

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»  
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.31**

Методы оптимизации

Учебный план: \_\_\_\_\_ ФГОС3++b010302-3\_26-14.plx

Кафедра: 16 Прикладной математики и информатики

Направление подготовки:  
(специальность) 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки:  
(специализация) Прикладная математика и информатика

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

| Семестр<br>(курс для ЗАО) |     | Контактная работа обучающихся |                   | Сам.<br>работа | Контроль,<br>час. | Трудоё<br>мкость,<br>ЗЕТ | Форма<br>промежуточной<br>аттестации |
|---------------------------|-----|-------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------------|
|                           |     | Лекции                        | Практ.<br>занятия |                |                   |                          |                                      |
| 5                         | УП  | 17                            | 51                | 76             | 36                | 5                        | Экзамен                              |
|                           | РПД | 17                            | 51                | 76             | 36                | 5                        |                                      |
| Итого                     | УП  | 17                            | 51                | 76             | 36                | 5                        |                                      |
|                           | РПД | 17                            | 51                | 76             | 36                | 5                        |                                      |

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, утверждённым приказом Минобрнауки России от 10.01.2018 г. № 9

Составитель (и):

Кандидат технических наук, заведующий кафедрой

Ремизова И.В.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой прикладной математики и информатики

Ремизова И.В.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Ремизова И.В.

Методический отдел:

Фахретдинова А. Р.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области подготовки к самостоятельной постановке задач оптимизации, использованию соответствующего математического обеспечения для решения, применения методов оптимизации в практической деятельности и в научных исследованиях.

### 1.2 Задачи дисциплины:

- освоить студентами различных методов решения задач оптимизации и формирование у студентов практических навыков их использования;
- научить применению алгоритмов численных методов и основных инструментальных средств в области методов оптимизации для решения актуальных инженерных и экономических задач;
- получить навыки практической работы по решению оптимизационных задач.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

|                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Знать:</b> основные алгоритмы и способы применения методов оптимизации; современные способы применения методов оптимизации и круг задач, решаемых в пакетах программ Excel и MathCad. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Уметь:</b> применять базовые пакеты прикладных программ в области методов оптимизации для решения современных задач профессиональной деятельности; применять современные алгоритмы методов оптимизации для решения прикладных задач профессиональной деятельности. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Владеть:</b> навыками по математической формулировке практических задач, планированию этапов их решения, выбору оптимальных методов решения, проведению вычислений и обработке результатов вычислений; навыками практической реализации методов оптимизации, организации поиска решений в вышеуказанных пакетах программ, визуализации численных результатов, анализу точности полученных решений и их содержательной интерпретации. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ОПК-3: Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Знать:</b> математические модели методов оптимизации, используемые для решения задач в области профессиональной деятельности. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Уметь:</b> применять и модифицировать математические модели методов оптимизации для решения задач в области профессиональной деятельности. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Владеть:</b> навыками применения и модификации математических моделей методов оптимизации для решения задач в области профессиональной деятельности. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 3 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Семестр<br>(курс для<br>ЗАО) | Контактная<br>работа |               | СР<br>(часы) | Форма<br>текущего<br>контроля |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------|---------------|--------------|-------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                              | Лек.<br>(часы)       | Пр.<br>(часы) |              |                               |
| Раздел 1. Задачи и методы оптимизации.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 5                            |                      |               |              | О                             |
| Тема 1. Математическая постановка задач оптимизации.<br><br>Классификация методов оптимизации. Анализ экстремумов функций в задачах без ограничений и с ограничениями. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции одной и нескольких независимых переменных. Матрица Гессе. Условия положительной определенности квадратной матрицы. |                              | 2                    | 6             | 8            |                               |
| Тема 2. Анализ экстремумов функций в задачах без ограничений и с ограничениями.<br><br>Исследование технологического процесса по математической модели и выбор оптимального технологического режима. Оптимизационная задача в инженерии                                                                                                                      |                              | 2                    | 6             | 12           |                               |
| Тема 3. Безусловная оптимизация.<br><br>Постановка и классификация задач безусловной оптимизации. Основные определения. Классический метод определения экстремума функции. Одномерная оптимизация.                                                                                                                                                           |                              | 2                    | 7             | 10           |                               |
| Тема 4. Оптимизация функций нескольких переменных.<br><br>Методы прямого поиска. Градиентные методы. Методы второго порядка. Условная оптимизация. Множители Лагранжа. Условия Куна–Таккера. Штрафные функции. Метод последовательной безусловной оптимизации Метод скользящего допуща                                                                       |                              | 2                    | 7             | 10           |                               |
| Тема 5. Линейное программирование.<br><br>Постановка задачи линейного программирования. Математическая модель линейного программирования. Графический метод решения задачи линейного программирования. Симплекс-метод. Порождение начального допустимого базисного решения.                                                                                  |                              | 2                    | 7             | 8            |                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |      |    |       |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------|----|-------|---|
| Тема 6. Двойственность в линейном программировании.<br><br>Транспортная задача. Динамическое программирование. Принцип оптимальности Беллмана. Задача об оптимальном распределении ресурсов.                                                                                                   |  | 2    | 4  | 8     |   |
| Раздел 2. Основы вариационного исчисления.                                                                                                                                                                                                                                                     |  |      |    |       |   |
| Тема 7. Простейшие задачи вариационного исчисления.<br><br>Постановка задачи и уравнение Эйлера. Уравнение Эйлера в квадратурах. Обобщения простейшей задачи вариационного исчисления. Вариационные задачи с подвижными границами. Задача с подвижными концами. Задача с подвижными границами. |  | 3    | 8  | 10    | О |
| Тема 8. Вариационные задачи на условный экстремум.<br><br>Прямые методы вариационного исчисления. Метод Ритца. Метод Канторовича. Метод Галёркина.                                                                                                                                             |  | 2    | 6  | 10    |   |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО)                                                                                                                                                                                                                                                            |  | 17   | 51 | 76    |   |
| Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)                                                                                                                                                                                                                                              |  | 2,5  |    | 33,5  |   |
| <b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>                                                                                                                                                                                                                                              |  | 70,5 |    | 109,5 |   |

