

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор, проректор по
УР

_____ А.Е. Рудин

Рабочая программа дисциплины

Б1.О.10

Оптимизация технологических процессов

Учебный план: 2024-2025 29.04.02 ИТМ МиЭКПТиЛП ОО №2-1-35.plx

Кафедра: **48** Технологии и проектирования текстильных изделий

Направление подготовки:
(специальность) 29.04.02 Технологии и проектирование текстильных изделий

Профиль подготовки: Материаловедение и экспертиза качества продукции текстильной и легкой промышленности
(специализация)

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

План учебного процесса

| Семестр (курс для ЗАО) | Контактная работа обучающихся | | Сам. работа | Контроль, час. | Трудоёмкость, ЗЕТ | Форма промежуточной аттестации | |
|---------------------------|----------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| | Лекции | Практ. занятия | | | | | |
| 2 | УП | 34 | 34 | 47 | 29 | 4 | Экзамен, Курсовая работа |
| | РПД | 34 | 34 | 47 | 29 | 4 | |
| Итого | УП | 34 | 34 | 47 | 29 | 4 | |
| | РПД | 34 | 34 | 47 | 29 | 4 | |

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 29.04.02 Технологии и проектирование текстильных изделий, утвержденным приказом Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 965

Составитель (и):

доктор технических наук, Директор института _____

Иванов Олег Михайлович

доктор технических наук, Профессор _____

Михайлов Борис
Сергеевич

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой технологии и проектирования
текстильных изделий _____

Иванов Олег Михайлович

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой _____

Куличенко Анатолий
Васильевич

Методический отдел:

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области освоения основных принципов решения задач оптимизации на основании разработанных математических моделей, связанных с различными как уже существующими технологическими процессами, так и с вновь разрабатываемыми технологиями. Для эффективного проведения технологических процессов производства текстильных материалов их необходимо оптимизировать с целью повышения производительности, снижения затрат энергии, трудоемкости и сырья.

1.2 Задачи дисциплины:

- Обеспечить необходимую подготовку магистра к его профессиональной деятельности;
- Научить методам грамотного выбора критериев оптимизации, моделей технологических процессов, ограничений, накладываемых при решении задач оптимизации;
- Освоить математические методы, применяемые для определения оптимальных параметров технологического процесса;
- Обучить методам расчета оптимальных технологических режимов, оптимального состава используемого сырья, эффективной организации производства и т. п. на основе математических моделей технологических процессов.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Моделирование технологических процессов

Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы))

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| |
|---|
| ОПК-7: Способен использовать экспериментально статистические методы оптимизации технологических процессов производства текстильных материалов и изделий на базе системного подхода к анализу качества сырья, технологического процесса и требований к конечной продукции |
| Знать: Основные понятия и принципы решения задач оптимизации технологических процессов |
| Уметь: Использовать аналитические и численные методы при решении задач оптимизации технологических процессов |
| Владеть: Навыками поиска оптимальных решений при разработке технологических процессов текстильного производства |

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

| Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий | Семестр (курс для ЗАО) | Контактная работа | | СР (часы) | Инновац. формы занятий | Форма текущего контроля |
|--|---------------------------|-------------------|---------------|--------------|------------------------------|-------------------------------|
| | | Лек. (часы) | Пр. (часы) | | | |
| Раздел 1. Методы решения задач оптимизации для функции одной переменной | 2 | | | | | ,Л |
| Тема 1. Понятие об оптимизации; объект оптимизации; Основные понятия задач оптимизации. Управляемые переменные. Ограничения задачи. Целевая функция и критерий оптимизации. Области допустимых решений. Оптимальное решение. Этапы решения задачи оптимизации; виды задач оптимизации технологических процессов. | | 4 | | 4 | ИЛ | |
| Тема 2. Аналитические методы оптимизации функции одной переменной | | 2 | | 3 | | |
| Тема 3. Численные методы поиска экстремумов функции одной переменной. Метод равномерного поиска. Метод сканирования. Метод поразрядного приближения. Применение метода поразрядного приближения для решения конкретных задач. Практическая работа 1: Построение программы поиска экстремума многомерной функции методом сканирования. | | 2 | 2 | 3 | | |
| Тема 4. Метод дихотомии для поиска экстремума функции одной переменной. Алгоритм его реализации. Применение метода дихотомии для построения программы расчета. Практическая работа 2: Построение программы поиска экстремума функции одной переменной методом дихотомии на заданном интервале для произвольной функции. | | 2 | 2 | 3 | | |
| Тема 5. Применение программы «Excel» для решения задач оптимизации. Поиск корней уравнения при решении задач оптимизации. Численные метода поиска корней уравнения. | | 2 | | 2 | ИЛ | |
| Раздел 2. Методы линейного программирования при решении многомерных задач оптимизации. | | | | | | |
| Тема 6. Аналитические методы безусловной оптимизации функции нескольких переменных. Безусловная оптимизация квадратичных многомерных целевых функций. | 2 | 2 | 2 | | | |

