

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

Образовательно-научный институт транспортных систем (ИТС)

(Полное и сокращенное название института, реализующего данное направление)

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор ИТС

_____ Тумасов А.В.
(подпись) (ФИО)
«20» июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.36 «Методы оптимизации»

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки : 15.03.03 «Прикладная механика»

(код и направление подготовки, специальности)

Направленность: Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры

(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: _____ очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки: _____ 2023

Выпускающая кафедра: _____ АГДПМиСМ

(аббревиатура кафедры)

Кафедра-разработчик: _____ АГДПМиСМ

(аббревиатура кафедры)

Объем дисциплины: _____ 108/3

(часов/з.е.)

Промежуточная аттестация: _____ зачет

(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Разработчик (и): _____ Горбиков Евгений Николаевич, к.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

НИЖНИЙ НОВГОРОД 2023 год

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика», утвержденным приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 09.08.2021 № 729 на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ
протокол от 18.05.2023 № 21

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры АГДПМиСМ
протокол от 24.03.2023 №6

Зав. кафедрой к.т.н., доц. Кикеев В.А. _____
(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом ИТС
протокол от 20.06.2023 №9

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № _____

Начальник методического отдела УМУ _____ Булгакова Н.Р.
(подпись)

Заведующая отделом комплектования НТБ _____ Кабанина Н.И.
(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	4
4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП ВО	6
5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	7
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	12
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	16
8. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	17
9. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	18
10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	19
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	20
12. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	22

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Целями освоения дисциплины являются:

- изучение теории и методов оптимизации;
- получение студентами навыков решения оптимизационных задач.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- изучение аналитических и численных методов решения оптимизационных задач в области оптимального проектирования упругих систем;
- формирование навыков применения методов оптимизации для решения оптимизационных задач при проектировании деталей и узлов с использованием современных компьютерных технологий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина (модуль) Б1.Б.36 «Методы оптимизации» включена в обязательный перечень дисциплин обязательной части образовательной программы. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по направлению подготовки 15.03.03.

Дисциплина «Методы оптимизации» базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных студентами в ходе изучения дисциплин в области высшей математики, механики материалов и численных методов.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья РПД разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Этапы формирования компетенций

В результате освоения дисциплины «Методы оптимизации» у обучающегося частично формируется компетенция ОПК-11, полное формирование которой последовательно осуществляется при изучении других дисциплин и в процессе практической подготовки (таблица 1).

Таблица 1 - Формирование компетенции ОПК-11 дисциплинами

Код компетенции	Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплинами и практиками							
		1	2	3	4	5	6	7	8
ОПК-11	Математика	✓	✓	✓					
	Дополнительные главы по математике			✓					
	Теоретическая механика		✓	✓					
	Сопротивление материалов			✓	✓				
	Основы вариационного исчисления				✓				
	Теория функции комплексного переменного				✓				

Код компетенции	Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплинами и практиками							
		1	2	3	4	5	6	7	8
	Теория вероятностей и математическая статистика					✓			
	Электротехника и электроника			✓					
	Механика сплошных сред					✓			
	Теория упругости						✓		
	Основы механики жидкостей и газов				✓				
	Аналитическая динамика и теория колебаний					✓	✓		
	Методы оптимизации							✓	
	Подготовка и защита ВКР								✓

4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП ВО

Таблица 2 - Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (дескрипторы)			Оценочные материалы (ОМ)	
					текущего контроля	промежуточной аттестации
ОПК-11 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии	ИОПК-11.17 Применяет методы оптимизации при проектировании деталей и узлов с использованием современных компьютерных технологий	Знать: теоретические и вычислительные методы решения оптимизационных задач в области оптимального проектирования упругих систем	Уметь: решать задачи оптимального проектирования деталей и узлов с использованием компьютерных технологий, реализующих методы оптимизации	Владеть: навыками проектирования деталей и узлов с использованием компьютерных технологий, реализующих методы оптимизации	Вопросы для выборочного устного опроса. Контрольные вопросы для защиты отчетов по лабораторным работам. Контрольные вопросы для защиты РГР	Вопросы к зачету

