

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**  
Кафедра математического моделирования

УТВЕРЖДАЮ

Декан математического факультета



Нестеров П.Н.

20 июня 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Методы оптимизации**

Направление подготовки (специальности)  
01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль)  
«Математическое моделирование и вычислительная математика»

Форма обучения очная

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры  
от 11 апреля 2023 г., протокол № 8

Программа одобрена НМК  
математического факультета  
протокол № 9 от 3 мая 2023 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Методы оптимизации» является изучение основ теории экстремальных задач. Основными разделами программы являются методы решения экстремальных задач нелинейного или математического программирования для конечномерных пространств, выпуклый анализ, простейшая вариационная задача и ее обобщения, уравнение Эйлера, условия второго порядка, связанный тип экстремума – изопериметрическая задача, двойственность задачи условного экстремума, задачи оптимального управления, принцип максимума Понтрягина. Дисциплина «Методы оптимизации» обеспечивает приобретение знаний и умений в соответствии с государственным образовательным стандартом, содействует фундаментализации образования, формированию мировоззрения и развитию математического мышления.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Дисциплина «Методы оптимизации» относится к базовой части Блока 1.

Дисциплина «Методы оптимизации» относится к числу общепрофессиональных прикладных математических дисциплин в силу отбора изучаемого материала и его важности для подготовки специалиста. Она основывается на знаниях, полученных слушателями при изучении таких математических дисциплин, как «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Функциональный анализ», «Алгебра».

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП бакалавриата

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
<b>ОПК-1</b> Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	<b>ИД-ОПК-1.1</b> Обладает основными фундаментальными знаниями в области математики и ее приложений, имеет представления о специфике их использования в профессиональной деятельности	<b>Знать:</b> постановку оптимизационных задач различных типов; необходимые и достаточные условия минимума различных оптимизационных задач; <b>Уметь:</b> классифицировать тип оптимизационной задачи; применять алгоритм нахождения оптимума конкретной оптимизационной задачи;  <b>Владеть навыками:</b> нахождения конкретных точек оптимума в задаче на экстремум; проверки достаточных условий оптимальности; численного решения оптимизационных задач.

	<p><b>ИД-ОПК-1.2</b>          Умеет квалифицированно определять область фундаментальных знаний, относящихся к поставленной задаче</p>	<p><b>Знать:</b>          Воспроизведение основных теорем курса, выполнение в полном объеме всех выкладок, обоснование рассуждений в процессе их вывода. Умение выделять главные смысловые аспекты в доказательствах.</p> <p><b>Уметь:</b>          Понимание сути теоретических положений и выводов, сути методов решения задач, умение самостоятельно провести рассуждения при решении теоретических задач.</p> <p><b>Владеть:</b>          техникой исследования на оптимальность безусловных и условных задач нелинейного конечномерного программирования, исследовать задачу на регулярность. Применять методы выпуклого анализа.</p>
	<p><b>ИД-ОПК-1.3</b>          Имеет навыки аналитической работы, связанной с применением фундаментальных знаний на практике</p>	<p><b>Уметь:</b>          решать задачу о катеноиде, задачу о брахистохроне, задачи геометрической оптики, решать методом множителей Лагранжа условную задачу вариационного исчисления – изопериметрическую задачу и ее частный случай – задачу Дидоны.</p> <p><b>Владеть навыками</b>          решения задачи оптимального управления на основе принципа максимума Понтрягина, изображать фазовые плоскости допустимых траекторий.</p>

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации (по семестрам)  Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Методы нелинейного программирования	6	10	10		2		9	Задания для самостоятельной работы, Контрольная работа № 1
2	Элементы выпуклого анализа и задача выпуклого программирования	6	4	4		1		6	Задания для самостоятельной работы,
3	Численные методы математического программирования	6	4	4		2		8	Задания для самостоятельной работы
4	Простейшая вариационная задача и ее обобщения. Изопериметрическая задача	6	8	8		2		7	Задания для самостоятельной работы Контрольная работа № 2
5	Задача оптимального управления	6	6	6		1		6	Задания для самостоятельной работы
						2	0,5	33,5	Экзамен
	Всего		32	32		10	0,5	69,5	

### Содержание разделов дисциплины:

#### Раздел 1. Методы нелинейно программирования

##### Введение

Предмет и история развития методов оптимизации. Принципы и примеры моделирования экономических, физических и технических проблем в форме задач оптимизации.

