

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Методы оптимизации

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

09.03.03 - Прикладная информатика

---

Направленность образовательной программы

Прикладная информатика в области обработки данных

---

Форма обучения

очно-заочная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.12 Методы оптимизации относится к обязательной части образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен применять естественнонаучные и общетеоретические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;	ОПК-1.1: Демонстрирует знание основ высшей математики, физики, вычислительной техники и программирования. ОПК-1.2: Демонстрирует умение решать профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общетеоретических знаний, методов математического анализа и моделирования. ОПК-1.3: Демонстрирует наличие практического опыта теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности.	ОПК-1.1: Знать: типовые постановки задач оптимизации; основные аналитические и численные методы решения экстремальных задач  ОПК-1.2: Уметь: интерпретировать новую информацию в предметной области; ставить и решать прикладные задачи в виде задач оптимизации; выполнять оценку скорости сходимости численных методов или определять оценку их гарантированной эффективности.  ОПК-1.3: Владеть: способностью анализировать возникающие проблемы с точки зрения математических и алгоритмических трудностей;  способностью к построению новых или модернизации известных численных алгоритмов применительно к конкретным прикладным задачам.	Задачи Контрольная работа Тест	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи
ОПК-7: Способен	ОПК-7.1: знание основных	ОПК-7.1:	Доклад	

разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения;	языков программирования и работы с базами данных, операционных систем и оболочек, современных программных сред разработки информационных систем и технологий. ОПК-7.2: Применяет языки программирования и работы с базами данных, современные программные среды разработки информационных систем и технологий для автоматизации бизнес-процессов, решения прикладных задач различных классов, ведения баз данных и информационных хранилищ. ОПК-7.3: Имеет практический опыт программирования, отладки и тестирования прототипов программно-технических комплексов задач.	Знать: метод рекуррентных уравнений Р.Беллмана; основные понятия и факты из выпуклого анализа; условия оптимальности в форме Каруша-Куна–Таккера для выпуклого случая; основные вычислительные методы одномерной и многомерной оптимизации.  ОПК-7.2: Уметь: выполнять математическую постановку задач оптимизации записывать уравнения Беллмана для задач динамического программирования; строить вычислительные схемы решения задач динамического программирования с помощью уравнений Беллмана; находить решения задач математического программирования с использованием условий Каруша-Куна-Таккера; выбирать эффективные численные методы решения нелинейных задач оптимизации различного типа.  ОПК-7.3: Владеть: терминологией предметной области; аналитическими и численными методами решения безусловных экстремальных задач; методами учета ограничений в задачах оптимизации на примере метода внешнего штрафа.	Задачи Контрольная работа Тест	Экзамен: Контрольные вопросы
------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------	------------------------------------

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очно-заочная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>4</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	2
<b>самостоятельная работа</b>	<b>58</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b> <b>Экзамен</b>

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 3 Ф 0	0 3 Ф 0	0 3 Ф 0	0 3 Ф 0	0 3 Ф 0
Раздел 1. Динамическое программирование. Функция Беллмана, метод рекуррентных уравнений Беллмана.	28	6	6	12	16
Раздел 2. Элементы выпуклого анализа. Математическое программирование. Метод множителей Лагранжа для задач с равенствами. Теорема Каруша-Куна-Таккера для выпуклых задач.	52	16	6	22	30
Раздел 3. Численные методы. Методы решения унимодальных задач. Методы безусловной локальной оптимизации. Локальные методы решения задач с ограничениями. Методы липшицевой многоэкстремальной оптимизации.	26	10	4	14	12
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	32	16	50	58

#### Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Введение: постановки задач математического программирования. Динамическое программирование как метод решения задач оптимального управления дискретными процессами. Вывод рекуррентных уравнений Р. Беллмана.

Раздел 2. Элементы выпуклого анализа. Выпуклые множества и выпуклые функции. Теоремы отделимости. Свойства выпуклых функций, критерии выпуклости. Задачи математического

программирования, выпуклые задачи.

Производные по направлению, градиент и его свойства, необходимые условия экстремума в гладкой задаче без ограничений (теорема Ферма) и задаче с ограничениями–равенствами (теорема о методе множителей Лагранжа), функция Лагранжа. Понятие регулярности допустимого множества, достаточное условие регулярности для гладких задач с ограничениями равенствами.

Общий вид функции Лагранжа в задачах математического программирования. Теорема Каруша-Куна-Таккера для выпуклых задач, записанная через принцип минимума и в терминах седловой точки функции Лагранжа. Достаточное условие регулярности Слейтера. Теорема Каруша-Куна-Таккера в дифференциальной форме, ее использование при аналитическом решении выпуклых задач.

