа:	36	36
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	32	32
занятия лекционного типа (Л)	16	16
занятия семинарского типа (ПЗ – семинары, практические занятия и др.)	16	16
лабораторные работы (ЛР)		
1.2. Внеаудиторная, в том числе	4	4
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
2. Самостоятельная работа (СРС)	36	36
реферат/эссе (подготовка)		

расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	18	18
Подготовка к экзамену (контроль)*		
Подготовка к <u>зачету</u> / зачету с оценкой (контроль)	18	18

4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам

Таблица 4.2 – Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов очной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов	
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия		
6 семестр						
ОПК-2 ИОПК-2.2 ИОПК-2.3	Раздел 1. Предмет и задачи методов оптимизации					
	Тема 1.1. Формулировка и классификация задач оптимизации.	2			1	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1]
	Тема 1.2. Принципы и примеры моделирования экономических и технических задач в форме задач оптимизации.					
	Итого по 1 разделу	2		-	1	
	Раздел 2. Общие принципы минимизации функции одной переменной					
	Тема 2.1. Понятие локального и глобального минимума.	2			1	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1]
	Тема 2.2. Унимодальные функции и их основные свойства.					
	Тема 2.3. Выпуклые множества, функции и их основные свойства.					
	Практическая работа № 1. Локальный и глобальный экстремум функции.			2	1	Подготовка к практическим занятиям [6.1.2], [6.3.1]
	Итого по 2 разделу	2		2	2	
	Раздел 3. Прямые методы минимизации функции одной переменной					
	Тема 3.1. Общая характеристика и классификация. Метод перебора. Метод поразрядного поиска.	3			1	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1]
	Тема 3.2. Методы исключения отрезков (первый и второй методы дихотомии, метод золотого сечения).					
	Тема 3.3. Методы оптимизации, основанные на аппроксимации функций (метод парабол).					
	Практические работы № 2-3. Прямые методы одномерной минимизации (метод перебора, метод поразрядного поиска, методы дихотомии)			4	3	Подготовка к практическим занятиям [6.1.2], [6.3.1]
Итого по 3 разделу	3		4	4		
Раздел 4. Методы минимизации функции одной переменной, использующие производные						
Тема 4.1. Общая характеристика и классификация. Метод средней точки. Метод хорд.	3			1	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1]	
Тема 4.2. Метод Ньютона (метод касательных).						
Тема 4.3. Методы, основанные на аппроксимации функций (метод кубической аппроксимации).						
Практические работы № 4-5. Методы минимизации			4	3	Подготовка к	

функции одной переменной, использующие производные					практическим занятиям [6.1.2], [6.3.1]
Итого по 4 разделу	3		4	4	
Раздел 5. Общие принципы минимизации функции нескольких переменных					
Тема 5.1. Понятие минимизирующей последовательности. Теорема Вейерштрасса о существовании точки глобального минимума. Тема 5.2. Рекуррентные процессы. Понятие и свойства исчерпывающего спуска.	2			1	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1]
Итого по 5 разделу	2			1	
Раздел 6. Прямые методы минимизации функции нескольких переменных					
Тема 6.1. Общая характеристика и классификация. Метод циклического покоординатного спуска. Метод Хука-Дживса. Тема 6.2. Метод случайного поиска. Метод сопряженных направлений (метод ортогональных направлений).	3			1	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1]
Практические работы № 6-7. Прямые методы многомерной минимизации.			4	2	Подготовка к практическим занятиям [6.1.2], [6.3.1]
Итого по 6 разделу	3		4	3	
Раздел 7. Градиентные методы минимизации функции нескольких переменных					
Тема 7.1. Общая характеристика и классификация. Метод градиентного спуска. Тема 7.2. Метод сопряженных градиентов (метод ортогональных градиентов). Многомерный метод Ньютона. Формулы для частного квадратического случая.	3			1	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1]
Практические работы № 8-9. Градиентные методы многомерной минимизации.			4	2	Подготовка к практическим занятиям [6.1.2], [6.3.1]
Итого по 7 разделу	3		4	3	
Итого по дисциплине	18		18	18	

Используемые активные и интерактивные технологии приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Используемые активные и интерактивные образовательные технологии

Вид занятий	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
Лекции	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии
Практические занятия	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии Тестовые технологии Технологии работы в малых группах Технология коллективной работы Информационно-коммуникационные технологии

4. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Критерии оценивания результатов обучения и процедуры оценивания компетенций, формируемых в рамках данной дисциплины, приводятся в табл. 5.4.