**Тема 1.** Нелинейное программирование. Минимизация функций, исходные понятия. Теоремы существования. Проекция точки на множество.

**Тема 2.** Задача безусловной оптимизации. Дифференцируемые функции  $n$ -мерного евклидова пространства.

**Тема 3.** Краткие сведения из теории квадратичных форм. Критерий Сильвестра знакопостоянства квадратичной формы.

**Тема 4.** Необходимые и достаточные условия минимума в задаче без ограничений.

**Тема 5.** Задачи с ограничениями. Задачи с ограничениями в виде равенств. Геометрическая интерпретация. Множители Лагранжа. Необходимые и достаточные условия минимума задачи условной оптимизации с ограничениями-равенствами.

**Тема 6.** Общая задача нелинейного программирования с ограничениями. Постановка задачи. Геометрическая интерпретация. Необходимые условия оптимальности. Теорема Куна-Таккера. Условия Ф. Джона.

**Тема 7.** Правило множителей Лагранжа в общей задаче с ограничениями.

**Тема 8.** Условия регулярности. Геометрический смысл. Примеры нерегулярных задач. Условие Слейтера. Отыскание решений простейших задач.

## **Раздел 2. Элементы выпуклого анализа и задача выпуклого программирования.**

**Тема 9.** Выпуклые множества. Гиперплоскости, полупространства. Полиэдральные множества.

**Тема 10.** Выпуклые функции. Неравенство Иенсена. Надграфик и подграфик выпуклой функции. Критерии выпуклости дифференцируемой и дважды дифференцируемой функции.

**Тема 11.** Выпуклая задача оптимизации. Необходимые и достаточные условия минимума в задаче выпуклого программирования.

**Тема 12.** Теоремы Каратеодори. Теоремы об очистке.

## **Раздел 3. Численные методы математического программирования.**

**Тема 13.** Методы одномерной оптимизации. Метод деления отрезка пополам. Метод золотого сечения. Метод касательных для минимизации выпуклых функций.

**Тема 14.** Минимизация функций многих переменных. Градиентные методы.

## **Раздел 4. Простейшая вариационная задача и ее обобщение. Изопериметрическая задача.**

**Тема 15.** Простейшая вариационная задача. Задача о катеноиде и задача о брахистохроне. Постановка простейшей вариационной задачи. Интегрант функционала.

**Тема 16.** Доказательство вспомогательных лемм для формулирования теоремы о необходимых условиях существования решения простейшей вариационной задачи.

**Тема 17.** Первая вариация. Уравнение Эйлера. Уравнение Эйлера в интегральной форме. Экстремали функционала. Теорема Гильберта. Достаточное условие глобального минимума.

**Тема 18.** Некоторые случаи интегрируемости уравнения Эйлера. Задача геометрической оптики – принцип Ферма.

**Тема 19.** Некоторые обобщения основной задачи вариационного исчисления. Случай нескольких неизвестных функций. Функционалы, зависящие от старших производных. Обобщенное уравнение Эйлера.

**Тема 20.** Изопериметрическая задача. Правило множителей Лагранжа. Задача Дидоны. Закон двойственности.

## **Раздел 5. Задача оптимального управления**

**Тема 21.** Задача об оптимальном быстродействии. Понятие об управляемых объектах. Задача управления. Уравнения движения объекта. Допустимые управления.

