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

ЛЕКЦИЯ 2. ТЕМА 2.1. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

1. Шкалы измерений

Шкала измерений — это упорядоченная совокупность значений физической величины, служащая основой для её количественной оценки. В метрологической практике выделяют следующие типы шкал, регламентированные в РМГ 29-2013 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения»:

- **Шкала наименований (классификационная)** — позволяет относить объекты к определённым классам или категориям без количественного сравнения. Операции с данными в такой шкале ограничиваются проверкой на равенство/неравенство. В офтальмологической оптике шкала наименований применяется для классификации линз по материалу (минеральное стекло, поликарбонат, CR-39 и др.), типу покрытия (антибликовое, гидрофобное и т. п.) и назначению (корригирующие, защитные, декоративные).
- **Шкала порядка (ранговая)** — устанавливает отношения «больше/меньше» между величинами, но не позволяет определить численную разницу между ними. В оптике шкала порядка используется при предварительной оценке степени аметропии, ранжировании выраженности дефектов поверхности (лёгкие, умеренные, сильные царапины), а также при сортировке по классу точности линз.
- **Шкала интервалов** — имеет условный нуль и равные интервалы между делениями, что позволяет складывать и вычитать значения, но не умножать или делить. Примером служит температурная шкала Цельсия, применяемая при нормировании условий измерений и стабилизации образцов.
- **Шкала отношений** — обладает естественным нулём и допускает все арифметические операции. Это наиболее информативная шкала, типичная для большинства физических измерений. В офтальмологической практике шкала отношений применяется для измерения оптической силы в диоптриях (дптр), фокусного расстояния, толщины линзы, межзрачкового расстояния и других параметров, имеющих абсолютный нуль и линейную зависимость.

В оптико-офтальмологической практике при подборе и контроле очковых линз преимущественно используют шкалы отношений для количественных параметров (оптическая сила, толщина, центрирование) и шкалы порядка — для качественной оценки дефектов и предварительной сортировки изделий.

2. Классификация средств измерений

Средства измерений (СИ) классифицируют по ряду признаков, значимых для обеспечения единства измерений и контроля качества продукции:

- **По метрологическому назначению**: рабочие средства измерений (применяются в повседневной практике, в том числе в оптике) и эталоны (обеспечивают воспроизведение и хранение единиц величин с наивысшей точностью). Эталоны используются для поверки и калибровки рабочих СИ.
- **По виду измеряемой величины**: оптические (диоптриметры, коллиматоры, интерферометры), механические (штангенциркули, микрометры, профилометры), электрические (мультиметры для проверки электропроводности покрытий и датчиков).
- **По степени автоматизации**: ручные (требуют участия оператора на всех этапах), полуавтоматические (автоматизированы отдельные операции, например, фиксация показаний), автоматические (полностью автоматизированные системы с выводом протокола измерений).

• **По конструктивному исполнению**: стационарные (лабораторные установки), переносные (портативные диоптриметры, толщиномеры), встроенные в технологические линии (системы машинного зрения для контроля геометрии оправ).

• **По точности**: высокоточные (эталонные), средней точности (рабочие), низкой точности (индикаторные устройства, используемые для экспресс-оценки).

Для контроля параметров очковых линз и оправ применяют специализированные СИ:

• диоптриметры (для измерения оптической силы, положения оптического центра, оси цилиндра);

• измерители толщины и кривизны;

• шаблоны и калибры для посадочных размеров оправ;

• приборы для контроля покрытий (спектрофотометры, профилометры);

• системы машинного зрения для выявления дефектов поверхности.

Нормативной базой, определяющей требования к классификации и применению СИ, выступает Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», а также документы Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ), включая РМГ 29-2013.

3. Требования к проведению измерений

Для получения достоверных результатов измерений необходимо соблюдать комплекс требований, обеспечивающих воспроизводимость, точность и сопоставимость данных:

• **Условия проведения измерений**: температура, влажность, освещённость и другие параметры окружающей среды должны соответствовать требованиям методики и технической документации на СИ. Для оптических измерений типичны условия: температура (23 ± 5) °C, относительная влажность (45–75) %, отсутствие вибраций и сильных воздушных потоков. Освещённость должна обеспечивать чёткую видимость шкал и объектов без бликов.