| | | | | | |
|--|---|---|---|----|---|
| <p>Тема 7. Методы линейного программирования при решении многомерных задач оптимизации. Решение задач о минимальной стоимости смеси и максимальной прибыли при выпуске продукции различного ассортимента. Практическая работа 3: Подготовка программы для выбора оптимального состава смеси по стоимости методом линейного программирования. Практическая работа 4: Подготовка программы выбора оптимального плана производства пряжи разных артикулов для получения максимальной прибыли.</p> | 2 | 6 | 4 | ИЛ | |
| <p>Тема 8. Геометрический метод решения задач линейного программирования. Симплекс-метод решения задач линейного программирования. Практическая работа 5: Решение задачи по оптимальному составу смеси графическим методом. Практическая работа 6: Решение задачи по оптимальному плану производства текстильных материалов разных артикулов графическим методом.</p> | 2 | 6 | 4 | ИЛ | |
| <p>Раздел 3. Решение задач нелинейного программирования для многомерных функций</p> | | | | | |
| <p>Тема 9. Поиск экстремумов для квадратичных регрессионных моделей нескольких переменных. Матрица Гессе. Использование критерия Сильвестра для поиска экстремумов. Практическая работа 7: Поиск экстремумов для квадратичных регрессионных моделей нескольких переменных. Матрица Гессе. Использование критерия Сильвестра для поиска экстремумов.</p> | 4 | 2 | 4 | ИЛ | |
| <p>Тема 10. Численные методы решения задач нелинейного программирования. Метод координатного спуска. Метод градиентного поиска. Метод Ньютона. Практическая работа 8: Численные методы решения задач нелинейного программирования. Метод координатного спуска.</p> | 2 | 4 | 4 | ИЛ | Л |
| <p>Тема 11. Оптимизационные задачи нелинейного программирования с ограничениями типа линейных неравенств. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Геометрический метод решения задач нелинейного программирования.</p> | 4 | | 2 | | |
| <p>Тема 12. Методы условной оптимизации многомерной целевой функции. Метод случайного поиска.</p> | 2 | | 2 | | |
| <p>Раздел 4. Многокритериальные и специальные задачи оптимизации</p> | | | | | Л |

| | | | | |
|--|------|----|------|----|
| Тема 13. Многокритериальные задачи оптимизации. Способы выбора комплексных критериев оптимизации. Сравнение результатов при различном выборе комплексного критерия. Примеры решения оптимизационных задач при различном выборе комплексного критерия оптимизации. Практическая работа 9: Решение многокритериальной задачи оптимизации на основе построения комплексного критерия различными способами. | 4 | 2 | 4 | ИЛ |
| Тема 14. Специальные виды программирования. Диссоциативно-шаговый метод поиска оптимального решения. Метод динамического программирования. | | 2 | 2 | |
| Тема 15. Примеры решения конкретных технологических задач оптимизации технологических процессов текстильного производства. Практическая работа 10: Оптимизация параметров выпускаемой пряжи из смеси волокон на основе модели Соловьева. Практическая работа 11: Оптимизация процесса термофиксации рулонного материала с использованием ИК излучателей | | 6 | 4 | ИЛ |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО) | 34 | 34 | 47 | |
| Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа) | 4,5 | | 24,5 | |
| Всего контактная работа и СР по дисциплине | 72,5 | | 71,5 | |

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта): Выполняемая курсовая работа направлена на более глубокое усвоение студентами изучаемого материала по дисциплине.

4.2 Тематика курсовой работы (проекта): Курсовая работа относится к оптимизации технологических процессов из области технологии производства текстильных материалов (технология прядения, технология тканей, технология нетканых материалов) на основе существующих математических моделей с заданными ограничениями задачи.