**Тема 22.** Принцип динамического программирования. Понятие оптимального процесса. Уравнение Беллмана.

**Тема 23.** Задача на быстродействие. Принцип максимума Понтрягина в математической теории оптимальных процессов.

**Тема 24.** Оптимальное управление линейными системами. Проблема синтеза.

## **5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Вводная лекция** – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

**Академическая лекция с элементами лекции-беседы** (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

**Практическое занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний.

**Консультации** – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

## **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

- программное обеспечение для создания и демонстрации презентаций, иллюстраций и других учебных материалов:

- Microsoft Windows (в составе Microsoft Imagine Premium Electronic Software Delivery).
- Microsoft OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc 021-10232 Microsoft Open License №0005279522.

- для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ – Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next").

## **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT» [http://www.lib.uniyl.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyl.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)

**8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

**а) основная литература**

1. Майорова Н.Л., Методы оптимизации: учеб.пособие для студентов, обучающихся по направлению Прикладная Математика и информатика/ Майорова Н.Л., Глазков Д.В; Ярсл.гос.ун-т им.П.Г. Демидова, Науч.-метод совет ун-та – Ярославль: ЯрГУ, 2015. - 111 с.
2. Майорова Н.Л., Материалы по дисциплине «Методы оптимизации»: метод.указания для студентов, обучающихся по направлению Прикладная Математика и информатика/ Майорова Н.Л., Ярсл.гос.ун-т им.П.Г. Демидова, Науч.-метод совет ун-та – Ярославль: ЯрГУ, 2009. - 48 с

**б) дополнительная литература**

1. Карманов В.Г. Математическое программирование. Учебное пособие. М.: «Наука», 1986, 285 с.
2. Сухарев.А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации. М.: «Наука», 1986, 325 с.
3. Габасов Р. Кириллова Ф.М. Методы оптимизации. Минск, БГУ, 1975, 281 с.
4. Поляк Б.Т. Введение в оптимизацию, М.: «Наука», 1983, 356 с.
5. Моисеев Н.Н., Иванилов Ю.П. , Столярова Е.М. Методы оптимизации. Учебное пособие. М.: «Наука», 1978, 351 с.
6. Горстко А.Б., Домбровский Ю.А., Жак С.В. Методы оптимизации. Метод. указания. МГУ, 1981, 127 с.
7. Дегтярев Ю.И. Методы оптимизации. М.: «Советское радио», 1980, 263 с.
8. Смирнов В.И., Крылов В.И., Канторович Л.В. Вариационное исчисление. КуБуч, 1933, 178 с.
9. Понтрягин Л.С. и др. Математическая теория оптимальных процессов. М.: «Наука», 1983, 392 с.
10. Болтянский В.Г. Математические методы оптимального управления. М.: «Наука», 1969, 408 с.
11. Алексеев В.М., Тихомиров В.М., Фомин С.В. Оптимальное управление. М.: «Наука», 1979, 435 с.
12. Бережной Е.И., Климов В.С. Принцип максимума. ЯрГУ, 1984, 134 с.

**в) ресурсы сети «Интернет»**

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ ([http://www.lib.uniyl.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyl.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)).
2. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (<http://www.edu.ru> (раздел Учебно-методическая библиотека) или по прямой ссылке <http://window.edu.ru/library>).
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» ([www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) ).

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа,
- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Помещения читального зала библиотеки и фонда библиотеки.

Автор(ы) :

Доцент кафедры мат.моделирования, к.п.н. Н.Л. Майорова



**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
Методы оптимизации»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущей аттестации**

При самостоятельной подготовке студентам предлагается использовать методические указания: Майорова Н.Л., Материалы по дисциплине «Методы оптимизации»: метод.указания для студентов, обучающихся по направлению Прикладная Математика и информатика/ Майорова Н.Л., Яросл.гос.ун-т им.П.Г. Демидова, Науч.-метод совет ун-та – Ярославль: ЯрГУ, 2009. - 48 с