• **Квалификация персонала**: измерения должны выполнять лица, прошедшие обучение и имеющие допуск к работе с конкретными СИ. Квалификация подтверждается документами о прохождении обучения и инструктажа по технике безопасности и метрологическим требованиям.

• **Подготовка объекта**: линзы и оправы должны быть очищены от загрязнений, пыли, следов пальцев; при необходимости — выдержаны в нормальных климатических условиях для стабилизации температуры и снятия внутренних напряжений.

• **Методика измерений**: применение аттестованных методик или методик, изложенных в эксплуатационной документации на СИ и соответствующих требованиям РМГ 29-2013 и ГОСТ 34100.3-2017. Методика должна содержать описание процедуры, критерии приемлемости результатов и порядок учёта влияющих факторов.

• **Контроль погрешности**: учёт инструментальной, методической и субъективной составляющих погрешности, а также внешних влияющих факторов (температура, влажность, вибрации). Для этого проводят предварительную оценку неопределённости измерений по правилам ГОСТ 34100.3-2017.

Требования к точности и воспроизводимости результатов регламентируются в технических условиях на продукцию, стандартах и методиках поверки/калибровки.

4. Поверка и калибровка средств измерений

Поверка — совокупность операций, выполняемых с целью подтверждения соответствия СИ установленным метрологическим требованиям. Поверку проводят аккредитованные организации в сроки, установленные для конкретного типа СИ. Виды поверок:

- первичная (после выпуска из производства или ремонта);
- периодическая (в процессе эксплуатации, согласно межповерочному интервалу);
- внеочередная (при повреждении пломбы, сомнениях в правильности показаний, после транспортировки или воздействия экстремальных условий).

Калибровка — определение действительных значений метрологических характеристик СИ. В отличие от поверки, калибровка не является обязательной процедурой, но необходима для учёта индивидуальных отклонений СИ и повышения точности измерений в конкретной лаборатории или производственном участке. Калибровка позволяет установить поправки к показаниям прибора и оценить неопределённость измерений.

Основополагающим документом для оценки неопределённости измерений, применяемым при калибровке, является ГОСТ 34100.3-2017 «Неопределённость измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределённости измерения». Он устанавливает правила расчёта и представления неопределённости, что важно при контроле параметров оптических изделий, где даже небольшие отклонения могут влиять на качество коррекции зрения.

Результаты поверки и калибровки оформляют документально: свидетельства о поверке, протоколы калибровки, записи в паспортах СИ. Эти документы служат доказательством пригодности СИ к применению и необходимы для аудита и сертификации производства.

5. Погрешности измерений

Погрешность измерения — разность между измеренным значением и истинным (действительным) значением величины. Погрешности классифицируют:

- **По характеру проявления**: систематические (повторяются закономерно, могут быть учтены или исключены путём введения поправок) и случайные (изменяются непредсказуемо, оцениваются статистически с помощью методов математической статистики).
- **По источнику возникновения**: инструментальные (обусловлены несовершенством СИ, например, погрешностью шкалы диоптриметра), методические (связаны с упрощениями в модели измерения, например, пренебрежение влиянием температуры), субъективные (ошибки оператора при считывании показаний), внешние (влияние окружающей среды — температуры, влажности, вибраций).
- **По форме представления**: абсолютные (в единицах измеряемой величины, например, ±0,1 дптр) и относительные (отношение абсолютной погрешности к значению величины, выражается в процентах или долях).

При контроле оптических параметров (рефракция, положение оптического центра) учитывают:

- погрешность диоптриметра (обычно ±0,03–0,25 дптр в зависимости от класса прибора);
- погрешность позиционирования линзы (зависит от точности центрирующего устройства);
- влияние температуры и влажности на геометрические и оптические свойства материалов (особенно для полимерных линз).