Оценочные процедуры в рамках текущего контроля проводятся преподавателем дисциплины. На лекциях оценивается активность участия в дискуссионных обсуждениях.

Практические занятия проводятся в форме выполнения индивидуальных заданий. При выполнении индивидуального практического задания преподавателем оценивается качество выполненного задания, срок его выполнения, качество и срок оформления отчета, ответы на вопросы преподавателя.

Самостоятельная работа включает подготовку к теоретическим вопросам дисциплины и отчетов по практическим занятиям, тестирование.

Тестирование проводится с использованием СДО MOODLE в рамках самостоятельной работы.

Тест содержит 20 тестовых вопросов (время на проведение тестирования 30 минут). На тест дается 2 попытки.

Студент допускается к промежуточной аттестации, если в результате изучения разделов дисциплины ответил верно на 70% вопросов тестов, выполнил контрольную работу и предоставил отчеты по всем практическим работам.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1. Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2.

Таблица 5.1 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания		Форма контроля	
			0 баллов	1 баллов		
ОПК-2 Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем	ИОПК-2.2. Выбирает и дорабатывает математические методы и модели для решения исследовательских и проектных задач, осуществляет проверку адекватности модели.	Знать: - основные определения и утверждения теории оптимизации - классификацию оптимизационных задач.	Теоретический материал не изучен или изучен частично. Верно выполнено менее 70% вопросов каждого теста.	Теоретический материал изучен. Верно выполнено 70% и более вопросов каждого теста.	Устное собеседование по вопросам Участие в групповых обсуждениях Тестирование по разделам дисциплины в СДО MOODLE	
		Уметь: - составить математическую модель прикладной задачи. - найти подходящий метод решения оптимизационной задачи.	Практические задания не выполнены или выполнены частично.	Практические задания выполнены полностью.		Контроль выполнения практических заданий (см. табл. 4.2)
		Владеть: - навыками использования различных методов оптимизации для исследовательских и проектных задач.	Практические задания выполнены некачественно и/или не в срок.	Практические задания выполнены качественно и в срок.		
	ИОПК-2.3. Применяет для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществляет анализ результатов моделирования, оценки надежности и качества функционирования систем.	Знать: - сферу применения методов оптимизации для решения различных исследовательских и проектных задач.	Теоретический материал не изучен или изучен частично. Верно выполнено менее 70% вопросов каждого теста.	Теоретический материал изучен. Верно выполнено 70% и более вопросов каждого теста.	Устное собеседование по вопросам Участие в групповых обсуждениях Тестирование по разделам дисциплины в СДО MOODLE	
		Уметь: - использовать современные прикладные программные средства для решения исследовательских и проектных задач; - осуществлять анализ результатов моделирования, оценки надежности и качества функционирования систем,	Практические задания не выполнены или выполнены частично.	Практические задания выполнены полностью.		Контроль выполнения практических заданий (см. табл. 4.2)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания		Форма контроля
			0 баллов	1 баллов	
		полученных на основе математических моделей оптимизации			
		Владеть: - навыками создания математической модели при решении исследовательских и проектных задач.	Практические задания выполнены некачественно и/или не в срок.	Практические задания выполнены качественно и в срок.	Контроль выполнения практических заданий (см. табл. 4.2)

Таблица 5.2 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации (зачет)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания			Форма контроля
			0 баллов	1 балл	2 балла	
ОПК-2 Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем	ИОПК-2.2. Выбирает и дорабатывает математические методы и модели для решения исследовательских и проектных задач, осуществляет проверку адекватности модели.	Знать: - основные определения и утверждения теории оптимизации - классификацию оптимизационных задач.	Ответ на вопрос отсутствует	Представлен не полный ответ на вопрос	Представлен развернутый ответ на вопрос	Ответ на теоретический вопрос билета
			Ответ на вопрос отсутствует	Представлен не полный ответ на вопрос	Представлен развернутый ответ на вопрос	Ответы на дополнительные вопросы
		Уметь: - составить математическую модель прикладной задачи. - найти подходящий метод решения оптимизационной задачи. Владеть: - навыками использования различных методов оптимизации для исследовательских и проектных задач.	Задание не решено	Задание решено с ошибками	Задание решено верно	Решение задач билета
	ИОПК-2.3. Применяет для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществляет анализ результатов моделирования, оценки надежности и качества функционирования систем.	Знать: - сферу применения методов оптимизации для решения различных исследовательских и проектных задач	Ответ на вопрос отсутствует	Представлен не полный ответ на вопрос	Представлен развернутый ответ на вопрос	Ответ на теоретический вопрос билета
			Ответ на вопрос отсутствует	Представлен не полный ответ на вопрос	Представлен развернутый ответ на вопрос	Ответы на дополнительные вопросы
		Уметь: - использовать современные прикладные программные средства для решения исследовательских и проектных задач; - осуществлять анализ результатов моделирования, оценки надежности и качества функционирования систем, полученных на основе математических моделей оптимизации Владеть: - навыками создания математической модели при решении исследовательских и проектных задач.	Задание не решено	Задание решено с ошибками	Задание решено верно	Решение задач билета