**Задания для самостоятельной работы.**

1. Решить задачу линейного программирования геометрически:

$$x_1 - x_2 + x_3 - x_4 \rightarrow \min$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1$$

$$x_i \geq 0, i = 1 - 4$$

2. Решить задачу линейного программирования симплекс-методом:

$$x_1 + x_2 + x_3 \rightarrow \min$$

$$x_1 - x_4 - 2x_6 = 5$$

$$x_2 + 2x_4 + 3x_5 + x_6 = 3$$

$$x_3 + 2x_4 - 5x_5 + 6x_6 = 5$$

$$x_i \geq 0, i = 1 - 6$$

3. Найти глобальные экстремумы функции нескольких переменных:

$$z = e^{-x^2-y^2} (x^2 + 3y^2)$$

4 -5. Использовать приближенные методы нахождения экстремумов функций (конкретный метод решения должен быть выбран самостоятельно):

$$y = 2x^4 - 5x^3 - 4$$

5.  $f(x, y) = (2y - 3x^2)^2 + 0,5(y^2 + x^4)$

6. Используя теорему Куна-Таккера, решить задачу выпуклого программирования:

$$e^{x_1 - x_2} - x_1 - x_2 \rightarrow \min$$

$$x_1 + x_2 \leq 1$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$$

7. Решить изопериметрическую задачу:

$$\int_0^1 \dot{y}^2 dx \rightarrow \min$$

$$\int_0^1 (y - \dot{y}^2) dx = \frac{1}{12}$$

$$y(0) = 0, \quad y(1) = \frac{1}{4}$$

8. Решить задачу на быстродействие – найти управление, переводящее точку двумерной плоскости в начало координат за наименьшее время:

$$\dot{x}_1 = -x_2$$

$$\dot{x}_2 = -x_1 + u$$

$$|u| \leq 1$$

Задания для самостоятельной работы не проверяются и не оцениваются преподавателем. Задания содержат примерные варианты тех задач, которые могут быть предложены студенту на контрольной работе или в процессе сдачи им семестрового экзамена.

### **Контрольная работа №1 по теме «Оптимизация в конечномерных пространствах»**

#### **Вариант 1.**

$$1. e^{2x+3y} (8x^2 - 6xy + 3y^2) \rightarrow \min$$

$$2. \frac{x}{a} + \frac{y}{b} \rightarrow \min$$

$$x^2 + y^2 = 1$$

$$x + y + z \rightarrow \min$$

$$3. x^2 + y^2 - z \leq 0$$

$$z - 1 \leq 0$$

$$\prod_{i=1}^n x_i \rightarrow \max$$

$$4. \sum_{i=1}^n x_i = a$$

$$x_i \geq 0, i = 1 - n, a = const$$

## Вариант 2.

1.  $e^{x^2-y}(5-2x+y) \rightarrow \min$

$$x^2 + y^2 \rightarrow \min$$

2.  $\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 1$

$$x + y - z \rightarrow \min$$

3.  $x^2 + y^2 + z - 3 \leq 0$

$$z + 1 \geq 0$$

$$\sum_{i=1}^n a_i x_i \rightarrow \min$$

4.  $\sum_{i=1}^n x_i^2 = R^2$

$$a = \text{const}, R = \text{const}$$

### Правила выставления оценки по результатам контрольной работы:

Оценка по результатам контрольной работы определяется в баллах по следующему принципу: правильно выполненное задание оценивается в максимальное количество баллов, указанное по данному заданию в варианте. Например, каждое задание оценивается в два балла, то есть всего за контрольную работу можно набрать восемь баллов.

Каждое из заданий может быть оценено половиной заявленных по нему баллов в случае, когда при его выполнении правильно применен необходимый для получения верного ответа алгоритм, но имеются ошибки в численных расчетах.

Полностью неправильно выполненное задание - 0 баллов

Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, набравшему 7 – 8 баллов, оценка «хорошо» выставляется за 5 – 6 баллов, оценка «удовлетворительно» - за 3 – 4 балла. Количество баллов ниже трех соответствует оценке «неудовлетворительно».