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 з.е. или 108 академических часов. Распределение часов по видам работ по семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в часах	
	Всего часов	В том числе по семестрам
		7
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	108	108
1. Контактная работа:	56	56
1.1.Аудиторная работа, в том числе:	51	51
занятия лекционного типа (Л)	17	17
практические занятия (ПЗ)	17	17
лабораторные работы (ЛР)	17	17
1.2.Внеаудиторная, в том числе:	5	5
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	—	—
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточной аттестации (КРА)	1	1
2. Самостоятельная работа (СРС)	52	52
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	4	4
контрольная работа (К)	—	—
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	—	—
самостоятельная проработка лекционного материала, материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим и лабораторным занятиям.	44	44
подготовка к зачету	4	4

5.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролиру- емые) резуль- таты освоения и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов и тем	Виды учебной работы, ч				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов				
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия					
7 семестр									
ОПК-11 ИОПК-11.17	Раздел 1. Понятие о задачах оптимизации								
	Тема 1.1. Основные определения	0,5			1	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Тема 1.2. Классификация задач оптимизации	0,5			1	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Тема 1.3. Параметры объекта про- ектирования	0,5			1	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Тема 1.4. Основные виды ограни- чений на объект проектирования	0,5			1	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Тема 1.5. Область поиска. Область допустимых решений	0,5			1	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Тема 1.6. Критерий оптимально- сти	0,5			1	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Тема 1.7. Условия оптимальности	0,5			1	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Тема 1.8. Принцип поэтапной па- раметрической оптимизации	0,5			1	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Тема 1.9. Схема получения опти- мального проектного решения	0,5			1	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела	9			9				

	Итого по 1 разделу	4,5			9				
	Раздел 2. Математическая формулировка задачи оптимального проектирования								
	Тема 2.1. Построение математической модели объекта проектирования	0,5			2	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Тема 2.2. Выбор управляемых параметров	0,5			2	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Тема 2.3. Анализ чувствительности	0,5			1	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Тема 2.4. Формулировка ограничений	0,5			2	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Тема 2.5. Частные и векторные критерии оптимальности. Множество Парето	1			1	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Тема 2.6. Аддитивные критерии оптимальности	0,75			1	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Тема 2.7. Мультипликативные критерии оптимальности	0,75			1	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Тема 2.8. Минимаксные и максимумные критерии оптимальности	0,75			1	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Тема 2.9. Методы задания предпочтения на множестве частных критериев	0,75			1	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Практическое занятие №1. Геометрическое программирование			2	1	Подготовка к ПЗ: п 1.4 табл. 9 РПД	Практическое занятие		
	Практическое занятие №2. Решение однокритериальных задач оптимизации			2	1	Подготовка к ПЗ: п 1.4 табл. 9 РПД	Практическое занятие		
	Практическое занятие №3. Решение задач векторной оптимизации			2	1	Подготовка к ПЗ: п 1.4 табл. 9 РПД	Практическое занятие		
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела	12		3	15				
	Итого по 2 разделу	6		6	15				

Раздел 3. Аналитические и численные методы оптимизации								
Тема 3.1. Классификация методов оптимизации	1			1	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
Тема 3.2. Методы безусловной локальной минимизации функции одной и нескольких переменных	1			1	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
Тема 3.3. Методы условной локальной минимизации функции одной и нескольких переменных	1			1	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
Тема 3.4. Выбор метода оптимизации.	0,5			1	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
Практическое занятие №4. Аналитические и численные методы безусловной локальной минимизации функций одной и нескольких переменных			2	1	Подготовка к ПЗ: п 1.4 табл. 9 РПД	Практическое занятие		
Практическое занятие №5. Аналитические и численные методы условной локальной минимизации функций одной и нескольких переменных			2	1	Подготовка к ПЗ: п 1.4 табл. 9 РПД	Практическое занятие		
Практическое занятие №6. Аналитические и численные методы условной локальной минимизации функций одной и нескольких переменных			2	1	Подготовка к ПЗ: п 1.4 табл. 9 РПД	Практическое занятие		
Лабораторная работа №1 Численные методы минимизации функций одной переменной		4		1	Подготовка к ЛР: п 1.4; 2.1; 2.2 табл. 9 РПД	Лабораторная работа		
Лабораторная работа №2 Численные методы минимизации функций нескольких переменных		4		1	Подготовка к ЛР: п 1.4; 2.1; 2.2 табл. 9 РПД	Лабораторная работа		
Самостоятельная работа по освоению 3 раздела	4	2	3	9				
Итого по 3 разделу	3,5	8	6	9				
Раздел 4. Проектирование равнопрочных упругих систем								

