

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Саратовский государственный технический  
университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

***Б.1.3.10.1. «Акустические методы контроля в машиностроении»***

*по направлению подготовки*

*22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»*

*Профиль 1– «Материаловедение и технология новых материалов»*

*Квалификация – бакалавр*

форма обучения – очная

курс - 3

семестр - 6

зачетных единиц – 4

часов в неделю – 4

всего часов – 144

в том числе:

лекции - 18

коллоквиумы – нет

практические занятия – 54

лабораторные занятия – нет

самостоятельная работа - 72

зачет – 6 семестр

экзамен – нет

РГР – нет

курсовая работа – нет

курсовой проект – нет

## **1. Цель и задачи дисциплины.**

Курс посвящен ультразвуковым методам неразрушающего контроля и измерения качества соединения в металлоконструкциях, а также измерения толщины листов, стенок, труб и т.д. Возможности использования их для исследования структуры материалов и определения их физико-механических характеристик (модуля упругости, твердости и т.д.). Задачи дисциплины состоят в изучении:

- прохождение плоской звуковой волны через границы различных сред;

- дифракционных явлений при длине волны больше размеров препятствия;

- зависимости скорости распространения звука от частоты (дисперсии);

- электроакустических преобразователей;

- конструкций акустических волноводов;

- акусто-эмиссионных преобразователей;

- аппаратура для преобразования сигналов акустической эмиссии;

- принципов построения акустических приборов;

- структурных схем дефектоскопов;

- принципиальных схем генераторов для формирования ультразвуковых колебаний.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП ВО**

Данная дисциплина является продолжением изучения методов контроля, рассмотренных в курсе Б.1.1.13 «Метрология, стандартизация, сертификация». При изучении этой дисциплины студент должен применять знания, полученные им при изучении следующих дисциплин: Б.1.1.6 «Физика» (раздел - акустика), Б.1.1.5 «Математики» (основы математической физики, дифференциальные уравнения).

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций: ПК-4, ПК-7.

**ПК-4-способность использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации.**

Знать: о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации.

Уметь: использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации.

Владеть: способностью использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации.

**ПК-7- способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов.**

Знать: методы моделирования физических, химических и технологических процессов.

Уметь: выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов.

Владеть: способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов.

#### **4. Распределение трудоемкости дисциплины по темам и видам занятий**

№	Наименование темы	Всего часов	Лекции	Лабораторные	Практическое	Самостоятельная работа
1	Теоретические аспекты ультразвука.	20	2		6	12
2	Характеристики акустических методов контроля	10	2		8	
3	Расчет диаграммы направленности. Материалы применяемые в электроакустических преобразователях. Пьезоэлектрические преобразователи на основе пьезокерамики.	16	2		2	12
4	Методы излучения и приема УЗ волн.	24	2		10	12

	Основы проектирования УЗ приборов.					
5	Электроакустические преобразователи. Методика расчета.	24	2		10	12
6	Приборы для ультразвукового контроля материалов. История развития.	22	2		8	12
7	Специальные функциональные узлы для автоматизированной обработки результатов.	19	2		5	12
8	Методика измерения УЗ колебаний. Приборы для временного метода.	9	4		5	
<b>ВСЕГО</b>		<b>144</b>	<b>18</b>		<b>54</b>	<b>72</b>

### 5. Содержание лекционного курса

№ темы	№ лекции	Кол-во часов	Наименование лекции	Учебно-методическое обеспечение
			4	5
1	1	2	<b>Теоретические аспекты ультразвука.</b> Основы теории распространения УЗ. Основные параметры УЗ. Интенсивность и мощность УЗ. Затухание УЗ. Отражение УЗ от границы двух сред. Интерференция и дифракция УЗ волн. Характеристики излучателя УЗ.	1-4
1	2	2	<b>Характеристики акустических методов контроля.</b> Теневой, резонансный, эхо-импульсный, акустической эмиссии (эмиссионный), велосимметрический, импедансный, свободных колебаний. Конструкция искателей и способы их установки. Приборы акустического контроля. Приборы для контроля резонансным методом.	1-4
3	3	2	<b>Расчет диаграммы направленности. Материалы применяемые в электроакустических преобразователях.</b> Наиболее важные	1-4