4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):

Оформление курсовой работы должно соответствовать требованиям, предъявляемым к оформлению рукописи ГОСТ 7.32-2017.

Работа выполняется обучающимся, с использованием компьютера

Результаты представляются в виде отчета. Объем работы должен составлять 10 – 12 стр. и содержать следующие обязательные элементы:

- Описание математической модели технологического процесса, управляемых переменных и критерия оптимизации;
- Обоснование ограничений задачи оптимизации и их обоснование;
- Выбор и обоснование метода численного решения задачи оптимизации для выбранного критерия;
- Блок-схема программы оптимизации;
- Программа оптимизации для выбранного критерия и заданных ограничений задачи;
- Результаты расчетов и анализ полученных результатов.

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

5.1.1 Показатели оценивания

| Код компетенции | Показатели оценивания результатов обучения | Наименование оценочного средства |
|-----------------|---|--|
| ОПК-7 | Формулирует значение основных терминов, используемых при решении задач оптимизации. Перечисляет ограничения задач | Вопросы для устного собеседования. Практико- |

| | | |
|--|--|--------------------------|
| | <p>оптимизации. Описывает алгоритм решения задач оптимизации.</p> <p>Применяет способы решения задач оптимизации технологических процессов текстильного производства на основе моделей, полученных экспериментальными методами. Использует в качестве ограничений задачи требования к качеству сырья, а в качестве критерия оптимизации - требования к конечной продукции.</p> <p>Строит программы для оптимизации технологических процессов на основе моделей, полученных экспериментально с заданными ограничениями.</p> | ориентированное задание. |
|--|--|--------------------------|

5.1.2 Система и критерии оценивания

| Шкала оценивания | Критерии оценивания сформированности компетенций | |
|-------------------------|--|--|
| | Устное собеседование | Письменная работа |
| 5 (отлично) | Обучающийся показывает всестороннее и глубокое знание основ методов оптимизации. Обучающийся демонстрирует правильное понимание условий задачи, владеет навыками выбора метода решения. Получил правильный ответ и может его интерпретировать. | Полное и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками информации. Качество исполнения всех элементов работы соответствует требованиям, содержание полностью соответствует заданию. Полученные результаты представлены на основании изучения и анализа исследуемого процесса. Даны исчерпывающие выводы и полные ответы на поставленные вопросы. Работа представлена к защите в требуемые сроки. |
| 4 (хорошо) | Обучающийся показывает достаточный уровень знаний основ оптимизации технологических процессов, усвоил основную литературу, допускает незначительные погрешности при ответах на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы преподавателя. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки. | Работа выполнена в соответствии с заданием. Полученные результаты связаны с базовыми понятиями профессиональной области. Даны полные ответы на поставленные вопросы, но имеют место несущественные нарушения в оформлении работы или даны нечеткие выводы, или нарушены сроки предоставления работы к защите. |
| 3 (удовлетворительно) | Обучающийся показывает знания учебного материала в минимальном объеме, при этом допускает существенные ошибки в ответе на экзамене, но может устранить их под руководством преподавателя. | Задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, присутствуют неточности в ответах, либо качество представления работы низкое, либо работа представлена с опозданием. |
| 2 (неудовлетворительно) | Обучающийся допускает при ответе на экзамене существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя. Обучающийся не может сформулировать хотя бы отдельные концепции дисциплины. | Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления работы или сроков представления работы. Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. |

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

5.2.1 Перечень контрольных вопросов

| № п/п | Формулировки вопросов |
|-----------|--|
| Семестр 2 | |
| 1 | Понятие об оптимизации; объект оптимизации; Основные понятия задач оптимизации. Управляемые переменные. Ограничения задачи. |
| 2 | Целевая функция и критерий оптимизации. Области допустимых решений. Оптимальное решение. Этапы решения задачи оптимизации; виды задач оптимизации технологических процессов. |
| 3 | Аналитические методы оптимизации функции одной переменной; |