Таблица 5.3 – Соответствие набранных баллов и оценки за промежуточную аттестацию (зачет)

Баллы за текущую успеваемость*	Баллы за промежуточную аттестацию		Оценка
	Суммарное количество баллов**	Баллы за решение задач**	
0	0-1	0-1	«не зачтено»
1	1-2	1-2	«зачтено»

*) количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.1.

**) количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.2.

5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины

5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости

Типовые задания к практическим занятиям

Практические занятия раздела 1 по теме «Градиентные методы многомерной минимизации»

Примерные варианты типовых задач:

Исследовать на экстремум функции (по вариантам), применяя: метод градиентного спуска, метод наискорейшего спуска и метод сопряженных градиентов

$$1) f(x) = 64x_1^2 + 126x_1x_2 + 64x_2^2 - 10x_1 + 30x_2 + 13$$

$$2) f(x) = 129x_1^2 - 256x_1x_2 + 129x_2^2 - 51x_1 - 149x_2 - 27$$

$$3) f(x) = 254x_1^2 + 506x_1x_2 + 254x_2^2 + 50x_1 + 130x_2 - 111$$

$$4) f(x) = 151x_1^2 - 300x_1x_2 + 151x_2^2 + 33x_1 + 99x_2 + 48$$

$$5) f(x) = 85x_1^2 + 168x_1x_2 + 85x_2^2 + 29x_1 - 51x_2 + 83$$

$$6) f(x) = 211x_1^2 - 420x_1x_2 + 211x_2^2 - 192x_1 + 50x_2 - 25$$

$$7) f(x) = 194x_1^2 + 376x_1x_2 + 194x_2^2 + 31x_1 - 229x_2 + 4$$

$$8) f(x) = 45x_1^2 - 88x_1x_2 + 45x_2^2 + 102x_1 + 268x_2 - 21$$

$$9) f(x) = 99x_1^2 + 196x_1x_2 + 99x_2^2 - 95x_1 - 9x_2 + 91$$

Точность $\varepsilon = 10^{-3}$. Сравнить методы по точности и кол-ву итераций.

5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: зачет, проводится в устно-письменной форме по билетам, также учитываются результаты текущей успеваемости (отчет по практическим занятиям, собеседование по теории на практических занятиях и лекциях) или тест.

Типовые тестовые задания

Задание 1. Укажите наиболее полное определение:

- A) Экстремальной задачей называется задача нахождения минимума некоторой функции;
- B) Экстремальной задачей называется задача нахождения максимума некоторой функции по переменным, удовлетворяющим некоторым ограничениям;
- C) Экстремальной задачей называется задача нахождения минимума или максимума некоторой функции по переменным, удовлетворяющим некоторым ограничениям.

Задание 2. Множество точек глобального минимума функции может быть:

- A) пустым;
- B) конечным;
- C) счетным;
- D) бесконечным.

Задание 3. Выберите унимодальные функции:

- I. Прямая на произвольном отрезке $[a, b]$ двумерной плоскости;
- II. Синус аргумента на произвольном отрезке длины 2π ;
- III. Парабола с направленными вверх ветвями на произвольном отрезке $[a, b]$.

Задание 4. Какие из нижеприведенных утверждений справедливы?

- I. Всякая выпуклая функция является унимодальной.
 - II. Всякая унимодальная функция является выпуклой.
 - III. Всякая выпуклая функция на своей области определения имеет глобальный минимум.
- A) только II;
 - B) только I;
 - C) I и II;
 - D) II и III;
 - E) I, II и III;
 - F) I и III.

Задание 5. Прямые методы оптимизации – это:

- A) Методы вычисления минимума или максимума для класса линейных функций;
- B) Методы оптимизации, не требующие вычисления производной функции;
- C) Методы оптимизации, для использования которых достаточно знать или уметь вычислять значение функции в произвольных точках;
- D) Методы оптимизации при наличии ограничений в виде линейных функций..