	Тема 4.1. Принцип дискретной равнопрочности	1			2	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Тема 4.2. Принцип равнопрочности	1			2	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Тема 4.3. Проектирование оптимальных упругих систем по критерию равнопрочности	1			2	Подготовка к лекции: п 1.1; 1.3 табл. 9 РПД	Лекция		
	Практическое занятие №7 Проектирование оптимальных упругих систем по заданному критерию			2	1	Подготовка к ПЗ: п 1.4 табл. 9 РПД	Практическое занятие		
	Практическое занятие №8 Проектирование вращающегося диска оптимальной формы по критерию равнопрочности			3	1	Подготовка к ПЗ: п 1.4 табл. 9 РПД	Практическое занятие		
	Лабораторная работа №3 Проектирование грузоподъемного механизма по заданному критерию оптимальности		4		1	Подготовка к ЛР: п 1.4; 2.1; 2.2 табл. 9 РПД	Лабораторная работа		
	Лабораторная работа №4 Проектирование вращающегося диска оптимальной формы на компьютере		5		2	Подготовка к ЛР: п 1.4; 2.2; 2.3 табл. 9 РПД	Лабораторная работа		
	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела	6	3	2	11				
	Итого по 4 разделу	3	9	5	11				
	Расчетно-графическая работа (РГР)				4	Подготовка к РГР: п. 1.1; 1.4; 2.3 табл. 8 РПД			
	Подготовка к зачету				4				
ИТОГО ЗА 7 СЕМЕСТР		17	17	17	52				
ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ		17	17	17	52				

6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

Комплект типовых заданий для РГР приведен в методических указаниях (п. 2.3 табл. 8 РПД).

Таблица 5 – Перечень контрольных вопросов для защиты отчетов по лабораторным работам

№ п.п.	Контрольные вопросы для защиты отчетов по лабораторным работам
1	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции одной переменной методом простого перебора
2	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции одной переменной методом деления отрезка пополам
3	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции одной переменной методом Ньютона
4	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции одной переменной методом «золотого сечения»
5	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции одной переменной методом парабол (метод квадратичной интерполяции)
6	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции одной переменной методом Фибоначчи
7	Изложите суть метода геометрического программирования
8	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции нескольких переменных методом покоординатного спуска
9	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции нескольких переменных методом наискорейшего спуска
10	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции нескольких переменных методом деформируемого многогранника (метод Нелдера-Мида)
11	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции нескольких переменных методом Хука-Дживса
12	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции нескольких переменных при наличии ограничений методом множителей Лагранжа
13	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции нескольких переменных при наличии ограничений методом штрафных функций
14	Математическая формулировка задачи проектирования диска оптимальной формы по критерию равнопрочности

Таблица 6 – Перечень контрольных вопросов для проведения промежуточной аттестации (зачет) по итогам освоения дисциплины

№ п.п.	Контрольные вопросы к зачету
1	Дайте определение критерия оптимальности. Векторный и скалярный критерии оптимальности
2	Запишите вид целевой функции при использовании обобщенного аддитивного критерия оптимальности для случая неравноценности частных критериев
3	Изобразите укрупненную схему получения оптимального проектного решения
4	Запишите вид обобщенного мультипликативного критерия оптимальности для случая неравноценности частных критериев