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5 БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ

Использование балльно-рейтинговой системы не предусмотрено.

#### 6. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ, СИСТЕМЫ И СРЕДСТВ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

##### 6.1 Показатели оценивания

| Код компетенции | Показатели оценивания результатов обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3           | 1. Имеет представление о принципах постановки задач оптимизации; методике анализа математической модели задачи оптимизации; знает основы теории и методы решения задач оптимизации.<br>2. Демонстрирует применение математического аппарата оптимизации на практических примерах.<br>3. Использует методы разработки математических моделей задач оптимизации и оценивания их корректности, выбора метода и разработки алгоритма решения задачи, практической |
| ОПК-1           | 1. Излагает основные понятия и законы теории оптимизации;<br>2. Демонстрирует на практике как реализовать методы теории оптимизации: формализовать исходную проблему, построить математическую модель, решить модель, проверить адекватность модели и реализовать решение.<br>3. Способен выбирать и использовать при решении задач компьютерные технологии.                                                                                                  |

## 6.2 Система и критерии оценивания

| Шкала оценивания           | Критерии оценивания сформированности компетенций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                   |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
|                            | Устное собеседование                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Письменная работа |
| 5 (отлично)                | Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу. Практическое задание выполнено в полном объеме с соблюдением требуемой последовательности действий, самостоятельно. Правильно выбраны параметры и оборудование. Выполнены условия и режимы, обеспечивающие получение правильных результатов и выводов. |                   |
| 4 (хорошо)                 | Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки. Выполнены требования к оценке «отлично», но было допущено два-три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочета.                                                                                                                               |                   |
| 3 (удовлетворительно)      | Ответ неполный, основанный только на лекционных материалах. При понимании сущности предмета в целом существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов. Практическое задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, присутствуют неточности в ответах.                                                                                   |                   |
| 2<br>(неудовлетворительно) | Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки. Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в задании.                                                                                                                                                 |                   |