Задание 6. Метод перебора для минимизации функций одной переменной:

- A) позволяет достаточно быстро получить грубое решение;
- B) при жестких требованиях к точности приводит к большим вычислительным затратам;
- C) имеет простую программную реализацию.

Задание 7. Методы исключения отрезков для минимизации функции одной переменной включают:

- A) метод поразрядного поиска;
- B) первый метод дихотомии;
- C) второй метод дихотомии;
- D) метод «золотого сечения».

Задание 8. Какие из нижеприведенных утверждений справедливы для методов оптимизации, основанных на аппроксимации?

- A) Минимум полинома, аппроксимирующего минимизируемую функцию, принимается за минимум данной функции;
- B) Чем ниже порядок аппроксимирующего полинома, тем выше точность;
- C) Чем больше отрезок аппроксимации, тем выше точность;
- D) Количество точек, в которых необходимо знать значение минимизируемой функции, зависит от порядка аппроксимирующего полинома.

Задание 9. Какие из нижеприведенных утверждений справедливы?

Благодаря методам оптимизации, использующим производные, можно:

- I. повысить точность поиска минимума.
- II. сократить количество вычислений при поиске минимума.
- III. решить больше задач по сравнению с прямыми методами оптимизации.

- А) только III;
- В) только I;
- С) I и III;
- Д) I и II;
- Е) I, II и III.

Задание 10. Метод хорд основан на построении хорд к графику:

- А) минимизируемой функции;
- В) первой производной минимизируемой функции;
- С) второй производной минимизируемой функции.

Задание 11. Метод Ньютона для функции одной переменной основан на построении:

- А) касательных к графику минимизируемой функции;
- В) отрезков на графике первой производной минимизируемой функции;
- С) касательных к графику первой производной минимизируемой функции;
- Д) огибающих к графику минимизируемой функции.

Задание 12. Метод касательных для минимизации функций одной переменной гарантирует высокую сходимость, если:

- А) Точка начального приближения выбрана достаточно близко к точке минимума;
- В) График функции имеет хорошую выпуклость;
- С) Вторая производная минимизируемой функции не определена в точке начального приближения.

Задание 13. В случае многомерной оптимизации, предел минимизирующей последовательности:

- А) равен минимуму функции, если множество точек глобального минимума непустое;
- В) равен точной нижней грани функции, если множество точек глобального минимума пусто;
- С) существует, если функция непрерывна на рассматриваемом сегменте.

Задание 14. Для построения минимизирующей последовательности, основанной на рекуррентных формулах, необходимо задать:

- А) начальную точку;
- В) вектор направления поиска;
- С) шаг поиска.

Задание 15. В случае исчерпывающего спуска, скалярное произведение градиента в следующей точке минимизирующей последовательности и вектора направления поиска в текущей точке:

- А) больше нуля;
- В) равно нулю;
- С) меньше нуля;
- Д) не имеет определенного знака.

Задание 16. Согласно критерию направления убывания, скалярное произведение градиента в текущей точке минимизирующей последовательности и вектора направления поиска в текущей точке:

- А) больше нуля;
- В) равно нулю;
- С) меньше нуля;
- Д) не имеет определенного знака.

Задание 17. Метод циклического покоординатного спуска заключается в последовательной минимизации функции нескольких аргументов по направлениям:

- А) единичных базисных векторов;
- В) градиентов;
- С) антиградиентов;

Задание 18. В алгоритме Хука-Дживса применяется метод исследующего покоординатного поиска, при котором пробные точки выбираются в виде:

- А) вершин ромба с центром в текущей точке;
- В) вершин квадрата с центром в текущей точке;
- С) вершин равностороннего треугольника с центром в текущей точке.

Задание 19. В методе градиентного спуска вектор направления убывания принимают равным:

- А) градиенту;
- В) антиградиенту;
- С) нормированному градиенту;
- Д) нормированному антиградиенту.

Задание 20. Числом обусловленности матрицы A , свидетельствующим о характере линий уровня квадратичной функции нескольких переменных, называется:

- А) минимальное собственное значение данной матрицы;
- В) максимальное собственное значение данной матрицы;
- С) отношение минимального собственного значения данной матрицы к ее максимальному собственному значению;
- Д) отношение максимального собственного значения данной матрицы к ее минимальному собственному значению.