### Контрольная работа №2 по теме «Вариационное исчисление»

## Вариант 1.

1. Найти экстремали функционала:

$$\int_{x_0}^{x_1} y \sqrt{1 + \dot{y}^2} dx$$

2. Решить простейшую вариационную задачу:

$$\int_0^{1/2} \left( \frac{1}{4} \dot{x}^2 + x^2 - 4x e^{2t} \right) dt \rightarrow \min$$

$$x(0) = 2, \quad x\left(\frac{1}{2}\right) = e^{-t}$$

3. Решить изопериметрическую задачу:

$$\int_0^{\pi} y''^2 dx \rightarrow \min$$

$$\int_0^{\pi} y'^2 dx = 1$$

$$y(0) = y(\pi) = 0$$

### Вариант 2.

1. Найти экстремали функционала:

$$\int_{x_0}^{x_1} \sqrt{y} \sqrt{1 + \dot{y}^2} dx$$

2. Решить простейшую вариационную задачу:

$$\int_0^{\pi/6} \left( \frac{1}{9} \dot{x}^2 - x^2 - \frac{8}{\pi} x \cos 3t \right) dt \rightarrow \min$$

$$x(0) = -1, \quad x(\pi/6) = 0$$

3. Решить изопериметрическую задачу:

$$\int_0^{\pi} y''^2 dx \rightarrow \min$$

$$\int_0^{\pi} y^2 dx = 0$$

$$y(0) = y(\pi) = 0$$

### Правила выставления оценки по результатам контрольной работы:

Оценка по результатам контрольной работы определяется в баллах по следующему принципу: правильно выполненное задание оценивается в максимальное количество баллов, указанное по данному заданию в варианте. Например, каждое задание оценивается в два балла, то есть всего за контрольную работу можно набрать восемь баллов.

Каждое из заданий может быть оценено половиной заявленных по нему баллов в случае, когда при его выполнении правильно применен необходимый для получения верного ответа алгоритм, но имеются ошибки в численных расчетах.

Полностью неправильно выполненное задание - 0 баллов.

Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, набравшему 7 – 8 баллов, оценка «хорошо» выставляется за 5 – 6 баллов, оценка «удовлетворительно» - за 3 – 4 балла. Количество баллов ниже трех соответствует оценке «неудовлетворительно».

## **2 Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации**

### **Список вопросов к экзамену:**

2. Постановка задачи нелинейного программирования. Глобальные и локальные экстремумы. Унимодальная функция. Теоремы существования. Проекция точки на множество.
3. Дифференцируемые функции в  $n$  – мерном евклидовом пространстве. Примеры.
4. Критерий Сильвестра знакопостоянства квадратичной формы.
5. Необходимые условия минимума в задаче без ограничений. Достаточные условия.
6. Задача с ограничениями типа равенств. Геометрическая интерпретация. Метод множителей Лагранжа. Необходимые и достаточные условия минимума задачи условной оптимизации с ограничениями-равенствами. Условие регулярности. Примеры.
7. Общая задача математического программирования с ограничениями. Необходимые условия оптимальности. Теорема Куна-Таккера. Примеры.
8. Правило множителей Лагранжа в общей задаче с ограничениями. Условия регулярности. Условия Слейтера. Примеры нерегулярных задач.
9. Выпуклые множества. Гиперплоскости, полупространства, полиэдральные множества.
10. Выпуклые функции. Критерии выпуклости дифференцируемой и дважды дифференцируемой функции.
11. Выпуклая задача оптимизации. Критерии минимума в задаче выпуклого программирования.
12. Численные методы одномерной оптимизации.
13. Численные методы минимизации функций многих переменных.
14. Постановка простейшей оптимизационной задачи. Задача о наименьшей поверхности вращения. Задача о брахистохроне.
15. Доказательство вспомогательных предложений в ПВЗ. Леммы 1,2,3.
16. Первая вариация. Уравнение Эйлера. Условие Гильберта. Достаточное условие глобального минимума.
17. Некоторые случаи интегрируемости уравнения Эйлера. Пример – задача геометрической оптики, задача о брахистохроне и др.
18. Обобщение ПВЗ – случай нескольких неизвестных функций. Примеры.
19. Функционалы, зависящие от старших производных. Примеры.
20. Изопериметрическая задача. Пример – задача Дидоны.
21. Задача об оптимальном быстродействии. Основные понятия.
22. Метод динамического программирования.
23. Принцип максимума Понтрягина в математической теории оптимальных процессов.