5	Укажите, что включает в себя постановка задач оптимизации конструкций
6	Запишите в размерной форме ограничения на напряженное состояние деформируемой системы, состоящей из N подконструкций
7	Запишите в размерной форме ограничения на деформированное состояние конструкции, состоящей из N подконструкций
8	Сформулируйте и запишите в математической форме принцип дискретной равнопрочности деформируемой системы
9	Сформулируйте принцип максимина и запишите его в математической форме
10	Сформулируйте принцип минимакса и запишите его в математической форме
11	Изложите суть метода ранжирования, применяемого при решении задачи выработки предпочтения на множестве частных критериев
12	Изложите суть метода приписывания баллов, применяемого при решении задачи выработки предпочтения на множестве частных критериев
13	Назовите основные виды ограничений, накладываемых на проектное решение
14	Сформулируйте понятия области поиска и области допустимых решений
15	Запишите необходимые и достаточные условия существования экстремума целевой функции
16	Анализ чувствительности и его цели
17	Изложите суть множества Парето
18	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции одной переменной методом простого перебора
19	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции одной переменной методом деления отрезка пополам
20	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции одной переменной методом Ньютона
21	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции одной переменной методом «золотого сечения»
22	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции одной переменной методом парабол (метод квадратичной интерполяции)
23	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции одной переменной методом Фибоначчи
24	Изложите суть метода геометрического программирования
25	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции нескольких переменных методом покоординатного спуска
26	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции нескольких переменных методом наискорейшего спуска
27	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции нескольких переменных методом деформируемого многогранника (метод Нелдера-Мида)
28	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции нескольких переменных методом Хука-Дживса
29	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции нескольких переменных при наличии ограничений методом множителей Лагранжа
30	Изложите алгоритм поиска минимума непрерывной функции нескольких переменных при наличии ограничений методом штрафных функций
31	Принцип поэтапной параметрической оптимизации

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

Таблица 7 - Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
ОПК-11 Способен выявлять естественную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии	ИОПК-11.17 Применяет методы оптимизации при проектировании деталей и узлов с использованием современных компьютерных технологий.	Демонстрирует низкий уровень знаний всего теоретического материала. Не способен применять теоретические знания при решении практических задач, испытывает большие затруднения при их выполнении, допускает много ошибок и не умеет их исправлять.	Имеет фрагментарные, поверхностные знания лекционного курса. Способен применять теоретические знания основного материала при решении практических задач, но плохо владеет навыками и приемами их решения, допускает ошибки и не умеет их исправлять.	Способен логично мыслить и системно излагать теоретический материал. Демонстрирует хороший уровень понимания рассматриваемых вопросов. Способен применять теоретические знания при решении практических задач, владеет необходимыми навыками и приемами их решения. Допускает единичные несущественные ошибки и умеет их исправлять.	Имеет глубокие знания всего материала дисциплины. Демонстрирует высокий уровень понимания рассматриваемых вопросов. Способен самостоятельно и без ошибок применять теоретические знания при решении практических задач, владеет необходимыми навыками и приемами их решения.

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	Студент заслуживает оценку «отлично», если теоретический материал курса усвоен полностью. Владеет необходимыми навыками выполнения учебных заданий. Предусмотренные РПД задания выполнены в соответствии с установленными требованиями и оценены максимальным числом баллов. Практические навыки профессионального применения усвоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	Студент заслуживает оценку «хорошо», если теоретический материал курса усвоен полностью. Владеет необходимыми навыками выполнения учебных заданий. Предусмотренные РПД задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, но не оценены максимальным числом баллов. Практические навыки профессионального применения усвоенных знаний в основном сформированы.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	Студент заслуживает оценку «удовлетворительно», если теоретический материал курса усвоен не в полном объеме. Не демонстрирует необходимых знаний программного материала, испытывает затруднения и допускает отдельные ошибки при выполнении учебных заданий. Предусмотренные РПД задания или не выполнены или оценены числом баллов, близким к минимальному. Некоторые практические навыки профессионального применения усвоенных знаний не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	Студент заслуживает оценку «неудовлетворительно», если теоретический материал курса не усвоен. Не демонстрирует необходимых знаний программного материала, испытывает большие затруднения и допускает много ошибок при выполнении учебных заданий. Предусмотренные РПД задания или не выполнены, или оценены числом баллов ниже трех по оценочной шкале. Практические навыки профессионального применения усвоенных знаний не сформированы.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Таблица 8 – Список учебной литературы, печатных изданий библиотечного фонда