Перечень вопросов и заданий для подготовки к зачету (ИОПК-2.2, ИОПК-2.3.):

1. Примеры задач оптимизации.
2. Общие принципы минимизации функции одной переменной.
3. Понятие унимодальной функции.
4. Прямые методы одномерной оптимизации. Метод перебора.
5. Прямые методы одномерной оптимизации. Алгоритм поразрядного поиска.
6. Прямые методы одномерной оптимизации. Методы дихотомии (1-ый и 2-ой).
7. Прямые методы одномерной оптимизации. Метод золотого сечения.
8. Прямые методы одномерной оптимизации. Методы аппроксимации.
Метод парабол.
9. Методы, использующие производные. Метод средней точки.
10. Методы, использующие производные. Метод хорд.
11. Методы, использующие производные. Метод Ньютона (касательных).
12. Методы, использующие производные. Метод кубической аппроксимации.
13. Общие принципы n -мерной оптимизации. Понятие исчерпывающего спуска.
Критерий направления убывания.
14. Прямые методы n -мерной оптимизации. Метод циклического покоординатного спуска.
15. Прямые методы n -мерной оптимизации. Алгоритм Хука-Дживса.
16. Прямые методы n -мерной оптимизации. Метод случайного поиска.
17. Прямые методы n -мерной оптимизации. Метод сопряженных направлений.
18. Градиентные методы n -мерной оптимизации. Метод градиентного спуска.
19. Градиентные методы n -мерной оптимизации. Метод сопряженных градиентов.
20. Градиентные методы n -мерной оптимизации. Метод Ньютона.

5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине

Процедура оценивания формируемых в рамках дисциплины компетенций (элементов компетенций) состоит из следующих этапов:

1. Текущий контроль (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1, задания в п. 5.2.1).
2. Промежуточная аттестация (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2, задания в п. 5.2.2).

Для всего перечня формируемых компетенций (элементов компетенций) дисциплины приводится процедура оценки результатов обучения (табл. 5.4).

Таблицы 5.4 – Процедура, критерии и методы оценивания результатов обучения

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов				Методы оценивания
	1 критерий – отсутствие усвоения «неудовлетворительно»	2 критерий – не полное усвоение «удовлетворительно»	3 критерий – хорошее усвоение «хорошо»	4 критерий – отличное усвоение «отлично»	
ОПК-2 ИОПК-2.2					
Знать: - основные определения и утверждения теории оптимизации - классификацию оптимизационных задач.	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Участие в обсуждении дискуссионных материалов на лекциях Тестирование Промежуточная аттестация
Уметь: - составить математическую модель прикладной задачи. - найти подходящий метод решения оптимизационной задачи.	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение ПЗ
Владеть: - навыками использования различных методов оптимизации для исследовательских и проектных задач.	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Выполнение ПЗ
ОПК-2 ИОПК-2.3					
Знать: - сферу применения методов оптимизации для решения различных исследовательских и проектных задач.	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Участие в обсуждении дискуссионных материалов на лекциях Тестирование Промежуточная аттестация
Уметь: - использовать современные прикладные программные средства для решения исследовательских и проектных задач; - осуществлять анализ результатов моделирования, оценки надежности и качества функционирования систем, полученных на основе математических моделей оптимизации	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение ПЗ
Владеть: - навыками создания математической модели при решении исследовательских и проектных задач.	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Выполнение ПЗ

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Основная литература

6.1.1 Сухарев А.Г., Тимохов А.В. Курс методов оптимизации. Учебное пособие. - М.: Физматлит, 2008 - 368 с.

6.1.2 Алексеев В.М., Галеев Э.М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи. Учебное пособие. Рекомендовано УМС. - М.: Физматлит, 2008 - 256 с.

6.2 Дополнительная литература

6.2.1 Андреева Е.А. Вариационные исчисления и методы оптимизации [Текст] : Учебное пособие для университетов / Е. А. Андреева, В. М. Цирулева. - Рекомендовано УМО университетов РФ. - М. : Высш. шк., 2006. - 584 с.

6.2.2 Сеславин А.И. Исследование операций и методы оптимизации [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Сеславин А.И., Сеславина Е.А.— М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2015.— 200 с.— . – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: . – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL:<http://www.iprbookshop.ru/45261.html>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

6.3.1 Методические рекомендации по выполнению практических работ по дисциплине «Методы оптимизации». Рекомендованы заседанием кафедры «Прикладная математика» АПИ НГТУ, протокол № 4 от 29.04.2021 г.