			дефектоскопические свойства УЗК: направленность УЗК, ближняя и дальняя зоны преобразователей, отражение УЗК от несплошностей, затухание, трансформация УЗК. Материалы пьезоэлемента, демфера, линий задержек, призм.	
2	4	2	<b>Пьезоэлектрические преобразователи на основе пьезокерамики.</b> Проявление пьезоактивности. Пироэлектрики. Сегнетоэлектрики. Сегнетоэлектрические пьезокерамики.	1-4
4	5	2	<b>Методы излучения и приема УЗ волн. Основы проектирования УЗ приборов.</b> Механические, тепловые излучатели. Электростатические, электродинамические методы возбуждения УЗ колебаний. Магнитострикционные методы формирования УЗ волн. Схемы приема УЗ колебаний. Прием на основе магнитоупругого эффекта. Прием на основе модулируемого рассеяного потока. Применение оптических методов для приема УЗ колебаний. Диффракция света на звуковой волне. Шлиреноптический метод. Диффракция света по Брегу на УЗ волне. Применение интерферометра Майкельсона. Устройства УЗ контроля на основе лазеров. Функциональная схема дефектоскопа общего назначения. Генераторы импульсов возбуждения. Приемно-усилительный тракт. Типы разверток.	1-4
5	6	2	<b>Электроакустические преобразователи.</b> Конструкция преобразователей. Классификация преобразователей. Ферритовые магнитострикционные вибраторы. Акустический излучатель, акустический приемник. Конструктивные особенности преобразователей. Резонансная частота и чувствительность преобразователя. График для определения резонансных размеров и симметричной колебательной системы. Электромагнитные ультразвуковые преобразователи. Методы и приборы для УЗ контроля материалов.	1-5, 8-9
5	7	2	<b>Приборы для ультразвукового контроля материалов.</b> История развития. Конструкция и принцип действия эхо-импульсного дефектоскопа. Блок-схемы основных узлов. Кинескоп. Тактовый генератор. Схемы для формирования	1-5

			импульсов. Излучатель и приемник сигналов.	
6	8	2	<b>Специальные функциональные узлы для автоматизированной обработки результатов.</b> Вентильные схемы. Снижение эхо импульса от задней стенки. Устройства для измерения толщины стенки. Устройства и способы оформления документации результатов измерений. Метод регистрации по Мартину и Вернеру. Прямые искатели с одним излучателем. Наклонные искатели с одним излучателем. Контроль продольными волнами. Переключаемый наклонный искатель по Кизингу.	1-5
6	9	2	<b>Методика измерения УЗ колебаний.</b> Интерферометрический метод измерения УЗ колебаний. <b>Приборы для временного метода.</b> Метод интегрирования импульсов УЗ. Диаграммы путь-время. Способ подсчета с искусственным пусковым импульсом. Измерение толщины стенки при хорошем качестве поверхности. Анализ полученных изображений на экране дисплея. Примеры промышленных толщиномеров.	1-5

## 6 Содержание коллоквиумов

Не предусмотрены учебным планом

## 7. Перечень практических занятий студентов

№ темы	Номер практической	Кол. часов	Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	1	2	<b>Расчет параметров УЗ.</b> Расчет скорости, затухания, интенсивности, амплитуды распространения акустических волн. Использование шкалы децибелов.	1-6
1	2	2	<b>Построение диаграммы направленности.</b> Формирование акустического поля. Акустическое поле. Интерференция. Дифракция Френеля. Дальняя зона излучателя. Акустическая ось, центральный луч. Ширина основного лепестка диаграммы направленности.	1-6
1	3	2	<b>Расчет полного акустического сопротивления и коэффициента затухания.</b> Отражение от несплошностей. Коэффициент отражения. Затухание. Рассеяние, реверберация УЗ.	1-6