№ п.п.	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1.1	Корнеев, В.П. Методы оптимизации: учебник / В. П. Корнеев. - М.: Высш. шк., 2007. - 664 с.	6
1.2	Сухарев, А.Г. Методы оптимизации: учебник и практикум / А. Г. Сухарев, А. В. Тимохов, В. В. Фёдоров; МГУ им. М.В. Ломоносова. - М.: Юрайт, 2014. - 368 с.	1
1.3	Щитов, И.Н. Введение в методы оптимизации: учеб. пособие / И. Н. Щитов. - М. : Высш. шк., 2008. - 206 с.	5
1.4	Пантелеев, А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах: учеб. пособие / А.В. Пантелеев. - М. : Высш. шк., 2005. - 544 с.	13
2. Дополнительная литература		
2.1	Аттетков, А.В. Введение в методы оптимизации: учеб. пособие / А. В. Аттетков, В. С. Зарубин, А. Н. Канатников. - М. : Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2008. - 270 с.	1
2.2	Гончаров, В.А. Методы оптимизации: учеб. пособие / В. А. Гончаров ; Нац.-исслед. ун-т "МИЭТ". - М : Юрайт, 2014. - 192 с.	1
2.3	Проектирование вращающихся дисков оптимальной формы на компьютере / НГТУ, сост.: Е.Н. Горбиков. Н. Новгород, 2013. – 16 с.	10

7.2. Справочно-библиографическая и научная литература

Таблица 9 – Список справочно-библиографической и научной литературы

№ п.п.	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	Банди, Б. Методы оптимизации. Вводный курс.-М.: Радио и связь, 1988. - 128 с.	12
2	Васильев, Ф.П. Методы оптимизации: в 2-х книгах кн.1 / Ф.П. Васильев. - М.: МЦНМО, 2011. - 619 с.	1
3	Васильев, Ф.П. Методы оптимизации: в 2-х книгах кн.2 / Ф.П. Васильев. - М.: МЦНМО, 2011. - 433 с.	1
4	Измаилов, А.Ф. Численные методы оптимизации / А.Ф. Измаилов. - М.: Физматлит, 2008. - 320 с.	1
5	Реклейтис, Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике: в 2-х кн. / пер. с англ. - М.: Мир, 1986. - 672 с.	2

7.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

В помощь участникам образовательного процесса (преподавателям и студентам) в НГТУ разработаны следующие учебно-методические документы:

- 1) Е.Г. Ивашкин, Жукова Л.П. Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования: Учебное пособие / Е.Г. Ивашкин, Л.П. Жукова; НГТУ. – Нижний Новгород, 2014. – 80 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на сайте учебно-методического управления);
- 2) Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г. Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения: Учебное пособие / Т.И. Ермакова, Е.Г. Ивашкин; НГТУ. – Нижний Новгород, 2013. – 158 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на сайте учебно-методического управления);
- 3) Жукова Л.П. Методические рекомендации по организации аудиторной работы / Утверждены УМС НГТУ 22.04.2013. - Нижний Новгород, 2013. – 63 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на странице «Учебно-методическое управление» сайта НГТУ);
- 4) Ермакова Т.И. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине / Утверждены УМС НГТУ 22.04.2013. - Нижний Новгород, 2013. – 35 с. (в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ» на странице «Учебно-методическое управление» сайта НГТУ).

Указанные материалы размещены в электронном виде на сайте учебно-методического управления в рубрике «Методические материалы по обеспечению образовательного процесса НГТУ».

8. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина, относится к группе дисциплин, в рамках которых предполагается использование информационных технологий как вспомогательного инструмента для выполнения следующих задач:

- оформление контрольных и расчетно-графических работ, отчетов по лабораторным работам;
- демонстрация дидактических материалов с использованием мультимедийных технологий;
- использование электронной образовательной среды университета;
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты.