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы

7.1.1 Электронно-библиотечная система издательства «IPRbooks». Режим доступа: www.iprbookshop.ru.

7.1.2 Электронно-библиотечная система издательства «Лань». Режим доступа: <https://e.lanbook.com>

7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 8.1 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 8.1 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
ЭБС «IPRbooks»	Специальное мобильное приложение IPR BOOKS WV-Reader
ЭБС «Лань»	Синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине (модулю), оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 9.1 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;

- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду АПИ НГТУ.

Таблица 9.1 – Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине (модулю)

Наименование аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы
210 - Учебная аудитория г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	Доска меловая, рабочее место преподавателя, 48 посадочных мест
212 - Учебная аудитория г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	Доска меловая, Стол для препод. (1 шт.), Посадочных мест - 64
218 - Учебная мультимедийная аудитория г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	ПК (с подключением к интернету) базе Pentium 7500/2x1024Mb/500Gb/AD52; Проектор ACER X138 WH OLP3700Lm 20000:1 - 1 шт.; Экран д/проектора - 1 шт.; Акустическая система - 1 шт.; посадочных мест - 48; рабочее место преподавателя
228 - Учебная аудитория г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	Доска меловая, рабочее место преподавателя, посадочных мест -82
039 - Учебная аудитория г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	Доска аудиторная меловая; рабочее место преподавателя; 28 посадочных мест студентов
037 - Учебная аудитория г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	Доска меловая, стол преподавателя, 60 посадочных мест
320 - Учебная мультимедийная аудитория г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	Доска магнитно-маркерная; Мультимедийный проектор BENQ; Экран; Компьютеры PC Intel® Core™ i3-10100/256SSD/8RAM - 14 шт.; Посадочных мест - 34
316 - Кабинет самоподготовки студентов г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	рабочих мест студента – 26 шт; ПК, с выходом на телевизор LG - 1 шт. ПК с подключением к интернету -5шт.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

10.1 Общие методические рекомендации для студентов по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа проводится в аудиторной и внеаудиторной форме, а также в электронной информационно-образовательной среде института (далее – ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работа в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

При преподавании дисциплины используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса, а также материалы для практических занятий находятся в свободном доступе в СДО MOODLE на странице курса по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=72> и могут быть проработаны студентами до чтения лекций в ходе самостоятельной работы. Это дает возможность обсудить материал со студентами во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала.

На лекциях и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется лично-ориентированный подход, дискуссионные технологии, технологии работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч со студентами, так и современных информационных технологий, таких как форум, чат, внутренняя электронная почта СДО MOODLE.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента.

Для оценки знаний, умений и уровня сформированности компетенции в процессе текущего контроля применяется система контроля и оценки успеваемости студентов, представленная в табл. 5.1. Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с использованием системы контроля и оценки успеваемости студентов, представленной в табл. 5.2.

10.2 Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины. Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложных и важных положениях изучаемого материала. Материалы лекций являются основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3 Методические указания по освоению дисциплины на занятиях практического типа

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров в аудиторных условиях.

Практические занятия обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- развитие умений и навыков дискуссионного обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины, выработки собственной позиции по актуальным вопросам (проблемам);
- подведение итогов занятий (результаты тестирования, готовность отчетов по практическим занятиям, готовность домашних заданий, выполненных в ходе самостоятельной работы).

Приводятся методические указания для студентов по выполнению и оформлению практических работ.

10.4 Методические указания по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

В процессе самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение основной учебной и справочно-библиографической литературы, представленной в разделе 6.

Для выполнения самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут использовать специализированные аудитории (см. табл. 9.1), оборудование которых обеспечивает доступ через «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде института и электронной библиотечной системе, где располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы.

10.5 Методические указания по обеспечению образовательного процесса

1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_auditorii.PDF.

2. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_srs.PDF.

3. Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf.

4. Учебное пособие «Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования», Ивашкин Е.Г., Жукова Л.П., 2014 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf.

**Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины
на 20 ____/20 ____ уч. г.**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

_____ Глебов В.В.

« ____ » _____ 20 ____ г.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

1)

2)

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры, протокол от _____ № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (ФИО)

Утверждено УМК АПИ НГТУ, протокол от _____ № _____

Зам. директора по УР _____ Шурыгин А.Ю.
(подпись)

Согласовано:

Начальник УО _____ Мельникова О.Ю.
(подпись)

(в случае, если изменения касаются литературы):

Заведующая отделом библиотеки _____ Старостина О.Н.
(подпись)