### **Правила выставления оценки на экзамене.**

В экзаменационные билет включается два теоретических вопроса и одна задача практического характера.. На подготовку к ответу дается не менее 1 часа.

По итогам экзамена выставляется одна из оценок: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

**Оценка «Отлично»** выставляется студенту, который демонстрирует глубокое и полное владение содержанием материала, осуществляет межпредметные связи; умеет связывать теорию с практикой. Студент дает развернутые, полные и четкие ответы на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы, соблюдает логическую последовательность при изложении материала. Грамотно использует терминологию квантовой механики

**Оценка «Хорошо»** выставляется студенту, ответ которого на экзамене в целом соответствуют указанным выше критериям, но отличается меньшей обстоятельностью, глубиной, обоснованностью и полнотой. В ответе имеют место отдельные неточности (несущественные ошибки), которые исправляются самим студентом после дополнительных и (или) уточняющих вопросов экзаменатора.

**Оценка «Удовлетворительно»** выставляется студенту, который дает недостаточно полные и последовательные ответы на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы, но при этом демонстрирует умение выделить существенные и несущественные признаки и установить причинно-следственные связи. Но при этом студентом допускаются ошибки в определении и раскрытии некоторых основных понятий, формулировке положений, которые студент затрудняется исправить самостоятельно. При аргументации ответа студент не обосновывает свои суждения. На часть дополнительных вопросов студент затрудняется дать ответ или дает неверные ответы.

**Оценка «Неудовлетворительно»** выставляется студенту, который демонстрирует разрозненные, бессистемные знания; беспорядочно и неуверенно излагает материал; не умеет выделять главное и второстепенное, не умеет соединять теоретические положения с практикой, не устанавливает межпредметные связи; допускает грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, явлений, вследствие непонимания их существенных и несущественных признаков и связей; дает неполные ответы, логика и последовательность изложения которых имеют существенные и принципиальные нарушения, в ответах отсутствуют выводы. Дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора не приводят к коррекции ответов студента. На основную часть дополнительных вопросов студент затрудняется дать ответ или дает неверные ответы.

Оценка «Неудовлетворительно» выставляется также студенту, который взял экзаменационный билет, но отвечать отказался.

## **Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Методы оптимизации»**

### **Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Методы оптимизации» являются лекции. По всем темам предусмотрены практические занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным задачам и отработка навыков работы с теорией оптимизационных условных и безусловных задач как в конечномерных, так и в бесконечномерных пространствах.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях и практических занятиях. Для решения всех задач необходимо знать и понимать лекционный материал. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, практических занятиях или из учебной литературы.

Большое внимание должно быть уделено выполнению домашней работы. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задачи, аналогичные разобранным на лекциях и практических занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач.

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала в течение обучения проводятся мероприятия текущей аттестации в виде контрольных и самостоятельных работ.

В конце изучения дисциплины студенты сдают экзамен. Экзамен состоит из двух частей – практической и теоретической. Отчетность по практической части предполагает оценивание как работы студента в течение семестра по итогам контрольных работ, так и выполнение объемной расчетно-графической работы по вариантам. Экзамен проводится в письменной форме. Состоит из нескольких блоков вопросов: 1 блок – вопросы и задачи по теории нелинейного программирования (безусловная или условная задача), 2 блок – вариационное исчисление (теория и задачи), третий – задачи оптимального управления. Во время подготовки к экзамену предусмотрена групповая консультация.

Самостоятельно освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Методы оптимизации», студенту крайне сложно. Это связано со сложностью изучаемого материала и его разнородностью. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать экзамен по итогам изучения дисциплины студенту практически невозможно.