Раздел 3. Численные методы решения задач математического программирования. Классификация методов. Методы второго, первого порядков, методы прямого поиска. Классификация порядков скорости сходимости.

Одномерная оптимизация. Унимодальные задачи и их свойства. Вывод оптимальных и —оптимальных пассивных и последовательных N–шаговых алгоритмов для унимодальной функции на отрезке. Метод Фибоначчи. Метод золотого сечения и их взаимосвязь. Методы дихотомии.

Методы безусловной многомерной локальной оптимизации. Градиентные методы, метод наискорейшего градиентного поиска, метод Ньютона, их свойства. Метод сопряженных градиентов Флетчера-Ривса. Метод прямого поиска Хука–Дживса. Обзор других методов локального поиска.

Численные методы локальной оптимизации для задач с ограничениями. Метод внешнего штрафа, его свойства.

Задачи и методы многоэкстремальной липшицевой оптимизации. Класс липшицевых функций и его свойства. Метод Пиявского, метод ломаных, метод деления на три.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Виды самостоятельной работы студентов:

- проработка теоретического материала лекционных занятий;
- подготовка домашних заданий к занятиям практического типа;
- подготовка к выполнению письменных контрольных работ;
- подготовка к промежуточной аттестации в форме экзамена.

Проработка теоретического материала лекционных занятий выполняется самостоятельно с использованием лекционных материалов, методических материалов в виде курса лекций (автор Городецкий С.Ю.) «Лекции по нелинейному математическому программированию». Учебно-методическое пособие. — 2020. Электронный ресурс:

<http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=794639&idb=0>.

Контроль выполняется в форме проведения ежемесячного экспресс-опроса по понятиям, фактам, формулировкам, выполняемого в течение 10–15 минут на практических занятиях.

Домашние задания выдаются по имеющемуся задачнику «Методы оптимизации в примерах и задачах». Учебно-методическое пособие. / Бирюков Р.С., Григорьева С.А., Городецкий С.Ю., Павлючонок З.Г., Савельев В.П. – Н.Новгород: ННГУ, 2010 (фонд печатных изданий кафедры ТУиДС), который включает краткий теоретический материал и примеры решения задач из каждого раздела. В форме pdf–файла задачник выкладывается в доступ группе через ресурс [source.unn.ru](http://source.unn.ru).

Проверка выполнения домашних заданий проводится в начале каждого практического занятия.

Используется две формы контроля: – выборочная проверка выполнения заданий у двух-трех человек из группы; – проверка в форме коллективного обсуждения у доски результатов выполнения отдельных заданий одним или двумя студентами.

Для подготовки к контрольным работам рекомендуется повторно прочитать теоретические разделы в задачнике, просмотреть полезные разделы в соответствующих источниках из списка рекомендованной литературы (раздел 7), а также самостоятельно решать несколько задач по теме контрольной работы из указанного задачника.

В качестве методических материалов при подготовке к экзамену рекомендуется использовать собственные конспекты лекций, методические материалы в виде курса лекций «Лекции по нелинейному математическому программированию». Учебно-методическое пособие. — 2020. Электронный ресурс:

<http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=794639&idb=0>, а также источники, рекомендованные в списке литературы раздела 7.

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:**

Для фермера, разводящего крупный рогатый скот, определить оптимальный график продаж на 4 года.

Каждый год  $i$  некоторое количество скота  $y_i$  продается по стоимости  $f(y_i) = k\sqrt{y_i}$ ,  $k > 0$ .

Оставшаяся часть стада увеличивается за год в  $a$  ( $a > 1$ ) раз. Начальное поголовье равно  $A$ .

#### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-7:**

Задача из раздела «Условия оптимальности в задачах математического программирования»

Выполнить анализ типа задачи, найти глобальный минимум:

$$\min 30y - 18xy - 10x + 11(x^2 + y^2)$$

$$1 + y \geq 0$$

$$x - 4y \leq -5$$

$$3x - y \leq -4$$

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)**

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Описаны все этапы решения задания, результаты работы представлены преподавателю в срок, при этом применен творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Описаны все этапы решения задания, результаты работы представлены

Оценка	Критерии оценивания
	преподавателю в срок.
очень хорошо	Выполнены основные этапы решения задания или задача решена с незначительными недочетами, результаты работы представлены преподавателю в срок.
хорошо	Выполнены часть этапов решения задания (задачи) или задача решена с недочетами, результаты работы представлены преподавателю в срок.
удовлетворительно	Выполнены часть этапов решения задания (задачи) или задача решена с существенными недочетами, результаты работы представлены преподавателю, но с отклонениями от сроков.
неудовлетворительно	Выполнены не все этапы выполнения задания (задачи) или выполнены не в полном объеме, представлено неполное описание этапов выполнения заданий или результаты работы не представлены преподавателю.
плохо	Студент не приступал к выполнению заданий (задач).

### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

- Используя теорему об условиях оптимальности, найти аналитически точку глобального минимума функции  $F = x_1^2 + 0.5x_2^2 + 0.5x_3^2 - x_1x_3 - 7x_1 - 5x_2 + x_3$  при ограничениях  $-0.5x_1 + x_3 - 1 \leq 0$ ,  $x_1 - 5x_3 + 10 \leq 0$ ,  $5 \leq x_1 \leq 8$ ,  $x_1 + x_2 = 1$ .
- Найти минимум функции  $F = 5(x_2 - x_1)^2 + (x_1 - 1)^2$  с точностью 0.1 по норме градиента, используя метод наискорейшего градиентного поиска. Начальная точка: (3,4). Показать на рисунке траекторию поиска.

### 5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-7:

1. Имеется  $m$  видов земляных работ и  $n > m$  однотипных механизмов, способных выполнять эти работы. Если назначить на  $i$ -тый вид работы механизмов, то их суммарная производительность равна  $d_{ij}$ . Найти оптимальное по суммарной производительности размещение механизмов по всем видам работ для  $n=4$ ,  $m=3$ . Матрица :

$$\begin{bmatrix} 5 & 9 & 12 & 14 \\ 7 & 9 & 11 & 13 \\ 6 & 10 & 13 & 15 \end{bmatrix}$$

2. В  $N$ -ской области решили ввести дополнительный налог на рост доходов частных фирм. Если за  $N$  месяцев доходы фирмы образуют возрастающий ряд  $0 < p_1 \leq p_2 \leq \dots \leq p_{N+1}$  то, согласно установленным правилам, фирма должна уплатить дополнительный налог в размере  $S = (p_2/p_1)^r + (p_3/p_2)^r + \dots + (p_{N+1}/p_N)^r - N$ , где  $r > 0$ . При заданном значении начальных и конечных доходов  $p_1 = a < b$ ,  $b = p_{N+1}$  фирма должна спланировать график возрастания своих помесячных доходов так, чтобы дополнительный налог был минимален. Получите решение задачи аналитически, считая  $a$  и  $b$  параметрами.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент получил верный ответ во всех заданиях. При этом студент продемонстрировал знание дополнительного материала.
отлично	Студент получил верный ответ во всех заданиях.
очень хорошо	Студент получил верный ответ в большинстве заданий.
хорошо	Студент решил большую часть задач с незначительными недочетами.
удовлетворительно	Студент решил большую часть задач с существенными недочетами
неудовлетворительно	Студент допускает грубые ошибки в решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач.

### 5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

1. Какая функция называется функцией Беллмана  $S_k(x)$ , смысл ее аргумента?
2. Дайте определение выпуклого множества.
3. Дайте определение производной функции по направлению и формулу ее вычисления через градиент.
4. Чем определяется порядок вычислительного метода оптимизации? Приведите примеры методов первого и второго порядка.

### 5.1.6 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-7:

1. Дайте определение проекции точки на множество. Картинка-пример. Первая лемма о проекции.
2. Определите множество направлений строгого локального убывания функции в точке, если  $\nabla Q(x) = (1; 2)$ .



### Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	95-100%
отлично	90-95%
очень хорошо	85-90%
хорошо	80-85%
удовлетворительно	70-80%
неудовлетворительно	50-70%
плохо	0-50%

#### 5.1.7 Типовые задания (оценочное средство - Доклад) для оценки сформированности компетенции ОПК-7:

Математическая постановка задач динамического программирования с дискретным временем при фиксированном количестве итераций

Вывод рекуррентных уравнений Беллмана, прямой и обратный ход вычислительного процесса.

Пример аналитического решения методом динамического программирования задачи о распределении с функцией дохода в виде квадратного корня от выделенного объема ресурса.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Содержание соответствует теме. Результаты работы представлены преподавателю в срок.
не зачтено	Содержание не соответствует теме или результаты работы не представлены преподавателю.

#### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

##### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

<b>(индикатор достижения)</b>							
<u><b>Знания</b></u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u><b>Умения</b></u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u><b>Навыки</b></u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
<b>зачтено</b>	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»

	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

01a. Какая функция называется функцией Беллмана , смысл ее аргумента?