## 6.3 Типовые контрольные задания и/или иные материалы, используемые для оценки результатов обучения

### 6.3.1 Типовые контрольные вопросы

| № п/п     | Формулировки вопросов                                                                                                        |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Семестр 5 |                                                                                                                              |
| 1         | Необходимое и достаточные условия существования экстремума функции одной и нескольких независимых переменных. Матрица Гессе. |
| 2         | Необходимые условия оптимальности в задаче с ограничениями. Функция Лагранжа. Квадратичная форма по правилу Сильвестра.      |
| 3         | Задачи линейного программирования (ЛП). Характерные черты задач ЛП.                                                          |
| 4         | Методика решения задач ЛП графическим методом.                                                                               |
| 5         | Симплексный метод решения задач линейного программирования                                                                   |
| 6         | Алгоритм поиска опорного решения для симплексного метода решения задач линейного программирования.                           |
| 7         | Алгоритм поиска оптимального решения для симплексного метода решения задач линейного программирования.                       |
| 8         | Транспортная задача (ТЗ). Математическая постановка и алгоритм решения транспортной задачи.                                  |

|    |                                                                                                                                                              |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | Методы безусловной одномерной оптимизации. Постановка задачи. Необходимые и достаточные условия экстремума.                                                  |
| 10 | Унимодальные функции. Теорема.                                                                                                                               |
| 11 | Методы точечного оценивания. Метод квадратичной аппроксимации.                                                                                               |
| 12 | Методы точечного оценивания. Метод Пауэлла.                                                                                                                  |
| 13 | Методы точечного оценивания. Метод половинного деления.                                                                                                      |
| 14 | Методы точечного оценивания. Метод Фибоначчи.                                                                                                                |
| 15 | Условная оптимизация. Множители Лагранжа.                                                                                                                    |
| 16 | Оптимизация функций нескольких переменных. Метод прямого поиска.                                                                                             |
| 17 | Оптимизация функций нескольких переменных. Метод покоординатного спуска.                                                                                     |
| 18 | Поиск минимума функции нескольких независимых переменных методом покоординатного спуска.                                                                     |
| 19 | Методы безусловной оптимизации функций нескольких переменных с использованием производных. Метод градиентного спуска. Алгоритм метода градиентного спуска.   |
| 20 | Методы безусловной оптимизации функций нескольких переменных с использованием производных. Метод наискорейшего спуска. Алгоритм метода наискорейшего спуска. |
| 21 | Понятие функционала и вариации функции.                                                                                                                      |
| 22 | Постановка вариационной задачи с закрепленными концами.                                                                                                      |
| 23 | Теорема. Необходимое условие локального экстремума функционала.                                                                                              |
| 24 | Уравнение Эйлера. Формулировка простейшей задачи вариационного исчисления.                                                                                   |
| 25 | Лемма Дюбуа-Реймона.                                                                                                                                         |
| 26 | Уравнение Эйлера в квадратурах. Случай интегрирования в квадратурах.                                                                                         |
| 27 | Функционалы от нескольких переменных. Необходимые условия экстремума таких функционалов.                                                                     |
| 28 | Теорема об экстремальных функционала от нескольких переменных.                                                                                               |
| 29 | Уравнение Эйлера-Пуассона                                                                                                                                    |
| 30 | Функционалы от функций многих переменных. Уравнение Остроградского.                                                                                          |
| 31 | Задача с подвижными концами.                                                                                                                                 |
| 32 | Задачи на условный экстремум. Задача Лагранжа                                                                                                                |
| 33 | Прямые методы решения вариационных задач. Метод Ритца.                                                                                                       |
| 34 | Прямые методы решения вариационных задач. Метод Канторовича.                                                                                                 |
| 35 | Прямые методы решения вариационных задач. Метод Галёркина.                                                                                                   |

### 6.3.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

### 6.3.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Решить задачу аналитической градуировки датчика для критерия оптимальности, рассчитав коэффициенты градуировочной зависимости по экспериментальным данным.

Построить график теоретической зависимости для критерия F.