Для оценки суммарной погрешности применяют методы суммирования составляющих с учётом их корреляции и распределения (в том числе по правилам ГОСТ 34100.3-2017 «Неопределённость измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределённости измерения».). Это позволяет получить реалистичную оценку неопределённости результата и принять обоснованное решение о пригодности изделия.

6. Маркировка оправ корригирующих очков

Маркировка оправ должна обеспечивать идентификацию изделия и соответствие требованиям безопасности и эксплуатации. Согласно действующим стандартам (в т. ч. ГОСТам на оптические изделия и требованиям ТР ТС 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков», а также общим требованиям к маркировке оптической продукции), на оправе указывают:

- товарный знак или наименование изготовителя;
- размер оправы (ширина проёма ободка, длина заушника, ширина моста), выраженный в миллиметрах;
- материал оправы (например, «TI» — титан, «PC» — поликарбонат и т. п.);
- условное обозначение защитных свойств (при наличии, например, устойчивость к удару, защита от УФ-излучения);
- дату изготовления (год, иногда квартал).

Маркировка наносится на внутреннюю поверхность заушника или на носоупор способом, обеспечивающим её сохранность в течение срока службы изделия (лазерная гравировка, тиснение, стойкая печать). Маркировка должна быть читаемой без применения специальных средств и не должна ухудшать эксплуатационные характеристики изделия.

7. Маркировка очковых линз

На очковых линзах (или на упаковке) указывают следующую информацию, обеспечивающую идентификацию и контроль качества:

- оптическую силу (в диоптриях) и, при необходимости, параметры цилиндра и оси (для астигматических линз);
- тип линзы (однофокальная, бифокальная, прогрессивная, фотохромная, поляризационная и т. д.);
- материал линзы (минеральное стекло, полимер, поликарбонат и др.);
- наличие покрытий (антибликовое, упрочняющее, гидрофобное, олеофобное и др.) с указанием их функциональных свойств;
- дату выпуска и номер партии;
- сведения о соответствии требованиям технических регламентов и стандартов (знак обращения на рынке, номер сертификата или декларации соответствия).

Для прогрессивных и сложных линз дополнительно могут указывать установочную высоту, коридор прогрессии, минимальную установочную высоту и другие параметры, необходимые для правильного монтажа в оправу. Маркировка может быть нанесена непосредственно на линзу (лазерная гравировка в зоне, не мешающей обзору) или представлена в сопроводительной документации и на упаковке.

8. Сроки эксплуатации очковых линз и оправ корригирующих очков

Срок эксплуатации определяется совокупностью факторов: материалом, условиями использования, качеством ухода и наличием дефектов. Сроки носят рекомендательный характер и должны корректироваться с учётом фактического состояния изделия.

- **Очковые линзы**: при отсутствии механических повреждений (царапин, сколов) и деградации покрытий срок службы может составлять 3–5 лет. Фотохромные и поляризационные линзы могут терять функциональные свойства раньше (через 2–3 года) из-за старения светочувствительных слоёв и снижения поляризационного эффекта. Линзы с многофункциональными покрытиями требуют бережного ухода, иначе защитные и антибликовые свойства ухудшаются быстрее.
- **Оправы**: металлические оправы служат в среднем 3–5 лет, пластиковые — 2–4 года, в зависимости от устойчивости к деформациям и износу

шарниров. Титановые оправы могут служить дольше за счёт высокой коррозионной стойкости и упругости материала.

Критерии досрочного прекращения эксплуатации:

- появление дефектов, влияющих на оптические свойства (царапины в зоне зрачка, расслоение многослойных линз, отслоение покрытий, помутнение материала);
- деформация оправы, приводящая к неправильной посадке и смещению оптического центра относительно зрачка;
- ослабление креплений, трещины, коррозия металлических элементов, износ шарниров;
- изменение оптических параметров линзы (например, изменение рефракции из-за старения материала или нарушения геометрии).

Сроки и критерии замены регламентируются эксплуатационной документацией производителя, а также рекомендациями профессиональных стандартов в области офтальмологической оптики. Решение о замене должно приниматься с учётом результатов визуального и инструментального контроля, а также субъективных ощущений пользователя.