01b. Дайте определение выпуклого множества.

01c. Дайте определение производной функции по направлению и формулу ее вычисления через градиент.

01d. Чем определяется порядок вычислительного метода оптимизации? Приведите примеры методов первого и второго порядка.

#### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-7

Метод рекуррентных уравнений Беллмана. Принцип Беллмана как необходимое условие и достаточное условие для задач с аддитивным критерием.
Опорная гиперплоскость выпуклого множества, теорема об отделимости двух выпуклых множеств.
Градиент и производная по направлению, ее вычисление, свойства градиента. Условие оптимальности первого порядка при отсутствии ограничений: теорема Ферма.
Одномерная оптимизация достаточно гладких функций. Метод Ньютона.
Одномерная оптимизация липшицевых функций. Метод ломаных.
Методы прямого поиска на примере метода Хука-Дживса.
Методы многомерного локального поиска и их свойства: градиентные методы, включая метод наискорейшего градиентного поиска, метод Ньютона.
Метод Флетчера-Ривса сопряженных градиентов.

Метод Ньютона с регулировкой шага.
Общие методы решения задач с ограничениями. Метод штрафных функций, теорема сходимости.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент дал развернутый ответ на все вопросы и при этом продемонстрировал знание дополнительного материала.
отлично	Студент дал развернутый ответ на все вопросы.
очень хорошо	Студент дал ответ на все вопросы, возможно с незначительными недочетами.
хорошо	Студент ответил на большую часть вопросов с незначительными недочетами.
удовлетворительно	Студент ответил на большую часть вопросов с существенными недочетами.
неудовлетворительно	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале .
плохо	Отсутствие знаний материала.

#### 5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

Получить вид итерационной последовательности метода Ньютона для функции

$$Q(x) = x^5.$$

Определить предельную точку построенной последовательности и область сходимости.

Чем является эта предельная точка для функции?

Определить порядок скорости сходимости: линейный, сверхлинейный, квадратичный?

Полученный результат сопоставить с теоремой об условиях и типе сходимости метода Ньютона. Результат объяснить.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Описаны все этапы решения задания, результаты работы представлены преподавателю в срок, при этом применен творческий подход к решению

Оценка	Критерии оценивания
	нестандартных задач.
отлично	Описаны все этапы решения задания, результаты работы представлены преподавателю в срок.
очень хорошо	Выполнены основные этапы решения задания или задача решена с незначительными недочетами, результаты работы представлены преподавателю в срок.
хорошо	Выполнены часть этапов решения задания (задачи) или задача решена с недочетами, результаты работы представлены преподавателю в срок.
удовлетворительно	Выполнены часть этапов решения задания (задачи) или задача решена с существенными недочетами, результаты работы представлены преподавателю, но с отклонениями от сроков.
неудовлетворительно	Выполнены не все этапы выполнения задания (задачи) или выполнены не в полном объеме, представлено неполное описание этапов выполнения заданий или результаты работы не представлены преподавателю.
плохо	Студент не приступал к выполнению заданий (задач).

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### Основная литература:

1. Васильев Федор Павлович. Численные методы решения экстремальных задач : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Приклад. математика". - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Наука, 1988. - 549 с. : ил. - ISBN 5-02-013796-0 (в пер.) : 1.60., 178 экз.
2. Карманов Владимир Георгиевич. Математическое программирование : [учеб. пособие для вузов по специальности "Приклад. математика"]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1980. - 256 с. : ил. - 0.45., 53 экз.

### Дополнительная литература:

1. Городецкий С. Ю. Нелинейное программирование и многоэкстремальная оптимизация : учеб. пособие / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2007. - 489 с. - (Модели и методы конечномерной оптимизации ; вып. 2). - ISBN 978-5-85746-987-3 : 90.00., 82 экз.
2. Сухарев Алексей Григорьевич. Курс методов оптимизации. - М. : Наука, 1986. - 325, [1] с. : ил. - 1.80., 3 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Городецкий С.Ю. Лекции по нелинейному математическому программированию. Учебно-методическое пособие. — 2020. Электронный ресурс: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=794639&idb=0>
2. Городецкий С.Ю. Лабораторный практикум по методам локальной оптимизации в программной системе LocOpt / Электронный ресурс. – Н.Новгород, 2007. URL: <http://www.unn.ru/e-library/aids.html?pscience=6&posdate=2007>.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки 09.03.03 - Прикладная информатика.

Автор(ы): Городецкий Станислав Юрьевич, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Осипов Григорий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.