| | |
|----|--|
| 4 | Численные методы поиска экстремумов функции одной переменной. Метод равномерного поиска. Метод сканирования. |
| 5 | Метод поразрядного приближения. Применение метода поразрядного приближения для решения конкретных задач. |
| 6 | Метод дихотомии для поиска экстремума функции одной переменной. Алгоритм его реализации. Применение метода дихотомии для построения программы расчета. |
| 7 | Поиск корней уравнения при решении задач оптимизации. Численные методы поиска корней уравнения. |
| 8 | Аналитические методы безусловной оптимизации функции нескольких переменных. |
| 9 | Безусловная оптимизация квадратичных многомерных целевых функций. |
| 10 | Методы линейного программирования при решении многомерных задач оптимизации. Решение задач о минимальной стоимости смеси. |
| 11 | Методы линейного программирования при решении многомерных задач оптимизации. Решение задач о максимальной прибыли при выпуске продукции различного ассортимента. |
| 12 | Геометрический метод решения задач линейного программирования. Симплекс-метод решения задач линейного программирования. |
| 13 | Поиск экстремумов для квадратичных регрессионных моделей нескольких переменных. Матрица Гессе. Использование критерия Сильвестра для поиска экстремумов. |
| 14 | Численные методы решения задач нелинейного программирования. Метод координатного спуска. |
| 15 | Численные методы решения задач нелинейного программирования. Метод градиентного поиска. Метод Ньютона. |
| 16 | Оптимизационные задачи нелинейного программирования с ограничениями типа линейных неравенств. Метод неопределенных множителей Лагранжа. |
| 17 | Геометрический метод решения задач нелинейного программирования. |
| 18 | Методы условной оптимизации многомерной целевой функции. Метод случайного поиска. |
| 19 | Многокритериальные задачи оптимизации. Способы выбора комплексных критериев оптимизации. |
| 20 | Специальные виды программирования. Диссоциативно-шаговый метод поиска оптимального решения. |
| 21 | Специальные виды программирования. Метод динамического программирования. |

5.2.2 Типовые тестовые задания

1 Количество критериев оптимизации в задаче может быть:

1 - не более 2-х; 2 - любое количество; 3 - только 1; 4 - не больше числа переменных.

2 Ограничений в задаче оптимизации может быть:

1 - не более 1; 2 - не больше количества переменных; 3 - любое количество;

4 - не менее числа переменных.

3 Допустимое решение задачи оптимизации это:

1 - значения управляемых переменных удовлетворяющих целевой функции;

2 - набор значений управляемых переменных, удовлетворяющих всем ограничениям задачи;

3 - управляемые переменные, дающие экстремальное значение целевой функции;

4 - значения управляемых переменных, обеспечивающих максимальное значение критерия оптимизации.

4 Определить аналитическим методом положение \min функции $f(x) = \cos(\pi x/5)$ на интервале от 1 до 7:

1. $x = 2,5$; 2. $x = \pi/2$; 3. $x = \pi$; 4. $x = 5$.

5 Поиск экстремума целевой функции методом дихотомии заключается:

1 - в последовательном вычислении значений функции и выборе максимального значения;

2 - в определении значения переменной, обеспечивающей равенство 0 производной целевой функции;

3 - в последовательном делении интервала изменения переменной пополам и выборе части, содержащей максимум функции;

4 - в переборе всех значений функции на заданном интервале и выборе наибольшего из них.

6 Завершение вычислений положения максимума по методу дихотомии происходит:

1 - при достижении максимума функции;

2 - при получении интервала, содержащего максимум функции;

3 - при получении размера интервала меньше удвоенного значения погрешности;

4 - при сокращении размера интервала в заданное число раз;

7 Критерий Сильвестра для минимума функции 3-х переменных требует выполнение неравенств:

1 - $\det 1 < 0$, $\det 2 < 0$, $\det 3 < 0$; 2 - $\det 1 > 0$, $\det 2 > 0$, $\det 3 > 0$;

3 - $\det 1 > 0$, $\det 2 < 0$, $\det 3 > 0$; 4 - $\det 1 < 0$, $\det 2 > 0$, $\det 3 < 0$.

8 При оптимизации состава смеси количество компонентов:

1 - не больше 2-х; 2 - не больше 3-х; 3 - не меньше 3-х;

4 - любое количество.

9 В задаче об оптимизации состава смеси в качестве управляемых переменных выбирают:

1 - количество компонентов смеси;

2 - доля волокна в смеси;

3 - технические характеристики волокон смеси;

4 - средние значения параметров волокон в смеси.