8.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Сайт научно-технической библиотеки (НТБ):

- главная страница НТБ: <https://www.nntu.ru/structure/view/podrazdeleniya/nauchno-tehnicheskaya-biblioteka/resursy>;
- электронная библиотека НГТУ: <https://library.nntu.ru/megapro/web>;
- библиотека электронных учебников: <http://fdp.nntu.ru/книжная-полка/>.

На странице «Ресурсы» сайта НТБ по соответствующим вкладкам возможен доступ к необходимым ресурсам на следующих страницах:

- «Электронная библиотека» по вкладке «Электронный каталог НГТУ»;
- «Книжная полка» по вкладке «Библиотека электронных учебников»;
- «Электронно-библиотечная система «Лань» по вкладке «ЭБС «Лань»;
- «ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА»
- Студенческая электронная библиотека» по вкладке «ЭБС «Консультант студента»;
- «ЮРАЙТ» – образовательная платформа» по вкладке «ЭБС «Юрайт».

Кроме того, со страницы «Ресурсы» сайта НТБ возможен доступ к информационно-аналитическим платформам с информацией о ведущих международных научных публикациях Web of Science и Scopus, а также к реферативным журналам, выбранным из баз данных Всероссийского института научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН) и выписываемым НТБ.

С компьютеров сети НГТУ возможен доступ к базам данных, журналам и коллекциям электронных книг таких зарубежных издательств, как:

- платформа НЭИКОН, включающая 10 издательств;
- Elsevier (журналы Freedom Collection);
- Springer Nature (журналы и коллекции электронных книг);
- Wiley (полнотекстовая коллекция журналов);
- Questel (база данных патентного поиска Orbit Intelligence Premium).

В свободном доступе находятся:

- научная электронная библиотека ELIBRARY.RU: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>;
- научная электронная библиотека «Кибер Ленинка»: <https://cyberleninka.ru/journal>;
- электронно-библиотечная система издательства «Наука»: <https://www.libnauka.ru/>;
- информационная система доступа к каталогам библиотек сферы образования и науки

ЭКБСОН: <http://www.vlibrary.ru/>.

8.2. Перечень программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется программное обеспечение, указанное в таблице 11 раздела 10 настоящей РПД.

9. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/>

Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№ п.п.	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

Адаптированные образовательные программы (АОП) в образовательной организации не реализуются в связи с отсутствием в контингенте обучающихся лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), желающих обучаться по АОП. Согласно Федеральному Закону об образовании 273-ФЗ от 29.12.2012 г. ст. 79, п.8 "Профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся". АОП разрабатывается по каждой направленности при наличии заявлений от обучающихся, являющихся инвалидами или лицами с ОВЗ и изъявивших желание об обучении по данному типу образовательных программ.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебный процесс по данной дисциплине обеспечен современным аудиторным и лабораторным фондом. В процессе проведения аудиторных и самостоятельных занятий преподаватели и студенты имеют возможность доступа к информационно-коммуникационной сети «Интернет», как на территории НГТУ, так и вне ее.

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Методы оптимизации» могут быть использованы материально-техническая база и программное обеспечение, представленные в таблице 11.

Таблица 11 – Оснащенность аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине

№ п.п.	Наименование аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Мультимедийная аудитория 603155, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, дом 24Б, корп. 2, ауд. 2102а	Посадочных мест – 25, 1. Аудиторная доска для мела. 2. Компьютеры DEPO Intel Core2 Duo CPU E4600 2.4 GHz, 3 GB RAM (12 шт.) в составе локальной вычислительной сети университета. 3. Испытательная машина М50-У. 4. Портативный мультимедийный проектор и экран.	Windows XP (Лицензия MSDN Academic Alliance (MSDNAA), договор №Tr021888 от 18.06.2008), Microsoft Office Professional 2003 (лицензия № 61410938), MSC. Patran 2012, MSC.Nastran 2012, MSC.Adams 2012 (договор 28-13/13-215 от 17.06.2013 г.)
2	Компьютерный класс 603155, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Минина, дом 28Л, корп. 5, ауд. 5125	Посадочных мест – 24; 1. Доска меловая; 2. Мультимедийный проектор BENO MP776/MP777 Digital Projector; 3. Компьютер PC Intel Core7-3820/8 Gb RAM/NVIDIA GeForce GTX 560/HDD 500 с Web-камерой; 4. Персональные компьютеры Intel Core7-3820/8 Gb RAM/NVIDIA GeForce GTX 560/HDD 500 с подключением к интернету - 12 шт.	Windows 10 Pro для учебных заведений (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14); Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14); Microsoft Office Professional Plus 2010 (лицензия № 49487732) Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.2023)