2	4	6	<b>Изучение явлений прохождения УЗ на границе раздела двух сред.</b> Отражение, преломление, трансформация УЗ на границе раздела двух сред. Закон Снеллиуса. Поляризация УЗ. Энергетические соотношения между волнами. Графики зависимости коэффициента отражения от угла и амплитуды УЗ. Коэффициент отражения на границе раздела стали с другими материалами.	1-6
2	5	6	<b>Расчет дифракции и затухания УЗ волн в твердых средах.</b> Типы дифракции в твердых телах. Зависимость затухания УЗ от величины зерна. Коэффициент затухания для некоторых материалов	1-6
2	6	4	<b>Расчет акустического тракта прямого контактного преобразователя. Схема электроакустического тракта дефектоскопа.</b> Поле излучения, поле приема. Приближенные формулы акустического тракта различных дефектов. Чувствительность при приеме. Чувствительность при излучении. Полоса пропускания. Резонансная частота.	1-6, 8-9
2	7	2	<b>Изучение способов возбуждения УЗ колебаний.</b> Пьезоэлектрический эффект. Колебания пьезопластины. Термоакустический эффект. Магнитострикция. Магнитоупругость. Электродинамическое взаимодействие	3-6
2	8	4	<b>Изучение методов акустического контроля.</b> Классификация акустических методов неразрушающего контроля. Теневой метод. Эхо метод. Зеркальный эхо - метод. Дельта-метод. Эхо теневой метод. Сквозной эхо метод. Акустико-эмиссионный метод	3-6
2	9	6	<b>Изучение средства УЗ контроля.</b> Классификация УЗ дефектоскопов. Функциональные схемы дефектоскопов. Генераторы импульсов возбуждения: линейный, логарифмический. Приемно-усилительный тракт. Аттенюатор. Система компенсированной отсечки. Блок измерений. Сканирование. Типы разверток.	3-6
2	10	10	<b>Изучение ультразвуковых пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП).</b> Классификация. Маркировка. Схема устройства ПЭП: пьезоэлемент,	3-6, 8-9

			электроды, проводники, демпфер, протектор, корпус, катушка, призма, акустический экран. Параметры преобразователей: полоса пропускания, глубина фокуса, угловое отклонение, эффективный диаметр пьезоэлемента, направленность поля, разрешающая способность, мертвая зона. Износостойкость, прочность	
2	11	4	<b>Изучение основных параметров УЗ контроля.</b> Длина волны, чувствительность, уровень чувствительности. Шаг и скорость сканирования. Минимальный размер фиксируемого дефекта. Стабильность акустического контакта. Способы определения условных границ дефектов.	3-6
2	12	6	<b>Изучение схем прозвучивания.</b> Листовой прокат, поковки, сварный швы. Применение модифицированного способа "тандем". Контроль наплавки. Метод контроля "корневой тандем"	3-6

### 8. Перечень лабораторных работ

Не предусмотрены учебным планом

### 9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего часов	Вопросы для самостоятельного изучения	Учебно-методическое обеспечение
1	36	Распространение колебаний в различных средах	1-9
2	36	Схемы генераторов УЗ колебаний	1-9

### 10. Расчетно-графическая работа

Не предусмотрена учебным планом

### 11. Курсовая работа

Не предусмотрена учебным планом

### 12. Курсовой проект

Не предусмотрен учебным планом

### 13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств позволяет оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций.

Фонд оценочных средств включает:

- экзаменационные билеты;



- экзаменационные вопросы;
- тестовый комплекс;
- варианты домашних заданий.

Оценка качества освоения программы включает текущий контроль успеваемости, промежуточную аттестацию (по модулям), итоговую аттестацию.

Студентам предоставлена возможность оценивания содержания, организации и качества учебного процесса.

Сформированность компетенции ПК-4 оценивается по следующим критериям:

№ п/п	Наименование дисциплины и код по базовому учебному плану	Части компонентов	Технологии формирования	Средства и технологии оценки
1	2	3	4	5
1	Б.1.3.10.1. «Акустические методы контроля в машиностроении»	Знать: о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации.	Лекции, практические занятия	Устные опросы, тестирование, экзамен
		Уметь: использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации.	Практические занятия	Устные опросы, тестирование
		Владеть: способностью использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в	Практические занятия	Устные опросы, тестирование

		материалах при их получении, обработке и модификации.		
--	--	---	--	--

### Б.1.3.10.1. «Акустические методы контроля в машиностроении»

Ступени уровней освоения компетенций	Отличительные признаки
Пороговый (удовлетворительный)	<p>Знать: о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов).</p> <p>Уметь: использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов).</p> <p>Владеть: способностью использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов)</p>
Продвинутый (хорошо)	<p>Знать: о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах.</p> <p>Уметь: использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах.</p> <p>Владеть: способностью использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах.</p>
Высокий (отлично)	<p>Знать: о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации.</p> <p>Уметь: использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации.</p> <p>Владеть: способностью использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при</p>

	их получении, обработке и модификации.
--	--

Сформированность компетенции ПК-7 оценивается по следующим критериям:

№ п/п	Наименование дисциплины и код по базовому учебному плану	Части компонентов	Технологии формирования	Средства и технологии оценки
1	2	3	4	5
1	Б.1.3.10.1. «Акустические методы контроля в машиностроении»	Знать: методы моделирования физических, химических и технологических процессов	Лекции, практические занятия	Устные опросы, тестирование, экзамен
		Уметь: выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов	Практические занятия	Устные опросы, тестирование
		Владеть: способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов	Практические занятия	Устные опросы, тестирование

#### Б.1.3.10.1. «Акустические методы контроля в машиностроении»

Ступени уровней освоения компетенций	Отличительные признаки
Пороговый (удовлетворительный)	Знать: методы моделирования физических процессов. Уметь: выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических процессов. Владеть: способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических процессов.
Продвинутый (хорошо)	Знать: методы моделирования физических, химических процессов. Уметь: выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических процессов. Владеть: способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических процессов.

Высокий (отлично)	<p>Знать: методы моделирования физических, химических и технологических процессов.</p> <p>Уметь: выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов.</p> <p>Владеть: способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов.</p>
-------------------	---

#### 14. Вопросы для экзамена

- 1 Ультразвуковые колебания. Акустическая волна. Волновая поверхность.
- 2 Волновое уравнение. Длина волны. Форма ультразвуковых волн.
- 3 Фронт волны. Уравнение плоской волны. Уравнение бегущей волны.
- 4 Типы волн: продольная, поперечная, крутильная, изгибная, поверхностная.
- 5 звуковое давление, волновое сопротивление, плотность звуковой энергии, интенсивность ультразвуковых колебаний, амплитуда звукового давления.
- 6 Акустические свойства среды: скорость звука, волновое сопротивление.
- 7 Поглощение и отражение ультразвука. Активное, реактивное и комплексное сопротивление упругой среды.
- 8 Коэффициент поглощения и коэффициент отражения.
- 9 Стоячие волны. Уравнение плоской синусоидальной стоячей волны.
- 10 Пучности и узлы стоячей волны. Вынужденная стоячая волны.
- 11 Искатель с наклонным пьезоэлементом.
- 12 Аперриодические широкополосные искатели с наносекундными импульсами.
- 13 Характеристики искателей: чувствительность, амплитудно-частотная характеристика (полоса пропускания), добротность,
- 14 Характеристики искателей: полное электрическое сопротивление, коэффициент статического акустического контакта, реверберационная шумовая характеристика и характеристика направленности преобразователей.
- 15 Теневой метод контроля.
- 16 Шумо-вибрационный метод.
- 17 Метод акустической эмиссии.
- 18 Импедансный метод контроля.
- 19 Эхо-метод.
- 20 Метод свободных колебаний.
- 21 Материалы, применяемые в электроакустических преобразователях: пермендюр, никель и его сплавы, железоалюминиевые (альфер), ферриты (никеля, кобальта, меди) и др.
- 22 Пьезоэлектрические преобразователи на основе пьезокерамики (домены, полярная анизотропия).

- 23 Электроакустические преобразователи:  
резистивные (полупроводниковые), электростатические,  
электромагнитные
- 24 Теория распространения плоских звуковых волн в сплошных средах.
- 25 Продольные, поперечные, сдвиговые, изгибные, поверхностные и нормальные волны. Волны Рэлея. Волны Лэмба.
- 26 Коэффициент поглощения звука. Скорость звука в различных средах. Акустическое сопротивление среды.
- 27 Прохождение плоской звуковой волны через границу раздела двух сред. Прохождение плоской волны через слой конечной толщины.
- 28 Дифракция акустических волн. Дисперсия акустических волн.
- 29 Излучение, передача и прием акустических колебаний.
- 30 Диаграмма направленности.
- 31 Полное акустическое сопротивление.
- 32 Виды волноводов: цилиндрический, экспоненциальный, конический, цилиндрический составной.
- 33 Фокусировка ультразвуковых колебаний.
- 34 Излучатели акустических колебаний: пьезоэлектрические, магнитострикционные, электромагнитные, электродинамические.
- 35 Приемники акустических колебаний.
- 36 Акустико-эмиссионные преобразователи.

## **15. Тестовые задания по дисциплины**

Расположены в системе АСТ СГТУ

## **16. Образовательные технологии**

Генерируются конкретные технические и научные проблемы и обсуждаются пути их решения.

## **15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. . Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий : учеб. пособие / В. В. Старостин ; под общ. ред. Л. Н. Патрикеева. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 431 с. Экземпляры всего: 10
2. Плазмонапыленные материалы и покрытия. Свойства. Технология. Оборудование. Применение : учеб. пособие / В. Н. Лясников, Н. В. Протасова, К. С. Толмачев ; Саратовский гос. техн. ун-т. - Саратов : СГТУ, 2012. - 489 с. Экземпляры всего: 40
3. Преобразователи энергии и информации для систем автоматического управления : учеб. пособие / В. А. Каракозова [и др.] ; Саратовский гос. техн. ун-т. - Саратов : СГТУ, 2015. - 84 с. Экземпляры всего: 7
4. Галперин В.А. Процессы плазменного травления в микро- и нанотехнологиях [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Галперин В.А.,

Данилкин Е.В., Мочалов А.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 284 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4597>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

5. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ Безъязычный В.Ф.— Электрон. текстовые данные.— М.: Машиностроение, 2013.— 568 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18533>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

6. Буслаева Е.М. Материаловедение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Буслаева Е.М.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2012.— 148 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/735>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

7. Проблемы прочности элементов конструкций под действием нагрузок и рабочих сред : сб. науч. трудов / Саратовский гос. техн. ун-т ; отв. ред. В. В. Петров. - Саратов : СГТУ, 2013. - 122 с. Экземпляры всего: 5

8. Солнцев Ю.П. Материаловедение [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: ХИМИЗДАТ, 2014.— 784 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22533>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

9. Раков Э.Г. Неорганические наноматериалы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Э. Г. Раков.-Эл. изд.- М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.-477с. : ил. - (Нанотехнологии). Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321087.html>

10. Бондаренко Г.Г. Основы материаловедения [Электронный ресурс] : учебник / Г. Г. Бондаренко, Т. А. Кабанова, В. В. Рыбалко ; под ред. Г. Г. Бондаренко.-2-е изд. (эл.). - Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf: 763 с.). -М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - (Учебник для высшей школы). - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996323777.html>

#### ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

11. Акустический журнал [Текст] : Российская Академия наук. - М. : Наука, 1955 - . - Выходит раз в два месяца. - ISSN 0320-7919(2010-2012)

12. Проблемы машиностроения и надежности машин : рАН. - М. : Наука, 1965 - . - Выходит раз в два месяца. - ISSN 0235-7119(2010-2015)

#### 16. Материально-техническое обеспечение

Лекционная аудитория площадью 60 м<sup>2</sup>, оборудованная мебелью, компьютером, проектором, экраном, доской для записей фломастером или мелом, лаборатория для проведения лабораторных работ площадью 60 м<sup>2</sup>, оборудованная компьютером, проектором, экраном, доской для записей фломастером или мелом, наглядными пособиями, техническими средствами

Все лекции сопровождаются демонстрацией материалов в виде презентаций Power Point с наглядными иллюстрациями, графиками, таблицами.