10 Экстремум функции $y = 8 + 5x_1 + 15x_2 - 2x_1^2 + 16x_2^2$ находится в точке:

1 - (3; 8); 2 - (-3; 8); 3 - (1,5; 4); 4 - (-1,5; 4);

11 Задача оптимизации функции нескольких переменных будет относиться к задачам линейного программирования:

1 - если целевая функция определена линейной функцией относительно одной из переменных;

2 - если целевая функция и функции ограничения задачи являются линейными относительно управляемых переменных;

3 - если ограничения задачи представляются линейными функциями по каждой из управляемых переменных;

4 - если критерий оптимизации задан в виде нескольких линейных функций по каждой переменной.

12 Оптимизационная задача является нелинейной если:

1 - целевая функция нелинейная;

2 - нелинейны целевая функция и все ограничения;

3 - нелинейны ограничения задачи;

4 - нелинейна целевая функция и/или хотя бы одно ограничение задачи.

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. В результате проведения эксперимента получено следующее регрессионное уравнение в кодированных переменных:

$$y = 10,78 - 0,13x_1 + 0,13x_2 + 0,44x_1^2 - 0,13x_2^2$$

y – относительная разрывная нагрузка одиночной нити, сН/текс,

x₁ – скорость шляпочного полотна, x₂ – частота вращения съемного барабана.

Уровни варьирования факторов x₁, x₂ приведены в таблице.

Найти оптимальный режим работы чесальной машины, используя аналитический метод определения оптимума.

2. В результате проведения эксперимента получено следующее регрессионное уравнение в кодированных переменных:

y – коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %

x₁ – скорость шляпочного полотна, x₂ – частота вращения съемного барабана.

Уровни варьирования факторов x₁, x₂ приведены в таблице.

Найти оптимальный режим работы чесальной машины, используя аналитический метод определения оптимума.

3. В результате проведения эксперимента получено следующее регрессионное уравнение в кодированных переменных:

y – показатель качества по пасме, x₁ – скорость шляпочного полотна,

x₂ – частота вращения съемного барабана.

Уровни варьирования факторов x₁, x₂ приведены в таблице.

Найти оптимальный режим работы чесальной машины, используя аналитический метод определения оптимума.

5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

5.3.1 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»

5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная

+

Письменная

Компьютерное тестирование

Иная

5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Время на подготовку ответа 40-45 минут.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

| Автор | Заглавие | Издательство | Год издания | Ссылка |
|--|---|---|-------------|--|
| 6.1.1 Основная учебная литература | | | | |
| Андросова, Г. М., Косова, Е. В. | Моделирование и оптимизация процессов | Омск: Омский государственный технический университет | 2017 | http://www.iprbooksh op.ru/78444.html |

| | | | | |
|--|---|------------------------------|------|---|
| Ахмадиев, Ф. Г., Гильфанов, Р. М. | Математическое моделирование и методы оптимизации | Москва: Ай Пи Ар Медиа | 2022 | https://www.iprbooks hop.ru/116448.html |
| 6.1.2 Дополнительная учебная литература | | | | |
| Григорьева Е. Г. | Оптимизация технологических процессов | СПб.: СПбГУПТД | 2016 | http://publish.sutd.ru/ tp_ext_inf_publish.ph p?id=2016513 |
| Иванов О.М., Анисимова Т.А. | Оптимизация технологических процессов | Санкт-Петербург: СПбГУПТД | 2023 | http://publish.sutd.ru/ tp_ext_inf_publish.ph p?id=202347 |
| Суздалов Е. Г., Кравец Т. А. | Моделирование и методы оптимизации | СПб.: СПбГУПТД | 2018 | http://publish.sutd.ru/ tp_ext_inf_publish.ph p?id=2018392 |
| Иванов О.М. | Оптимизация технологических процессов. Курсовая работа | СПб.: СПбГУПТД | 2019 | http://publish.sutd.ru/ tp_ext_inf_publish.ph p?id=2019164 |
| Туркина Н. Р. | Методы оптимизации. Контрольные задания | СПб.: СПбГУПТД | 2015 | http://publish.sutd.ru/ tp_ext_inf_publish.ph p?id=2198 |

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. ЭБС IPRbooks <http://www.iprbooksshop.ru>
2. <http://publish.sutd.ru/>
3. Журнал «Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности»
<http://journal.prouniver.ru/tlp/>
4. Журнал «Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности»
<https://ttp.ivgpu.com/>

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Microsoft Windows Home Russian Open No Level Academic Legalization Get Genuine (GGK) + Microsoft Windows Professional (Pro – профессиональная) Russian Upgrade Open No Level Academic
MicrosoftOfficeProfessional

6.4 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 |