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Общие методические рекомендации для обучающихся 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 может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС).

Основными элементами структуры аудиторной работы по дисциплине являются:

- виды аудиторной работы;
- формы аудиторной работы, включающие формы ее выполнения, формы представления ее результатов и формы контроля уровня освоения компетенции ОПК-11.

Основными видами аудиторной работы студентов по данной дисциплине являются:

- работа на лекциях;
- выполнение практических заданий;
- выполнение лабораторных работ.

Формами выполнения видов аудиторной работы являются:

- лекции;
- практические занятия;
- лабораторные работы;
- консультации.

Результаты аудиторной работы представляются в следующих основных формах:

- конспекты лекций;
- рабочие материалы практических занятий;
- рабочие материалы лабораторных работ.

Уровень развития компетенции ОПК-11 в результате выполнения определенных видов работы оценивается:

- на контрольном опросе по пройденному материалу (знать);
- по результатам выполнения заданий на практических занятиях (уметь, владеть);
- по результатам выполнения лабораторных работ и защите отчетов по лабораторным работам (знать, уметь);
- по результатам выполнения РГР.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих образовательных технологий:

- на лекционных занятиях - лекции;
- на практических занятиях - индивидуальный опрос по теме, выполнение индивидуального практического задания;
- на лабораторных занятиях - выполнение лабораторных работ, защита отчетов по лабораторным работам;
- выполнение и защита РГР.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии с набранными за семестр баллами по шкале оценки результатов освоения дисциплины.

11.2. 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 (таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала.

Материалы лекций являются основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям, лабораторным работам, выполнению заданий, самостоятельной работе, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

11.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения лабораторной работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по лабораторной работе;
- качество ответов на контрольные вопросы при защите лабораторной работы.

11.4. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях

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

Практические занятия обеспечивают:

- выработку умений систематизировать, закреплять и углублять знания теоретического характера, полученные на лекциях;
- получение навыков решения практических задач, выполнения расчетов, РГР и других видов заданий;
- навыки работы с информацией, книгой, схемами, пользоваться справочной и научной литературой;
- формирование умений учиться самостоятельно, т.е. овладевать методами, способами и приемами самообучения, саморазвития и самоконтроля.

11.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

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

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в разделе 7.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

11.6. Методические указания для выполнения РГР

Расчетно-графическая работа выполняется в соответствии с установленным графиком. Её целью являются систематизация и закрепление теоретических знаний, развитие практических навыков по решению прикладных задач, выработка умения анализировать полученные результаты решения и формулировать выводы на основе проведенного анализа.

Выполнение РГР включает следующие основные этапы: изучение теоретического материала, изложенного на лекциях; проработка задач, рассмотренных на практических занятиях; выполнение необходимых расчетов и анализ полученных результатов; написание выводов; оформление работы в соответствии с требованиями.

После оформления работы в соответствии с требованиями студент защищает работу.

В процессе выполнения РГР допускаются консультации у преподавателя на практических занятиях.

Выполнение основных этапов контролируется преподавателем и учитывается при проведении промежуточных аттестаций по дисциплине и при оценке РГР.

11.7. Методические указания для выполнения курсового проекта / работы

Выполнение курсовой работы учебным планом не предусмотрено.

12. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Оценочные средства для контроля освоения дисциплины приведены в разделе 6 настоящей РПД.

Комплект типовых заданий для РГР приведен в методических указаниях (п. 2.3 таблицы 8 РПД).

Перечень вопросов для подготовки к зачету приведен в таблице 6 РПД.