№ опыта 1 2 3 4 5

m, mA 0 5 8 14 18

Y, % 2 2.5 2.8 3.2 3.5

2. Необходимо исследовать функцию на экстремум.

$$z=2x^3 - x^2y + 5x^2 - y^2$$

## 6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

### 6.4.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

### 6.4.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☒ Письменная ☐ Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

### 6.4.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- Возможность пользоваться справочными таблицами, калькулятором;
- Время на подготовку ответа 25 минут;
- Аттестация проводится в компьютерном классе.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Учебная литература

| Автор                                              | Заглавие                                                                                        | Издательство                                                                                                                                                | Год издания | Ссылка                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>7.1.1 Основная учебная литература</b>           |                                                                                                 |                                                                                                                                                             |             |                                                                                                                                     |
| В. А. Липин                                        | Методы оптимизации: учеб. пособие                                                               | М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петербург. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Выш. шк. технологии и энергетики. - Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД | 2022        | <a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kaffizikollchem/1661991100.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kaffizikollchem/1661991100.pdf</a> |
| Ахмадиев, Ф. Г., Гильфанов, Р. М.                  | Математическое моделирование и методы оптимизации                                               | Москва: Ай Пи Ар Медиа                                                                                                                                      | 2022        | <a href="https://www.iprbooks.hop.ru/116448.html">https://www.iprbooks.hop.ru/116448.html</a>                                       |
| Потихонова В. В.                                   | Исследование операций и методы оптимизации                                                      | Санкт-Петербург: СПбГУПТД                                                                                                                                   | 2021        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202124">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202124</a>       |
| <b>7.1.2 Дополнительная учебная литература</b>     |                                                                                                 |                                                                                                                                                             |             |                                                                                                                                     |
| Гайлит, Е. В.                                      | Исследование операций и методы оптимизации. Элементы выпуклого и динамического программирования | Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна                                                          | 2020        | <a href="https://www.iprbooks.hop.ru/118382.html">https://www.iprbooks.hop.ru/118382.html</a>                                       |
| Олейникова, С. А.                                  | Численные методы решения оптимизационных задач                                                  | Воронеж: Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ                                                                                       | 2021        | <a href="https://www.iprbooks.hop.ru/118626.html">https://www.iprbooks.hop.ru/118626.html</a>                                       |
| Олейникова, С. А., Сергеева, Т. И., Сергеев, М. Ю. | Численные методы оптимизации                                                                    | Воронеж: Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ                                                                                       | 2021        | <a href="https://www.iprbooks.hop.ru/118625.html">https://www.iprbooks.hop.ru/118625.html</a>                                       |
| Алексеев, Г. В., Холявин, И. И.                    | Численное экономико-математическое моделирование и оптимизация                                  | Саратов: Вузовское образование                                                                                                                              | 2019        | <a href="http://www.iprbookshop.ru/79692.html">http://www.iprbookshop.ru/79692.html</a>                                             |
| Аттетков, А. В., Зарубин, В. С., Канатников, А. Н. | Методы оптимизации                                                                              | Саратов: Вузовское образование                                                                                                                              | 2018        | <a href="http://www.iprbookshop.ru/77664.html">http://www.iprbookshop.ru/77664.html</a>                                             |
| Палинчук, Н. Ф.                                    | Методы оптимизации                                                                              | Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ                                                                                           | 2017        | <a href="http://www.iprbookshop.ru/74404.html">http://www.iprbookshop.ru/74404.html</a>                                             |

|                                                        |                                                         |                                                                                               |      |                                                                                         |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Мицель, А. А.,<br>Шелестов, А. А.,<br>Романенко, В. В. | Методы оптимизации                                      | Томск: Томский<br>государственный<br>университет систем<br>управления и<br>радиоэлектроники   | 2017 | <a href="http://www.iprbookshop.ru/72127.html">http://www.iprbookshop.ru/72127.html</a> |
| Ахмадиев, Ф. Г.,<br>Гильфанов, Р. М.                   | Математическое<br>моделирование и методы<br>оптимизации | Казань: Казанский<br>государственный<br>архитектурно-<br>строительный<br>университет, ЭБС АСВ | 2017 | <a href="http://www.iprbookshop.ru/73309.html">http://www.iprbookshop.ru/73309.html</a> |

## 7.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>

Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>

Электронно-библиотечная система «Айбукс» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ibooks.ru/>

## 7.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8

MicrosoftOfficeProfessional 2013

PTC Mathcad 15

## 7.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

| Аудитория            | Оснащение                                                                                                                                                               |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекционная аудитория | Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска                                                                                                           |
| Компьютерный класс   | Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду |