ЧАСТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ КОЛЛЕДЖ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

# ЛЕКЦИЯ 1. ТЕМА 1.1. ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

## 1. Метрология как наука об измерениях

Метрология — научная дисциплина, предметом которой являются измерения, методы и средства обеспечения их единства, а также способы достижения требуемой точности. В структуре метрологии выделяют три составляющие: теоретическую, законодательную и прикладную.

- **Теоретическая метрология** разрабатывает фундаментальные основы измерений: теорию погрешностей, методы оценивания неопределённости, модели измерительных процессов.
- **Законодательная метрология** устанавливает обязательные требования к измерениям, единицам величин, эталонам, средствам измерений и методикам, а также порядок государственного регулирования в этой сфере.
- **Прикладная метрология** реализует метрологическое обеспечение в конкретных областях деятельности, включая медицинскую оптику, производство очковых линз, контроль качества оптических изделий.

Ключевые понятия:

- **Измерение** — совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, для нахождения соотношения измеряемой величины с её единицей и получения значения этой величины (РМГ 29-2013).
- **Единство измерений** — состояние измерений, при котором их результаты выражены в допущенных к применению единицах величин, а показатели точности не выходят за установленные границы.
- **Погрешность измерения** — отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины; в современной практике наряду с понятием погрешности широко используется понятие неопределённости измерения.

## 2. Система единиц величин

Основой международной системы единиц (СИ) является набор базовых единиц, обеспечивающих единообразие измерений в науке и технике. В оптических и геометрических измерениях очковых линз ключевыми являются:

- **Метр (м)** — единица длины, применяемая при измерении геометрических параметров линз: диаметра, толщины по центру и краю, децентрации, линейных размеров дефектов.
- **Диоптрия (дптр)** — внесистемная, но общепринятая в офтальмологии и оптике единица оптической силы линзы. Оптическая сила $D$ численно равна обратной величине фокусного расстояния $f$, выраженного в метрах: $D = \frac{1}{f}$, где $f$ измеряется в метрах.

Применение СИ и производных единиц обеспечивает сопоставимость результатов в рамках национальных и международных стандартов. В Российской Федерации применение единиц величин регламентируется Федеральным законом от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений». Метрологические требования к средствам и методикам измерений устанавливаются в национальных и межгосударственных стандартах, а также в методиках поверки и калибровки.

## 3. Способы проверки рефракции очковых линз

Рефракция очковой линзы — её оптическая сила, определяющая способность преломлять световые лучи. Проверка рефракции осуществляется с применением

специализированных средств измерений, метрологические характеристики которых должны соответствовать требованиям действующих стандартов.

Основные методы и средства:

• **Автоматические диоптриметры (линзометры)** — основной инструмент в оптической практике. Позволяют измерять сферическую и цилиндрическую составляющие рефракции, ось цилиндра, призматическое действие и положение оптического центра. Метрологические характеристики современных приборов нормируются с учётом классов точности; пределы допускаемой погрешности по оптической силе обычно составляют ±0,06–0,12 дптр в зависимости от диапазона и типа линзы.

• **Коллиматорные установки и эталонные меры оптической силы** — применяются для поверки и калибровки диоптриметров. Используются в метрологических лабораториях для передачи размера единицы оптической силы от эталонов к рабочим средствам измерений.

• **Интерферометрические методы** — используются в научных и калибровочных целях для оценки волновых аберраций и неоднородностей преломляющей способности линзы. Обеспечивают высокую чувствительность к микродеформациям и локальным изменениям показателя преломления.

Нормативная база: требования к точности измерений оптической силы и порядку поверки средств измерений содержатся в межгосударственных и национальных стандартах, а также в методиках поверки, утверждённых в рамках системы обеспечения единства измерений. Конкретные нормы зависят от типа средства измерений и сферы применения.

**4. Методы определения оптического центра очковой линзы**

Оптический центр линзы — точка на её поверхности, через которую лучи проходят без отклонения (при отсутствии астигматизма и призматического действия). Его точное определение необходимо для корректной установки линзы в оправу и исключения нежелательной призматической составляющей.

Применяемые методы:

• **Метод визирования на диоптриметре** — наиболее распространённый способ. Линза фиксируется в держателе прибора; положение оптического центра определяется по отсутствию призматического действия в данной точке. Автоматические диоптриметры фиксируют координаты оптического центра с точностью до 0,1–0,2 мм.

• **Оптико-механические методы с использованием коллиматора и микроскопа** — применяются при метрологической аттестации и в исследовательских целях. Позволяют визуализировать ход лучей и точно позиционировать точку пересечения главных лучей.

• **Лазерные сканирующие системы и координатно-измерительные машины** — используются на автоматизированных производственных линиях. Обеспечивают быстрое и точное определение положения оптического центра с последующей маркировкой линзы.

Нормирование точности: допустимое отклонение положения оптического центра от расчётного значения регламентируется в стандартах на очковые линзы и методы их контроля. Для корригирующих линз предельные отклонения обычно составляют не более 1–2 мм в зависимости от оптической силы и назначения изделия.

**5. Виды дефектов, выявляемые при внешнем осмотре очковых линз**

Внешний осмотр — обязательный этап контроля качества очковых линз. Он проводится при нормированном освещении и может включать как визуальную оценку, так и инструментальные методы.

Основные виды дефектов:

• **Механические повреждения**: царапины, сколы, трещины. Нарушают оптическую однородность, могут вызывать рассеяние света, снижение контрастности и дискомфорт при эксплуатации.

• **Дефекты поверхности**: волнистость, рябь, матовость. Возникают при нарушении технологии полировки или хранения. Приводят к рассеянию света и ухудшению качества изображения.

• **Включения и пузыри** — инородные частицы или газовые полости в материале линзы. Особенно критичны для линз с высокими требованиями к оптической чистоте.

• **Неравномерность покрытия**: отслоения, пятна, разводы на просветляющих, защитных или зеркальных покрытиях. Ухудшают эксплуатационные характеристики и внешний вид изделия.

• **Геометрические отклонения**: эллиптичность, перекос, неравномерная толщина края. Могут привести к неправильной установке линзы в оправу, возникновению нежелательной призматической составляющей и дискомфорту пользователя.

Методы контроля:

• визуальный осмотр при нормированном освещении (обычно 800–1200 лк);

• использование увеличительных приборов (лупы, микроскопы) для выявления мелких дефектов;

• инструментальные методы оценки шероховатости и плоскостности (профилометры, интерферометры).

Нормы на допустимые дефекты устанавливаются в технических условиях и стандартах на очковые линзы, с учётом назначения изделия и требований к оптической чистоте.

**6. Классификация, типы и характеристики очковых линз**

Очковые линзы классифицируются по ряду признаков, определяющих их назначение, конструкцию и эксплуатационные свойства.

**По оптическому действию:**

• **Сферические линзы** — имеют одинаковую преломляющую способность по всей поверхности; применяются для коррекции миопии и гиперметропии.

• **Цилиндрические и сфероцилиндрические (астигматические) линзы** — используются для коррекции астигматизма; характеризуются наличием двух главных меридианов с разной оптической силой.

• **Призматические линзы** — применяются для коррекции нарушений бинокулярного зрения; отклоняют световой пучок без изменения его сходимости.

• **Прогрессивные (мультифокальные) линзы** — обеспечивают коррекцию зрения на различных дистанциях за счёт плавного изменения оптической силы по поверхности линзы.

**По материалу:**

• **Минеральные (стеклянные) линзы** — отличаются высокой оптической однородностью и устойчивостью к царапинам, но имеют больший вес и меньшую ударопрочность.

• **Полимерные (пластиковые) линзы** — лёгкие, ударопрочные, допускают нанесение различных покрытий; наиболее распространены в современной оптике.

• **Линзы из поликарбоната и трайвекса** — обладают повышенной ударопрочностью, применяются в защитных и детских очках.

**По конструкции:**

• **Однофокальные** — с одной оптической зоной.

• **Бифокальные и трифокальные** — имеют несколько зон коррекции с резкими границами между ними.

• **Прогрессивные** — с плавным переходом оптической силы.

**Ключевые характеристики очковых линз:**

• оптическая сила (в диоптриях), включая сферическую и цилиндрическую составляющие;

• положение оптического центра и допустимая децентрация;

• показатель преломления материала — влияет на толщину и вес линзы;

• коэффициент дисперсии (число Аббе) — определяет степень хроматической аберрации;

• светопропускание и наличие специальных покрытий (просветляющих, антибликовых, УФ-защитных и др.).

Нормативное регулирование: требования к очковым линзам и методам их испытаний устанавливаются межгосударственными и национальными стандартами, включая нормы на оптические, механические и эксплуатационные характеристики продукции. Метрологическое обеспечение контроля параметров линз реализуется через применение аттестованных методик измерений и поверенных средств измерений.